

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Г.М. МИЛОСТА, В.В. ЛАПА

***АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ВЫРАЩИВАНИЯ ХМЕЛЯ  
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ***

МОНОГРАФИЯ

Гродно 2010

УДК 633.171(476)

**Милоста, Г.М.** Агробиологические основы выращивания хмеля в Республике Беларусь : монография / Г.М. Милоста, В.В. Лапа. – Гродно : ГГАУ, 2010. – 286 с. – ISBN-978-985-6784-70-8

В монографии системно изложены экспериментальные результаты, полученные авторами в результате многолетнего выращивания хмеля в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь, а также обобщены данные других исследователей по вопросам технологии возделывания этой культуры.

Основное внимание уделено состоянию хмелеводства и обоснованию необходимости его развития в нашей республике, путям повышения продуктивности растений в зависимости от элементов технологии с учетом биологических особенностей культуры и факторов внешней среды.

Монография предназначена для специалистов биологического и сельскохозяйственного профилей, научных работников, а также преподавателей и студентов высших и средних специальных учебных заведений.

Табл. 37.

Рекомендовано к изданию научно-техническим Советом УО «Гродненский государственный аграрный университет».

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук Г.А. Жолик;  
кандидат сельскохозяйственных наук А.С. Бруйло.

**ISBN -978-985-6784-70-8**

© Милоста Г.М., Лапа В.В., 2010  
© УО «ГГАУ», 2010

## Введение

Значение хмеля обусловлено тем, что шишки этого растения являются обязательным и незаменимым сырьем для пивоваренной отрасли промышленности. Если ячмень может быть частично заменен пшеницей, кукурузой, рисом, соей и другими культурами, то шишки хмеля – незаменимы. Все попытки ученых найти замену растению в пивоварении пока безрезультатны. Это связано с тем, что находящиеся в шишках хмеля специфические горькие смолистые вещества, эфирные масла, полифенольные соединения придают пиву характерный хмелевой аромат, особый горький вкус, усиливают брожение, повышают стойкость готового пива против прокисания, способствуют пеностойкости и прозрачности [75,255].

Помимо применения в пивоваренной промышленности, хмель и продукты его переработки (гранулы, экстракты, эфирные масла) находят широкое применение и в других отраслях промышленности. Авторским коллективом ученых Украинского научно-исследовательского и проектно-технологического института хмелеводства (г. Житомир) подробно изучено и описано использование хмеля при производстве различных видов напитков (не только пива), а также рассмотрены «консервирующие» возможности хмеля при хранении плодов и овощей, седативные характеристики хмеля, используемые в фармацевтической промышленности при производстве различных успокоительных лекарственных препаратов и основные аспекты и технологические особенности использования хмеля в хлебопекарной промышленности [217, 254]. Куровским И.П. указывается на возможность получения из стеблей хмеля прочных волокон, а также для получения печатной и оберточной бумаги, картона [117]. Подчеркивается возможность культивирования хмеля в декоративном садоводстве для вертикального озеленения, использования ароматических свойств хмеля в парфюмерном производстве и выращивания в некоторых странах (Франция, Бельгия) как парниковой культуры для приготовления салатов. Исследованиями ученых Украинского научно-исследовательского института кормов (г. Винница), проведенными в 1979–1980 годах доказано, что по общему содержанию питательных веществ вегетативная

масса хмеля приравнивается к веточному корму лиственных пород. Ее рекомендуется перерабатывать на муку, гранулы или силосовать с другими кормовыми культурами, имеющими высокую влажность и достаточное количество углеводов, скармливать жвачным животным [215, 216, 340].

Несмотря на широкие возможности применения хмеля в различных отраслях и производствах, необходимость развития современной базы хмелеводства в Беларуси на современном этапе обусловлена, в основном, потребностями в нем отечественной пивоваренной индустрии и дополнительно, в меньшей мере, потребностями хлебопекарной, фармацевтической и парфюмерной отраслей. Для хозяйств, выращивающих хмель, дополнительным источником повышения экономической эффективности производства данного растения, может стать использование вегетативной массы хмеля в качестве возможного резерва в кормопроизводстве.

Заслуживает внимания вопрос возделывания хмеля в условиях загрязнения земель Полесья Беларуси долгоживущими радионуклидами. Сотрудниками Брестского филиала РНИУП «Институт радиологии» проведена комплексная оценка радиационно-экологической обстановки в этом регионе, которая свидетельствует о том, что основная масса радионуклидов цезия-137 и стронция-90 находится в корнеобитаемом слое почвы. Поэтому на загрязненных почвах целесообразно выращивать культуры с глубоко распространенной по профилю почвы корневой системой. Одна из таких культур – хмель, продукция которой является дорогостоящим товаром. Исследования, проведенные в Столинском районе Брестской области показали, что качество хмелеводческой продукции в радиологическом отношении является вполне удовлетворительным, а по технологическим и пивоваренным показателям – высоким, так как содержало достаточное количество  $\alpha$ -кислот в шишках. Внедрение культуры хмеля в сельскохозяйственное производство на загрязненных радионуклидами землях в районах, наиболее пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС (Столинский, Луинецкий, Пинский, Ивановский и Дрогичинский районы), послужит основой для частичной переспециализации хозяйств и обеспечит удовлетво-

рение потребности Республики Беларусь в импортозамещающей продукции хмеля [110, 238].

## **1. Состояние производства хмеля в зарубежных странах и Республике Беларусь\***

### **1.1. Исторические аспекты возделывания хмеля в мировом растениеводстве**

Первое письменное упоминание о хмеле датируется 636 годом н.э. в «Хронике» Бискупа Изидора из Севильи. Однако, только в X веке хмель начал широко применяться при производстве пива в Германии, а позднее во Франции и Голландии. Интенсификация его производства произошла во 2-й половине XVI века в связи с развитием пивоваренной промышленности. В этот период появляются первые статьи и учебники по хмелеводству.

Исследование истории развития хмелеводства свидетельствует о том, что вплоть до начала XIX века оно развивалось в основном экстенсивным путем за счет увеличения площадей. Влияние европейской цивилизации на различные страны мира, способствовавшее распространению пива, как наиболее употребляемого напитка, привело к распространению хмеля в неевропейских странах. В 1628 году было начато выращивание хмеля в окрестностях Бостона (США). В Южной Африке первая плантация хмеля была заложена в 1652 году. В Австралии и Аргентине первые плантации хмеля были основаны в XIX веке.

Интенсификация производства хмеля, наблюдаемая, главным образом, с начала XIX века, связана с развитием научно-технического прогресса, прежде всего в области биологии, агротехники и химии хмелеводства. Основные этапы развития хмелеводства в XIX веке представлены в таблице 1.

Характерной чертой хмелеводства XX века является значительный биологический прогресс, связанный с выведением новых сортов в Англии, Германии, США, Чехии, Польше и Украине. Особое значение имело внедрение ученым E.S.Salmon из Wye College (Англия) современных технологий выращивания хмеля и селекции сортов с высоким содержанием горьких веществ. Это привело к появлению сортов с большей пригодностью для пивоварения (с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот) и

имеющих улучшенные агротехнические (производственные) показатели (высокая урожайность, устойчивость к болезням и т.д.).

\* Глава подготовлена при участии О.С. Ярошинской

Таблица 1 – Основные этапы развития хмелеводства в XIX веке

Период времени	Этапы развития	Отрасль науки	Страна
Конец XVIII века	Селекция различных сортов хмеля (Golding и др.)	Биология	Англия
1803 г.	Разработка методики выращивания хмеля на высоких шпалерах	Агротехнология	Германия
1820 г.	Закладка плантаций, где хмель направлялся по проволоке на высокие шпалеры	Агротехнология	Чехия
1820 г.	Исследование химического состава шишек хмеля	Химия	США
1864 г.	Создание хмелесушилки с горячим воздухом	Агротехнология	Чехия
1867 г.	Разработка технологии производства хмеля	Агротехнология	Англия
1870 г.	Постройка многоуровневых хмелесушилок	Агротехнология	Германия
1875 г.	Селекция сорта Faggles из семян хмеля	Биология	Англия
1878 г.	Изобретение машины для сбора хмеля	Агротехнология	США
1888 г.	Исследование горьких веществ хмеля	Химия	Англия

Технические усовершенствования, связанные с практически полной механизацией процессов выращивания, сбора и первичной переработки хмеля, привели к значительному уменьшению затрат, улучшению качества сырья за счет совершенство-

вания хмелесушилок и снижению себестоимости производимой продукции.

Прогресс в объективных (инструментальных) методах оценки хмелевого сырья, на основе его химического состава привел к планированию его производства и спроса в зависимости от содержания  $\alpha$ -кислот. Это также привело к разделению сортов хмеля на 2 группы: ароматические сорта (содержащие полезные эфирные масла, но с низким содержанием  $\alpha$ -кислот) и горькие сорта (с худшими ароматическими характеристиками, однако, с большим содержанием  $\alpha$ -кислот).

В результате селекционной работы и технологических разработок с конца XX века стало возможным экономически эффективное производство «карликового» хмеля на низких шпалерах, что позволяло значительно уменьшить трудозатраты.

Изучение проводимой научно-исследовательской работы, истории развития и современного состояния отечественного хмелеводства (в первую очередь стран бывшего СССР – Россия и Украина) свидетельствует о преимущественно экстенсивном пути его развития вплоть до настоящего времени.

В первой половине XIX века основным центром хмелеводства на территории России были Гуслицы – район, расположенный в бывшей Московской губернии и в смежных уездах Рязанской и Владимирской губерний. Хмелепроизводящими районами того времени были также Костромская, Вятская, Казанская и некоторые другие губернии.

Исследовательская работа по хмелеводству в России началась с середины XIX столетия. Из дореволюционных изданий можно отметить работы А.И. Болотова (1874 г.), Р.И. Шредера (1895 г.), С.А. Эгиза (1907 г.), И.И. Засухина (1909 г.), Н.Н. Железнова (1916 г.).

Успехи хмелеводства в Украине были обусловлены, в значительной степени, работой «Волынского общества хмелеводов», которое оказывало хмелеводам агрономическую, финансовую и культурную помощь. «Общество» издавало брошюры и листовки по хмелеводству и специальную газету «Листок хмелевода». Для изучения, главным образом, вопросов агротехники хмеля в 1913 г. в Житомире был организован опытный хмельник. В послереволюционное время работы по повышению эф-

фективности и улучшению уровня хмелеводства на Украине связаны с реорганизацией Житомирского опытного хмельника в опытную станцию хмелеводства.

В 1926 г. в Марьино-Посадском районе Чувашской АССР был заложен опытный хмельник.

В целях улучшения качества хмеля путем выведения новых сортов в Подмосковье были заложены коллекционные опытные питомники. В целях повышения качества продукции хмеля СТО (Советом Труда и Оборона) был утвержден Всесоюзный стандарт на хмель ОСТ-528.

Плановое восстановление и развитие хмелеводства в Советском Союзе начинается с постановления Совета Труда и Оборона «О восстановлении и развитии союзного хмелеводства», принятого в 1932 году. Согласно этому постановлению, в один из промышленных районов хмелеводства РСФСР была включена Чувашия. С этого времени здесь начинается разведение культурных сортов хмеля. В этот период были заложены селекционные хмелевые питомники в Марьино-Посадском районе Чувашской АССР, в Украине и Московской области.

В 1935 году была опубликована книга С.Н. Роднова «Хмель». Ее автором выполнен географический и экономико-статистический обзор отдельных хмелеводческих районов СССР с характеристикой их особенностей, проведен анализ мирового производства и потребления хмеля с целью выявления экспортных возможностей страны, описаны важнейшие районы распространения дикого (лесного) хмеля и дана оценка возможности его использования, изложены основные сведения по морфологии, биологии и особенностям возделывания хмеля.

В 1938 году в г. Калистове Московской области организована Республиканская научно-исследовательская опытная станция хмелеводства (РНИСХ) с сетью опорных пунктов. Селекцией хмеля на станции с 1938 по 1947 годы руководил А.М. Пыжов, которым совместно с научными сотрудниками Н.В. Белороссовой, А.М. Благоверовой и другими. Для хмелеводческих районов РСФСР были выведены следующие сорта хмеля: Московский ранний (6-30), Брянский (5-36), Клоны 6-9, 15-24 и другие. На украинской опытной станции хмелеводства в это время были выведены следующие сорта: Клон 18, Житомирский 5,

Житомирский 8, Украинский 35, Украинский 55, Полесский и другие.

Перед Великой Отечественной войны площади хмельников в стране (СССР) составляли 8176,8 га, в том числе, в РСФСР – 2489 га (27,7%) и в Украине – 5687,8 га (72,3%) от общей площади хмеля в стране. Однако, в годы войны хмелеводству был нанесен непоправимый ущерб. В западных районах страны оно было практически полностью уничтожено. Только в 1953 году площади хмельников и валовое производство хмеля в стране превысили довоенный уровень и, соответственно составили 9117,5 га и 49428 ц.

После Великой Отечественной войны в результате многолетней работы Н.Д. Нечипоруком были опубликованы книги «Основы селекции и размножения хмеля» (1947 г.) и «Агробиологические основы возделывания хмеля» (1956 г.).

С 1947 по 1979 годы работа по селекции хмеля проводили на экспериментальной базе «Большевик», которая до 1957 году относилась к Всесоюзному научно-исследовательскому институту пивоваренной промышленности, а затем – к Московскому отделению Всесоюзного института растениеводства. В 50–70-х годах селекцией хмеля занимался Каунасский ботанический сад Литовской Академии наук.

В 1964 году в Украине, а в 1966 году и в Российской Федерации в различных почвенно-климатических зонах впервые было организовано государственное испытание сортов хмеля. В целях улучшения селекционной работы с хмелем в 1976 г. на базе Украинской опытной станции хмелеводства был создан Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хмелеводства (НИПТИХ). В 1980 г. в Чувашии организована Чувашская зональная научно-исследовательская хмелеводческая станция, которая в 1990 году была преобразована в Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт хмелеводства. Некоторые исследовательские работы с хмелем проводились и в сельскохозяйственных вузах страны – ВСХИЗО и Чувашском сельскохозяйственном институте.

В 1971–1973 гг. на первое место в стране по заготовкам хмеля вышла Украинская ССР (68,4%), где значительный удель-

ный вес (около 70%) по производству и заготовкам хмеля в республике заняла Житомирская область.

Основные вопросы биологии, селекции и агротехники производства хмеля на территории современной России и Украины рассмотрены в работах Либацкого Е.П., Виноградова В.Н., Годованного А.А., Догилевича М.И., Кардашева А.Т. [56, 91, 92, 93].

Вопросам оценки пивоваренных качеств хмеля, его переработки и последующего использования в пивоваренной, пищевой, косметической и фармацевтической отраслях, посвящены работы Емельяновой Э.И. и Ежова И.С. [255]. Отдельные вопросы экономической эффективности производства хмеля, интенсификации хмелеводства были изучены Куровским Е.П., Либацким Е.П. и Виноградовым В.Н. [117, 123].

В настоящее время основными научными центрами по исследованию проблем хмелеводства на территории России и Украины являются Научно-исследовательский и проектно-технологический институт хмелеводства в Чебоксарах (Чувашия) и НИИ Полесья в Житомире (Украина).

## **1.2. Состояние производства хмеля в Республике Беларусь**

Вся современная территория нашей республики находится в зоне ботанического произрастания хмеля. Исторически товарное производство хмеля было сосредоточено в отдельных районах Брестской, Гомельской, Гродненской и Минской областей. Все граничащие с нашей республикой страны возделывают хмель. Даже в более северной Литве имеются свои отечественные сорта этой культуры (Каунасский ранний, Каунасский красивый, Фредос дерминал, Ф-102, Ф-402 и др.) [6, стр. 46].

Хмелеводство в Республике Беларусь в настоящее время развивается пока крайне слабо, а в предыдущие 10–15 лет и вообще находилось в застойном состоянии. Однако, в 70–80-х годах XX века наша республика выращивала 0,3% от мирового производства хмеля наравне с Турцией, Канадой, Новой Зеландией, Кореей и в три раза больше, чем в Австралии. В Брестской, Гомельской, Минской и Гродненской областях тогда дополнительно было построено около 84 га хмелеводческих конструкций, на

которых можно получить не менее 140 тонн сухого хмеля. Однако, приоритетное развитие специализированных хмелеводческих хозяйств в Украине и Чувашии и наличие там мощной научной базы по хмелеводству, объективно привело к постепенному сокращению производства хмеля в Советской Белоруссии. Из имевшихся в 1976 году 166 га плантаций хмельников, к концу 80-х годов уже насчитывалось всего 67 га [3, 173, 285, 290, 321].

В 90-х годах прошлого века предпринимались попытки возрождения хмелеводства при финансовой поддержке государства. В 1995 году в БелНИИЭИ АПК совместно с Минсельхозпродом РБ был разработан бизнес-план развития хмелеводства в Республике Беларусь на 1996–2000 годы на территории всех 6-ти областей Беларуси. Впоследствии, основные положения данного бизнес-плана были использованы при составлении программы развития хмелеводства в Брестской области на 1997–2000 годы. Однако, в связи с недостатком финансирования дальнейшее возрождение и развитие отрасли было приостановлено [3, 285].

В настоящее время самообеспеченность пивоваренной промышленности республики этим необходимым сырьем крайне низкая. По оценкам различных экспертов годовая потребность пивоваренной промышленности республики в хмеле составляет от 480 до 620 тонн, а за счет поставок отечественного белорусского хмеля обеспечивается лишь 2,7–3,5% от потребности. Таким образом, несмотря на то, что результаты экономических исследований свидетельствуют о рентабельности производства данной культуры, спрос отечественной пивоваренной индустрии на хмель удовлетворяется в основном за счет импортных поставок хмеля из Германии, Чехии, Англии, Словении, Франции, Украины и России [3, 285, 289, 292].

Основной проблемой современного хмелеводства в республике является его слабый организационно-экономический и технологический уровень развития. Низкий организационно-экономический уровень развития отрасли обусловлен следующими факторами: разрывом производственно-деловых, экономических и научных связей с бывшими советскими республиками, имеющими многолетний опыт выращивания хмеля; отсутствием экономически обоснованного перспективного плана развития отрасли и ее государственного регулирования; недостаточ-

ностью государственной поддержки, отсутствием хмеля в списке государственных заказов и неразвитостью системы форвардных контрактов на поставку хмелеводческой продукции [173, 285, 289].

Одним из определяющих агробιологических факторов экономической эффективности производства хмеля в республике является средний уровень урожайности. По этому показателю Беларусь значительно отстает от таких стран мировых лидеров по производству хмеля как США, Германия и Чехия, где он достигает в среднем 2 т/га. Средний показатель урожайности хмеля в Беларуси находится на уровне России и Украины (среднее значение 0,5 т/га), что связано с наличием общих (сходных) проблем в данной отрасли [173, 286]. Хотя за последние 5 лет на основе проведения научных исследований по совершенствованию технологии возделывания хмеля в почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси и их внедрения в производство этот показатель увеличился в 1,5–2 раза [155, 158, 159, 166, 175].

Важнейшим фактором повышения продуктивности хмелеводства является научно-обоснованный подбор сортов с учетом специфических почвенно-климатических особенностей каждого региона и микроклимата конкретных участков, а также потребностями пивоваренной отрасли промышленности в определенных группах сортов. Следует учитывать специфические особенности данной отрасли сельского хозяйства, связанной с тем, что хмельники являются многолетними насаждениями со средним сроком эксплуатации до 20 лет и более, поэтому подбор сортов для промышленного производства должен быть технологически и экономически обоснован и подтвержден экспериментальными данными [152, 173, 283, 285].

С технологической точки зрения подбор сортов определяется соответствием их биологических особенностей почвенно-климатическим условиям Беларуси с целью обеспечения высокой урожайности, хорошего качества шишек и устойчивости к болезням и вредителям. С экономической точки зрения, определяющей хмель как товар для реализации на рынке, выбор сортов хмеля для промышленного производства определяется возможностью их последующей реализации. Таким образом, на макро-

уровне подбор сортов определяется потребностями пивоваренной отрасли промышленности в определенных сортах хмеля, как правило с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот, а на микро-уровне – потребностями конкретных закупочных фирм и пивоваренных заводов, зафиксированных в контрактах на поставку [283, 285].

Повышение эффективности хмелеводства в нашей республике требует разработки и совершенствования основных элементов технологии возделывания хмеля от посадки и до уборки с учетом особенностей почвенно-климатических условий. В процессе наших исследований были изучены агротехнические приемы ухода за растениями в период вегетации (подготовка посадочного материала, густота посадки растений, способы заводки стеблей, особенности обрезки корневищ и т. д.); проведены исследования по вопросам оптимизации минерального питания макро- и микроэлементами и созданы новые формы комплексных удобрений с микроэлементами пролонгированного действия; разработаны мероприятия по защите растений от наиболее вредоносных болезней (псевдопероноспороз), вредителей (хмелевая тля и паутинный клещ) и сорной растительности; определены оптимальные сроки уборки и ее продолжительность; проведен анализ пивоваренных показателей качества шишек и пробные варки пива из хмеля, выращенного в почвенно-климатических условиях республики [154, 155, 161, 165, 167].

Однако, осуществление всех перечисленных мер по вопросам технологии возделывания хмеля требует проведения в республике мероприятий организационно-экономического характера. К основным направлениям повышения организационно-экономической эффективности производства хмеля в Беларуси также следует отнести разработку перспективного и экономически обоснованного плана развития хмелеводства; усиление государственной поддержки, становления и развития отрасли; установление экономически обоснованных цен на хмель; госзаказ; развитие и совершенствование отношений между производителями хмеля и потребителями на основе долгосрочной контрактации; организацию служб маркетинга в сфере хмелеводства, оптимальное сочетание государственного и рыночного методов регулирования; углубление специализации и концентрации производства; использование современных форм организации про-

изводства и создание финансово-промышленных групп [173, 285, 289, 290, 321].

Изучение опыта развития хмелеводческих отраслей в странах мировых лидерах по производству хмеля свидетельствует, что для повышения экономического уровня отрасли в целом (на макро-уровне) необходимо осуществление следующих мероприятий: выявление агробиологических особенностей культуры хмеля; подбор благоприятных природно-климатических регионов для его возделывания и агроклиматическое обоснование размещения хмелеводства; подбор сортов хмеля с учетом региональных особенностей; разработка зональных технологий производства хмелевого сырья [173, 283, 285, 291].

Совершенствование технологии возделывания хмеля на микро-уровне конкретных хозяйств предусматривает научно-обоснованный подбор почв; проведение, при необходимости, мелиорации, в том числе химической; соответствующей подготовки почвы под закладку хмельника; выбор для конкретных климатических условий хозяйства оптимальной сортовой структуры хмелепосадок; закладку хмельников и постройку шпалер с учетом особенностей сортов; использование современных экономически эффективных технологий возделывания хмеля; выполнение технологических операций современными высокопроизводительными машинами; наличие и использование современных технологий переработки хмеля-сырца на хмелепродукты; оптимальное обеспечение растений хмеля элементами минерального питания с учетом содержания питательных веществ в почве; применение интегрированной системы защиты растений хмеля от болезней, вредителей и сорняков [ 283, 285, 290, 291].

Проведение в республике всех необходимых организационно-экономических и технологических мероприятий по формированию отрасли, соответствующей требованиям пивоваренной промышленности, способствовало бы решению проблемы обеспечения пивоваренной отрасли Республики Беларусь качественным и недорогим отечественным хмелем, экономии валютных средств, затрачиваемых на импорт хмеля, привлечению дополнительных инвестиций в сельское хозяйство, реструктуризации сельхозугодий республики за счет внедрения высокоэффективной культуры хмеля и снижению уровня зависимости пивова-

ренной отрасли республики от меняющейся конъюнктуры мирового рынка хмеля [ 3, 175, 290, 292].

## **2. Систематика, морфология и биология хмеля**

### **2.1. Ботаническая систематика**

Хмель относится к семейству Коноплевых. Что касается родины хмеля, то одни ученые полагают, что хмель – дикорастущее растение, широко распространенное по всей Западной Европе, другие полагают, что это растение лишь одичало здесь, а его родина – юго-восточная Россия, Сибирь, Средняя Азия и Северная Америка. Н.И. Вавилов относит хмель к средиземноморскому очагу происхождения культурных растений. Ареал дикого хмеля простирается далеко на север Европы, где он и был введен в культуру. Согласно последним исследованиям, выделяют 3 его вида, в том числе 1 многолетний и 2 однолетних:

1. Хмель обыкновенный – *Humulus lupulus* L. – многолетняя (функционирующая более 20 лет) корневищная двудомная вьющаяся лиана с однолетними побегами.

2. Хмель японский – *Humulus japonicus* Sieb. Zucc. – однолетнее растение, выращивается как декоративная культура. Размножается семенами, шишек не образует, произрастает в Маньчжурии, Южной Кореи и Японии.

3. *Humulus scandens* Lour. et Merrill. – однолетнее растение с цельными листьями сердцевидной формы. В естественной среде произрастает в Средней Азии.

Хмель обыкновенный делится на 3 подвида:

1. Хмель новомексиканский – *Humulus lupulus* L. ssp. *neomexicanus* Nels. et Cockerell. Имеет редкие сердцевидные листья, которые находятся на концах боковых побегов. При плодоношении образует крупные шишки, заполненные лупулином с нетипичным для хмеля запахом.

2. Хмель сердцевидный – *Humulus lupulus* L. ssp. *cardifolius* Maxim. Имеет цельные сердцевидные листья, шишки мелкие с небольшим содержанием лупулина.

3. Хмель европейский – *Humulus lupulus* L. ssp. *europeus* Ryb. Отличается от остальных подвигов морфологическими особенностями строения листьев, которые чаще всего 3–5 лопатные и только на верхушках побегов – цельные сердцевидные.

На верхней части побегов формируются сердцевидные шишки средней величины с высоким содержанием лупулина.

Подвид хмеля европейского делится на 3 формы (вариации):

1. Хмель карликовый – *Humulus lupulus* L. ssp. *europaeus* Ryb. var. *irenae minima* Blatt. Характеризуется очень маленькими листьями и шишками. Размножается исключительно вегетативным способом. Произрастает, в основном, в Карпатах (Румыния, Чехия, Словакия).

2. Хмель дикий – *Humulus lupulus* L. ssp. *europaeus* Ryb. var. *spontanae* Rub. Наиболее распространен в умеренном влажном климате, размножается вегетативно.

3. Хмель культивируемый – *Humulus lupulus* L. Ssp. *Europaeus* Ryb. var. *culta* Rub. Повсеместно возделывается как культурное растение, произошел от дикого хмеля [123, 313].

## **2.2. Морфологические особенности хмеля**

### **2.2.1 Структура и функции подземных органов**

Хмель – это ветроопыляемое многолетнее двудомное растение с сильно развитой надземной частью и мощной корневой системой, которая обеспечивает растение элементами питания и влагой. Видоизмененные подземные побеги, в которых откладываются запасные пластические вещества с почками на узлах, образуют многолетние корневища хмеля. В производственных условиях выращиваются исключительно женские растения.

Корневище или «маточная часть», или так называемое «старое дерево» (по польской и немецкой терминологии) [313, 323] берет свое начало с черенка или саженца. Главное корневище находится обычно на глубине 12–15 см от поверхности почвы. На верхней его части (на узлах) размещаются отдельные почки (глазки), из которых весной отрастают новые побеги растений и боковые корневища. В корневище накапливаются запасные питательные вещества, используемые весной для образования молодых побегов и отрастающих корней. Главные функции корневища – это накопление запасных питательных веществ, вегетативное размножение и ежегодное возобновление надземной части. От главного корневища вниз отходят вертикальные скелетные корни (главные корни). Боковые корни – более тонкие

и разветвленные. Главное корневище (маточная часть) может постепенно отмирать и разрушаться в более старой части, одновременно смещаться и нарастать в верхушечной части, где образуется больше почек возобновления и новые придаточные корни. Это смещение происходит в результате одревеснения прошлогодних однолетних побегов, которые под поверхностью почвы образуют, так называемое «молодое дерево» [313]. Из «молодого дерева» отрастают однолетние молодые корни (летние), потребляющие воду и запасы питательных элементов из верхних слоев почвы. От главного корневища «старого дерева» отрастают горизонтальные корневые отростки, часто называемые «волчками». При ручной обрезке корневищ «волчки» удаляются, так как их развитие приводит к нежелательному разрастанию корневища в стороны. В то же время, «волчки» являются хорошим материалом для вегетативного размножения.

От подземной маточной части (каудекс) вглубь почвы отходит 8–12 сильно развитых основных скелетных корней. Главные скелетные корни хмеля проникают очень глубоко и на почвах с низким уровнем залегания грунтовых вод доходят до глубины 4–6 м. Корни эти многократно ветвятся на более тонкие, которые заканчиваются корневыми волосками и образуют мощную корневую систему. Благодаря ей, хмель не чувствует недостатка влаги в весенний период. Основная масса корней, как правило сосредоточена в верхнем слое почвы. На глубине до 60 см находится более 70% всей массы корневой системы, которая обеспечивает потребности растения во влаге и элементах питания из верхних слоев почвы. Но их глубина проникновения зависит от типа почвы, уровня залегания грунтовых вод и условий питания. В течение вегетационного периода у хмеля наблюдается два периода волны роста корней: весенне-летний и осенний [71, 136].

### **2.2.2. Строение и функции надземных органов**

Ежегодно из почек возобновления, расположенных на поверхности корневища, отрастают новые побеги (стебель или лиана), жизненный цикл которых длится один год. Они за вегетацию проходят весь цикл развития, а к зиме отмирают.

В надземной части хмеля можно выделить органы вегетативные и генеративные, которые различаются не только морфологическим строением, но и выполняемыми функциями. Главная функция вегетативных органов – образование, в процессе фотосинтеза, органических веществ, являющихся строительным материалом для растений. Основная функция генеративных органов – размножение растений.

От главного корневища отрастает несколько, а иногда даже несколько десятков побегов. Их рост при холодной погоде сильно замедлен, но с повышением температуры интенсивность роста заметно возрастает. У растений хмеля прослеживается четкая зависимость между массой надземной и подземной частей: чем больше масса подземных органов – тем больше масса зеленой части растений. В начальный период роста растения (до высоты около 50 см) стебель заполнен сердцевинной, но позже сердцевина остается только в узлах, а между узлами остаются пустоты. До высоты 40-50 см побеги растут вертикально вверх и только после образования 3-го узла начинают выполнять круговые движения по окружности слева направо по ходу движения солнца (по часовой стрелке), обвиваясь вокруг поддержек.

Характерной особенностью стебля хмеля является то, что от основания до верхушки он состоит из ряда однотипных повторяющихся образований, каждое из которых состоит из узла и междоузлия с двумя супротивными листьями, в пазухах которых имеются почки, из которых в последующем отрастают боковые побеги.

На поперечном разрезе стебель хмеля шестигранный и по его граням расположены жесткие цепляющиеся волоски в форме одно- или двусторонних крючков, дающих возможность цепляться за поддержки. Рост хмеля в высоту при благоприятных температурных условиях может достигать 30см в сутки (более 1 см в час). Наиболее интенсивный рост стебля отмечается во второй половине дня и в вечернее время, что связано с активным синтезом органических веществ в утренние и дневные часы. Верхушка стебля защищена прилистниками, в узлах которых находятся зачаточные листья и боковые побеги, на которых в июле образуются цветки, а позже плоды – шишки (в конце августа–сентябре). Боковые побеги вырастают из почек, находящихся

ся в пазухах стеблевых листьев. Наиболее длинные боковые побеги находятся в нижней или средней частях стебля. В связи с их затенением, на них образуется относительно мало цветков и шишек, особенно при загущенном количестве стеблей на единице площади. Длина боковых побегов и их расположение на растении – это важный фактор продуктивности, на который влияют погодные условия, удобрения, особенности сорта и др.

Листья хмеля имеют пальчатораздельную форму, а у основания – сердцевидную. Листья расположены супротивно на черешках длиной 5–10 см, покрытых волосками. Листья на стеблях трех-, пяти- и даже семилопастные, в верхней части цельные, а на боковых побегах, преимущественно, трехлопастные и цельные. Листовые пластинки остроконечные, зубчатые с сильно развитым жилкованием. Грани жилок, выступающие на нижней стороне листовой пластины, имеют шипы.

На верхней стороне листьев практически нет пор для дыхания, в то время как нижняя часть листа имеет, в среднем, на  $1 \text{ мм}^2$  400 пор, что свидетельствует об интенсивных метаболических процессах в этой части листа. Стоит отметить, что другие растения уступают в этом отношении хмелю. Например лист свеклы образует только 120 пор на  $1 \text{ мм}^2$  поверхности. Ассимиляционная поверхность листьев одного растения хмеля в период сбора шишек составляет около  $5 \text{ м}^2$ . Лист является основным фотосинтезирующим органом, поскольку в листьях сосредоточено основное количество зеленых и желтых пигментов. Листья, расположенные на боковых побегах, более интенсивно снабжают шишки ассимилянтами. Для получения высоких урожаев необходимо, чтобы на растениях была сформирована достаточно мощная ассимиляционная поверхность листьев, так как между площадью листьев и урожаем существует тесная корреляционная связь. Ассимиляционная поверхность листьев находится в прямой зависимости от уровня азотного питания. Для получения урожайности шишек 20–25 ц/га шишек необходимо, чтобы в фазе формирования шишек листовой индекс составлял 4,8–5,0 единиц [303, 313].

В зависимости от особенностей процессов обмена веществ формируется и форма растения, когда основная масса листьев

расположена в верхней или нижней частях стебля, либо равномерно распределяется по всей длине (высоте) растения.

### **2.2.3. Генеративные органы хмеля**

Хмель – растение двудомное, так как женские и мужские цветки у него находятся на разных растениях. Выращиваются исключительно женские растения, поскольку именно они образуют плоды-шишки.

Мужские растения не должны присутствовать на плантациях хмеля. Рекомендуется их уничтожать, иначе опыленные ими женские растения дают урожай худшего качества вследствие образования семян, снижающих количество лупулина и качество пива. Мужские растения хмеля выращиваются на изолированных участках, исключительно в селекционных целях. Растения, на которых присутствуют цветки обоих полов, являются редким явлением и ценным материалом для селекционной работы, но недопустимы для производственных условий.

Мужские цветки не образуют шишек, но производят большое количество пыльцы, которая переносится на значительные расстояния. Одно мужское растение производит около 25-30 млн. пыльцевых зерен. Но только каждое тысячное пыльцевое зернышко попадает на женский цветок. Для опыления нескольких десятков женских цветков нужен только один мужской.

Для производства хмеля решающее значение имеет создание условий для развития женских цветков или шишек одновременно с развитием боковых побегов. На верхних боковых побегах образуются листовые и цветочные почки. Вначале образуются цветки в верхней части растения, причем цветение начинается примерно на уровне s высоты растения, а затем продолжается в направлении как вверх, так и вниз. Больше цветков развивается в условиях полного освещения верхней части растения, так как нижняя часть затенена.

Цветение наблюдается во второй декаде июля, а развитие шишек заканчивается примерно к середине сентября. Женские цветки образуются из завязей цветочных почек в пазухах листьев и собраны в гроздья, состоящие из 20–60 единичных цветков. Единичные цветки крепятся на оси цветоножки, которая имеет

от 8 до 18 изломов. На каждом изломе находятся 4 единичных цветка. Они небольшого размера и состоят из зеленого околоцветника и пестика, имеющего завязь и два рыльца. Единичный цветок цветет 2-3 недели. Единичное двухстебельное растение образует 4–6 тысяч цветолож. После цветения женское соцветие сильно разрастается и образует шишку хмеля. Шишка состоит из коленчатого стерженька, покровных и прицветковых чешуй. Стерженек соединяет шишку с побегом, а его продолжением является цветоножка. В процессе созревания шишки увеличиваются, увеличиваются и лупулиновые железы, расположенные, главным образом, на наружной части цветковых чешуек [123].

Если цветение проходит в неблагоприятных погодных условиях (засуха, высокая температура воздуха), оно слабое. Напротив, благоприятна повышенная относительная влажность при умеренной температуре воздуха. Из неоплодотворенных женских цветков образуются шишки без семян. Число изломов цветоножки указывает на степень окультуренности сорта; чем больше изломов приходится на 1 см длины цветоножки, тем благороднее шишка. Одно растение с двумя побегами формирует от 4000 до 6000 шишек. Форма шишки и ее длина играют важную роль в селекции. При оплодотворении образуется плод хмеля – мелкий односемянный орешек. В хмелеводстве культура хмеля ведется с целью получения бессемянных шишек хмеля [313].

### **2.3. Биологические особенности хмеля**

#### **2.3.1. Этапы органогенеза развития растений хмеля**

Культивируемый хмель обыкновенный является многолетним растением с продолжительностью жизни до 20 лет. Полное плодоношение наступает обычно на 4-5 год после посадки.

Годичный цикл развития хмеля состоит из двух основных периодов – покоя и вегетации. В процессе развития хмель проходит ряд этапов органогенеза, которые часто совпадают с фенологическими фазами развития и обнаруживаются по внешним морфологическим признакам.

Первый этап — состояние покоя, приходится на осенние, зимние и весенние месяцы (около 5,5 месяцев). В этом состоянии не наблюдается каких-либо внешних морфологических изменений на

подземной части растения. Интенсивность обмена веществ низкая, однако, в подземных органах часть органических веществ расходуется в процессе дыхания, в связи с чем, масса подземной части растения весной несколько меньше, чем осенью. В конце этого этапа проводят обрезку хмеля.

Второй этап начинается с набухания почек на подземной части растения и заканчивается образованием побегов (всходов). Рост хмеля происходит в почве исключительно за счет пластических веществ, накопленных в подземных органах. Продолжительность этапа зависит от температуры, типа почвы и толщины ее слоя над растением.

Третий этап начинается со времени появления всходов и продолжается до образования первой пары листьев на побегах. В этот период, благодаря наличию зеленых пигментов в стебле и листьях, начинается процесс фотосинтеза, однако, побеги растут преимущественно за счёт энергетических запасов и минеральных веществ подземной части растения.

Четвертый этап – период от появления первой пары листьев на побегах до начала образования боковых веток. В это время происходит довольно интенсивный рост стеблей и образование основных листьев. Зона максимального растяжения приходится на три самых молодых междоузлия, примыкающие к конусу нарастания стебля. Рост растений происходит как за счет продуктов ассимиляции, образующихся в процессе фотосинтеза, так и за счет запасов пластических веществ в подземных органах (особенно в начальный период). Интенсивность роста побегов днем значительно выше, чем ночью.

Пятый этап начинаем с момента образования боковых побегов и продолжается до начала цветения. В этот период происходит интенсивный рост основных и боковых побегов, а также образование листьев, в связи с чем, листовой индекс растений существенно увеличивается. Одновременно с появлением боковых побегов, у их основания образуются почки цветonoсных побегов. На боковых побегах формируются листья, а в их пазухах — почки цветonoсных побегов. Одновременно с ветвлением цветonoсного побега образуются и соцветия.

Шестой этап – цветение хмеля. У женских растений оно начинается с появления первых рылец на соцветиях и продолжается до начала формирования шишек. В этот период рост стебля замедляет-

ся, зато интенсивно растут боковые и ветвятся цветоносные побеги. Наиболее интенсивно цветут растения с 7 до 12 часов дня. Обычно у среднеспелых сортов продолжительность периода от начала цветения соцветий до отмирания всех рылец составляет 24 дня. Как правило, начало отмирания рылец у среднеспелых сортов наблюдается на 13-й, а заканчивается на 16-й день после их появления.

Седьмой этап — формирование и рост шишек — продолжается от побурения рылец до начала технической спелости шишек. Происходит интенсивный рост шишек и к концу этапа масса сырых шишек составляет около 40% от всей надземной части растения. В шишках содержатся все необходимые для процесса фотосинтеза пигменты, однако, их количество в 5–6 раз меньше, чем в листьях. Поэтому, около 80% массы шишек формируется за счет оттока продуктов фотосинтеза из листьев в шишки. Одновременно с ростом шишек происходит и синтез в лупулиновых железах горьких веществ и эфирных масел.

Восьмой этап – техническая спелость шишек. В это время рост надземных органов почти прекращается. Шишки становятся упругими и приобретают золотисто-зеленый цвет. Средняя продолжительность этого этапа составляет около 15 дней. В это время в шишках содержится максимальное количество смол и кислот, достаточно высокое содержание и ароматических веществ. Убранные в этот период шишки обладают наиболее высокими пивоваренными качествами. Значительная часть продуктов ассимиляции транспортируется в подземную часть растения и откладывается в запас, в виде крахмала, поэтому масса подземной части увеличивается.

Девятый этап длится от полной технической спелости шишек до начала физиологического отмирания надземной части растения. Происходит физиологическое созревание шишек и семян. Шишки буреют, становятся рыхлыми, интенсивно теряют влагу и подсыхают. Часть лупулина высыпается, снижается содержание горьких веществ, а также существенно уменьшается количество полифенолов и, в первую очередь, проантоцианидинов. В этот период интенсивно транспортируются продукты ассимиляции и минеральные вещества из надземной части растения в подземные органы.

Десятый этап — физиологическое отмирание надземной части растения. Сначала отмирают нижние листья, а затем и верхние. Отмирание стеблей начинается с верхних, морфологически наиболее молодых его междоузлий. В течение этого этапа продолжают транспортироваться в подземную часть продукты ассимиляции, а также элементы минерального питания (азот, калий и др.). С наступлением низких температур в подземных органах повышается активность гидролитических ферментов, крахмал превращается в сахара, растение переходит в состояние зимнего покоя [41, 60, 250].

### **2.3.2. Влияние условий внешней среды на рост и развитие хмеля**

Хмель — растение умеренного климата. Культура хмеля хорошо удаётся в зонах со среднегодовой температурой воздуха от 7,5 до 8,5°C и суммой активных температур (более 10°C) не менее 2000°C. Для поздних сортов хмеля оптимальной суммой температур считают 2400–2500°C [123]. В почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси сумма активных температур находится в пределах 2400–2600°C. Потребность хмеля в количестве тепла в разные периоды роста и развития различна. Данные наблюдений показывают, что рост стеблей хмеля начинается при температуре 5–6°C. Для хмеля наиболее благоприятен прохладный май. J.Dwornikiewicz и J.Migdal отмечают, что оптимальной температурой воздуха для южных регионов Польши во время вегетации хмеля является среднесуточная температура 17–18°C, без резких колебаний днём и ночью. Максимум тепла требуется в период цветения хмеля. Для роста боковых побегов и цветения (июль) оптимальной считается среднесуточная температура 19–20°C, а при формировании шишек (август) — постепенное ее снижение к концу этого периода до 17–16°C [303, 313]. Н.И. Ляшенко установил, что в почвенно-климатических условиях Полесья Украины (г. Житомир) наиболее интенсивное накопление  $\alpha$ -кислот в шишках происходит при среднесуточной температуре воздуха в течение мая – августа в пределах 14,7–16,5°C, а повышение температуры воздуха до 18°C и более в период цветения и формирования шишек неблагоприятно сказывается на продуктивности хмеля и накоплении горьких веществ в шишках [128, стр. 41].

В почвенно-климатических условиях Гродненского района среднесуточная температура в июле составляет 17–19, к концу августа – 15–17°C. Соответственно, в Малоритском районе Брестской области в июле – 18–19, а к концу августа – 16–18°C. Продолжительность периода активного роста и развития растений хмеля составляет от 150 до 160 дней, а для поздних сортов этой культуры вегетационный период составляет в среднем 145 дней [95, 231].

Хмель легко переносит низкие температуры в зимний период. Морозы ниже -30°C не повреждают растения. Низкие температуры оказывали неблагоприятное влияние на растения хмеля в почвенно-климатических условиях Беларуси, лишь после продолжительного периода дождей, что приводило к разрыву от мороза насыщенных влагой растительных тканей. При этом, повреждения носили местный характер и не приводили к полной гибели растений.

Лучшие условия для развития хмеля в Беларуси складываются в западном, южном и центральном регионах, отличающихся более высокими температурами в течение вегетации, а также высокой относительной влажностью воздуха и обильными осадками.

Хмель — влаголюбивая культура. Особенно высокую потребность во влаге хмель начинает проявлять в период сильного роста (июнь–первая половина июля). Однако определяющее влияние на урожайность шишек оказывает обеспеченность влагой растений хмеля в период цветения – начала образования шишек (конец июля – начало августа). Ряд польских авторов отмечают, что для формирования высокого урожая шишек необходимо, чтобы в период с середины июля до середины августа выпало около 90–100 мм осадков. Это связано с активным ростом и формированием шишек хмеля, что вызывает большое потребление воды [303, 313]. Украинские исследователи отмечают, что в течение мая – августа должно выпасть не менее 300 мм осадков [128]. Наиболее оптимальные условия по влагообеспеченности растений хмеля отмечаются в тех районах, где сумма годовых осадков превышает 550, а в период вегетации – 350 мм [200, 201]. Анализ зависимости урожайности шишек от количества выпавших осадков в условиях Беларуси показал, что для форми-

рования высокого урожая шишек хмеля в период со второй декады июля до второй декады августа включительно должно выпасть 85–105 мм осадков. Хмель имеет мощную корневую систему, однако более 50% суммарных потребностей во влаге растение покрывает, поглощая ее из слоя почвы глубиной до 60 см, остальные 37% – с уровня 60–130 см. Поэтому атмосферные осадки являются для хмеля основным источником влаги [250, 313].

Хмель требователен к плодородию почвы. Наиболее благоприятными для возделывания хмеля являются высокоплодородные, легкие по гранулометрическому составу почвы, достаточно увлажненные, но без близкого (не менее 2 м) залегания грунтовых вод [41, 60, 90]. Лучшими почвами в Беларуси для этой культуры считаются дерново-подзолистые супесчаные и легкосуглинистые со слабокислой или близкой к нейтральной почвенной реакцией (рН 5,9–6,4) [206, 237]. Преобладающая часть хмельников в республике расположена на дерново-подзолистых супесчаных почвах, подстилаемых моренным суглинком.

В целом, почвенно-климатические условия Республики Беларусь соответствуют биологическим особенностям хмеля и благоприятны для получения высококачественного урожая. Установлено, что в условиях западного региона Беларуси урожайность шишек и сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади зависят, в первую очередь, от количества осадков, выпавших за вегетационный период. Температурный фактор является вторичным после уровня влагообеспеченности и в меньшей степени оказывает влияние на урожайность шишек, сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади, а также содержание  $\alpha$ -кислот в шишках.

### **2.3.3 Особенности роста и развития хмеля в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь**

Растения хмеля в процессе своего роста и развития проходят следующие фазы: всходы, образование и рост боковых побегов, цветение, формирование шишек, техническая спелость шишек. Фенологические наблюдения, проведенные в почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси показали, что продолжительность фаз роста и развития, а также межфаз-

ных периодов может существенно изменяться в зависимости от сортовых особенностей, климатических и почвенно-агрохимических условий. Анализ сроков наступления фаз роста и развития у сортов хмеля, различных сроков созревания в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь показал, что по средним многолетним данным (2004–2008 гг.) начало появления всходов (взошло 10% растений) у изучаемых 9-ти сортов отмечалось в первой–второй декадах апреля. Через 8–11 дней (вторая–третья декады апреля) отмечалась фаза полных всходов (взошло 75% растений). В разрезе сортов наиболее раним сроком появления полных всходов (15–23 апреля) характеризовались польские сорта Marynka, Izabella, Oktawia и Sybilla. Более поздние сроки появления полных всходов характерны для немецкого сорта Hallertauer Magnum (17–24 апреля), английского – Northern Brewer (18–25 апреля) и сорта из США – Nuqqet (18–26 апреля). Вторым фактом, оказавшим весьма существенное влияние на сроки появления всходов хмеля, является температура воздуха и почвы. В Малоритском районе, расположенном на 250–300 км южнее Гродненского, начало вегетации хмеля отмечалось на 2–5 дней раньше. В последующем это сказалось и на сроках наступления технической спелости шишек хмеля, которые для сорта Hallertauer Magnum в Малоритском районе Брестской области наступали на 5–10 дней раньше по сравнению с Гродненским, а для сорта Northern Brewer – на 7–14 дней раньше.

Продолжительность вегетационного периода зависела, в первую очередь, от сортовых особенностей. Наиболее продолжительный вегетационный период отмечен, в первую очередь, для сортов Hallertauer Taurus (148 дней) и Hallertauer Magnum (145 дней), наиболее короткий – у польских сортов Marynka, Izabella (140 дней), Oktawia (141 день) и Sybilla (142 дня). Вторым фактором, повлиявшим на общую продолжительность вегетационного периода, является обеспеченность растений хмеля влагой. Наиболее продолжительный период вегетации у всех изучаемых сортов отмечался в почвенно-климатических условиях 2005 года, когда за период вегетации хмеля выпало 348 мм осадков, а ГТК (гидротермический коэффициент) составил 1,87. Наиболее короткий период вегетации практически у всех сортов

отмечался в 2006 году, когда количество выпавших осадков (283 мм) и ГТК (1,18) оказались минимальными. Анализ количества выпавших осадков показал, что наиболее благоприятное влияние на развитие растений оказали осадки июля и первой половины августа. Особенно важным для роста и развития растений хмеля является равномерность выпадающих осадков. В почвенно-климатических условиях Гродненского района наиболее равномерным распределением осадков в период цветения – формирования шишек (июль–первая половина августа) характеризовались 2004 и 2005 годы. Менее благоприятные условия по влагообеспеченности сложились в 2006 году, когда ощущался явный дефицит влаги в почве в середине июля (период формирования боковых побегов), а также в начале цветения и в период формирования шишек (1–2 декады августа). Оптимальная влагообеспеченность оказала существенное влияние на рост и развитие растений хмеля, что, в конечном итоге, сказалось на продуктивности этой культуры. Третьим фактором, оказавшим влияние на длительность вегетационного периода, является температурный режим, который определяется как районом возделывания, так и погодно-климатическими особенностями конкретного года. Температурный фактор также оказал определенное влияние на рост и развитие растений, однако его влияние было менее значимым, чем влагообеспеченность. Наиболее характерный пример изменения продолжительности вегетационного периода вследствие температурного фактора можно наблюдать на сортах Hallertauer Magnum и Northern Brewer. Так, к примеру, в более южном Малоритском районе, по сравнению с Гродненским, продолжительность вегетационного периода для сорта Hallertauer Magnum сократилась со 145 до 140 дней, а для сорта Northern Brewer – со 144 до 138 дней. Однако, это влияние температурного фактора не оказало существенного влияния на продуктивность хмеля и особенности его роста и развития.

Для более полного и всестороннего изучения особенностей роста и развития растений хмеля в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь необходим анализ продолжительности межфазных периодов хмеля, длительность которых зависит, в первую очередь, от сортовых особенностей хмеля.

Немецкие сорта Hallertauer Magnum и Hallertauer Taurus характеризуются более продолжительными межфазными периодами от всходов и до начала формирования шишек по сравнению с польскими. Так, если у первых период от момента появления всходов до образования боковых побегов составляет 59–60 дней, от образования боковых побегов до цветения – 41–42, от цветения до формирования шишек – 17 дней, то у польских сортов соответственно – 55–57, 38–39 и 12–13 дней. Однако, продолжительность периода от формирования шишек до технической спелости у немецких сортов (Hallertauer Magnum и Hallertauer Taurus) составила всего 28–30 дней, в то время как у польских – возросла до 32–34 дней. Это связано с тем, что немецкие сорта, в особенности Hallertauer Magnum, к началу формирования шишек образуют более мощные растения с хорошо развитым листовым аппаратом, которые за более короткий период времени формируют шишки до фазы технической спелости. Польские сорта, имеющие менее развитый листовой аппарат, проходят этот период за более длительный период времени, хотя технической спелости они достигают в более ранние календарные сроки. Наиболее длительный период времени от всходов и до момента появления боковых побегов в почвенно-климатических условиях Гродненского района характерен для растений сорта Nuqqet (62 дня). Во-вторых, продолжительность периода от всходов и до образования боковых побегов зависит от температурного режима или конкретного района возделывания. В почвенно-климатических условиях Малоритского района длительность этого периода для сорта Hallertauer Magnum составляет 55 дней, в то время как в Гродненском – 59, а для сорта Northern Brewer соответственно – 57 и 62 дня.

Определенное влияние на продолжительность межфазных периодов оказывала, в наших исследованиях, и степень обеспеченности влагой. Однако заметное влияние этого фактора проявилось в период от всходов и до образования боковых побегов и только для сортов Hallertauer Magnum, Hallertauer Taurus и Nuqqet. Так, к примеру, если в более влажный вегетационный период 2005 года в условиях Гродненского района (348 мм осадков, ГТК – 1,87) длительность этого периода для данных сортов составила соответственно 61, 61 и 63 дня, то в 2006 году (283 мм

осадков и ГТК – 1,18) – снизилась до 58, 59 и 60 дней. Эта же зависимость отмечена и для сорта Hallertauer Magnum в Пружанском и Малоритском районах, когда продолжительность этого периода сокращалась на 4–5 дней при снижении уровня влагообеспеченности.

В период от образования боковых побегов и до формирования шишек влагообеспеченность в наших исследованиях не оказывала заметного влияния на длительность межфазных периодов изучаемых сортов. Однако в период от начала формирования шишек и до их технической спелости влияние этого фактора заметно возрастало у всех изучаемых сортов. При этом продолжительность этого периода при снижении влагообеспеченности уменьшалась в 2006 году на 1–6 дней по сравнению с 2005 годом.

Вегетационные периоды изучаемых сортов хмеля, выращиваемых в агроклиматических условиях Гродненского района на дерново-подзолистых супесчаных почвах, составили 136–150 дней, что на 9–13 дней больше, чем в почвенно-климатических условиях юго-западной части Республики Польша (г. Пулавы) на опытных участках хмеля. В этом случае увеличение продолжительности вегетационного периода хмеля происходило, в основном, за счет увеличения межфазного периода от всходов до образования боковых побегов и, в конечном итоге, не оказывало заметного влияния на количество и качество получаемых шишек хмеля.

Таким образом, почвенно-климатические условия западного региона Республики Беларусь вполне благоприятны для роста и развития различных по скороспелости сортов хмеля, получаемых из разных регионов мира. Продолжительность вегетационных периодов изучаемых сортов находились в пределах 136–150 дней. Различия в длительности периода вегетации, на примере наиболее распространенного в Беларуси сорта хмеля Hallertauer Magnum, для более южного Малоритского и более северного – Гродненского районов, составили соответственно 5–10 дней. Технической спелости шишки этого сорта достигали в Малоритском районе 1–4 сентября, в Гродненском – 9–14 сентября..

### **2.3.4 Динамика накопления надземной биомассы хмеля и особенности формирования его листовой массы**

Полученные экспериментальные данные показывают, что хмель – это растение с высокой интенсивностью роста и накопления биомассы. Исследования показали, что наиболее существенное накопление биомассы листьев и стеблей хмеля происходит с 1–2 декады мая по 3 декаду июля (начало цветения). В этот период основная доля надземной биомассы растения хмеля (до фазы цветения включительно) содержится в листьях (57,5–52,8%), меньшая – в стеблях (42,5–44,2%). Наиболее интенсивный рост стеблей и формирование листовой массы отмечается в мае–июле. В этот период заметно возрастает накопление суточной надземной биомассы растения. Так, если в период от образования 5-го междоузлия до начала фазы образования боковых побегов (по средним многолетним данным с 15 мая по 25 июня) среднесуточный прирост сухой биомассы растения составил 10,6 граммов, то в последующем – от образования боковых побегов до начала цветения (25 июня – 25 июля) возрос до 27,9 г. К началу фазы формирования шишек (1–2 декады августа) темпы накопления биомассы несколько снизились (до 14,1 г.). Однако в период формирования шишек (до 1–2 декад сентября) отмечалось существенное увеличение суточного прироста надземной биомассы растения (до 18,0 г.), что связано с оттоком пластических веществ из подземных органов (маточной части).

К началу фазы формирования шишек (1–2 декады августа) формируется максимальное количество биомассы листьев и стеблей (соответственно 855 и 682 г/растение). В последующем, к фазе технической спелости (1–2 декады сентября) отмечается снижение биомассы листьев и стеблей, как в абсолютных (до 747 и 597 г/растение соответственно), так и в относительных величинах (листья – с 52,7 до 34,5%; стебли – с 42,1 до 27,6%). Это связано с тем, что в августе начинается активный рост генеративных органов (основной продукции) – шишек, формирование которых происходит за счет поступления пластических веществ из других органов и, в первую очередь, из листьев и стеблей. Это подтверждается изменением биомассы как листьев, так и стеблей в данный период (от формирования до технической спелости шишек).

С наступлением технической спелости шишек общая надземная биомасса растений хмеля существенно возростала относительно фазы цветения примерно в 1,6 раза, в основном, за счет формирования массы шишек, на долю которых приходится 37,9% надземной биомассы. Абсолютная (или весовая) масса листьев незначительно возростала с 708 до 747 г. Масса стеблей осталась на том же уровне (593 и 597 г). Однако относительная доля листьев в общей биомассе снизилась с 52,8 до 34,5%, а стеблей – с 44,2 до 27,6% вследствие активного формирования массы шишек.

Анализ динамики формирования листовой массы растений хмеля показывает, что максимальная площадь листовой поверхности (46,7 тыс. м<sup>2</sup>/га) формируется к началу фазы образования шишек. К этой фазе достигает максимальных значений и вес 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности (44,0 г/м<sup>2</sup>). Наиболее крупные по массе (0,188 г) и площади (51,8 см<sup>2</sup>) листья образуются к началу фазы цветения.

В последующем, к началу технической спелости шишек интенсивность роста старых листьев снижается, так как большая часть из них уже сформировалась, однако образование молодых листьев еще продолжается, что приводит к некоторому снижению средней массы 1 листа (до 0,179 г) и его площади (до 44,0 см<sup>2</sup>). К началу фазы технической спелости шишек, вследствие оттока пластических веществ из листьев в шишки, эти показатели еще больше снижаются до 0,161 г и 43,2 см<sup>2</sup> соответственно.

Анализ динамики формирования надземной массы сорта Hallertauer Magnum в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь показал, что наиболее важным (критическим) этапом роста и развития растений является период от начала образования боковых побегов и до начала их цветения, когда идет наиболее активное нарастание биомассы надземной части. Растения хмеля в это время следует обеспечить достаточным количеством элементов питания и, в первую очередь, азотом. Несомненно, большую роль в формировании урожая играет период образования шишек, однако на этапе, предшествующем этому периоду, закладывается фундамент будущего урожая.

### **3. Химический состав шишек хмеля и оценка продуктивности сортов**

#### **3.1. Химический состав шишек хмеля**

Ценность хмеля, как сырья для пивоварения и других отраслей, обусловлена наличием в нем специфических горьких веществ (общих смол), полифенольных соединений и эфирного масла. В каждую из этих групп веществ входит большое число компонентов, сложных по своей химической природе.

Горькие вещества в свежесобранном хмеле состоят главным образом из  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот. Кроме кислот в горьких веществах содержатся  $\alpha$ - и  $\beta$ -мягкие и твердые смолы. В настоящее время в результате применения новейших физико-химических методов исследования идентифицировано более 90 соединений горьких веществ.

Среди компонентов горьких веществ наиболее ценные –  $\alpha$ -кислоты (гумулон, когумулон, адгумулон, прегумулон и постгумулон). На долю гумулона, когумулона, адгумулона во фракции  $\alpha$ -кислот приходится около 95%. Установлено, что  $\alpha$ -кислоты находятся в пиве в виде изомеров, которые и создают в нем основную горечь. Изо- $\alpha$ -кислоты обеспечивают 90–95% общей горечи. Следовательно,  $\alpha$ -кислоты наиболее ценные компоненты среди горьких веществ в пивоварении. Следует отметить, что среди гомологов  $\alpha$ -кислот в большей степени подвержены в количественных изменениях гумулон и когумулон, в то время как содержание адгумулона чаще постоянное. Состав  $\alpha$ -кислот наследуется на уровне генома растения. Поэтому, количественное содержание когумулона в составе  $\alpha$ -кислот может являться одним из таксономических признаков хмеля. Если в ароматических сортах хмеля его количество составляет в  $\alpha$ -кислотах 20–22%, то в горьких сортах может достигать 50%. Следует отметить, что  $\alpha$ -кислоты играют важную роль и в повышении биологической стойкости пива. Так, для задержки активности граммполо-

жительных бактерий требуется их в 2300 раз меньшее количество, чем фенола [4, 127, 137].

$\beta$ -кислоты (лупулон, адлупулон, колупулон, прелупулон и постлупулон) лишены горечи, однако, в процессе окисления они превращаются в соединения, которые имеют приятную горечь. Наиболее изученной группой веществ при окислении  $\beta$ -кислот являются гулулоны. В процессе окисления около 80%  $\beta$ -кислот превращаются в гулулоны. Несмотря на это,  $\beta$ -кислоты малорастворимы и не горькие на вкус, но продукты их окисления имеют большое значение в придании пиву горечи. Поэтому для объективной оценки качества хмеля и хмелепродуктов необходимо знать количественное содержание  $\beta$ -кислот [132].

В шишках разных селекционных сортов хмеля содержание горьких веществ варьирует от 8 до 24%, а у основных, возделываемых в настоящее время сортов, оно составляет 11-16%. Содержание  $\alpha$ -кислот колеблется от 1,5 до 17% (реже более), а  $\beta$ -кислот — от 3 до 7% [129, 131].

Помимо горьких веществ, большое влияние на качественные показатели пива оказывают полифенольные соединения. Сосредоточены они, в основном, в лепестках шишек (более 90% к массе шишек), в небольших количествах содержатся также в лупулиновых железках, цветоножках и стерженьке шишки. Полифенольные соединения хмеля относятся, главным образом, к флавоноидам, представленным лейкоантоцианами, катехинами и гликозидами флавонолов. Лейкоантоцианы и катехины, как наименее окисленные формы флавоноидов, имеют вид бесцветных кристаллов и легко окисляются при нагревании под действием солнечных лучей и окислительных ферментов. Бесцветные лейкоантоцианы при нагревании в кислой среде превращаются в окрашенные в пурпурный цвет антоцианидины. В отличие от большинства флавоноидов, лейкоантоцианы и катехины, как правило, гликозидов не образуют. Флавонолы представляют собой желтые кристаллические вещества, содержащиеся в растениях, в основном, в виде гликозидов, и являются более окисленной формой флавоноидов. Полифенольные вещества шишек хмеля играют важную роль в пивоварении. Они осветляют сусло, образуя осаждающиеся комплексы с белками, участвуют, совместно с горькими веществами, в формировании вкусовых качеств пи-

ва, способствуют его пеностойкости. Лучшую оценку получает пиво, приготовленное с использованием хмеля, в составе которого находится не менее 4,5 % полифенольных веществ [130, 133].

К следующей важной группе веществ, содержащихся в шишках хмеля, относятся эфирные масла, обуславливающие их специфический, обычно приятный аромат. Содержание этих веществ в хмеле невелико — 0,4-1,0% (реже 0,1-1,8%). Сосредоточены они почти полностью в лупулиновых железках шишек. Эфирные масла хмеля очень сложны по составу, включают более 200 компонентов. Из них наибольшее значение имеют мирцен, гумулен, кариофиллен, линалоол, гераниол, цитраль, пинен, фарнезен. Все они обладают приятным ароматом. Особенно ценными для пивоварения считаются гумулен и кариофиллен. Эфирные масла легко подвергаются окислению, при этом запах их резко изменяется. При хранении хмеля гидролиз сложных эфиров терпеновых спиртов с жирными кислотами сопровождается не только потерей аромата, но и приобретением новых, несвойственных хмелю запахов. Соотношение компонентов эфирных масел хмеля очень специфично для каждого сорта хмеля, поэтому результатами анализов эфирных масел методом газовой хроматографии нередко пользуются для идентификации сортов хмеля [134, 135].

### **3.2. Классификация сортов хмеля по химическому составу**

В специальной литературе при описании основных процессов, характеризующих мировое хмелеводство, используется упрощенная классификация сортов хмеля. Все сорта условно делят на **горькие** (с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот) и **ароматические** (оцениваемые по аромату, а не по содержанию  $\alpha$ -кислот).

В шишках горьких сортов хмеля содержание  $\alpha$ -кислот достигает обычно 10–17%. На особенности аромата данных сортов хмеля обращается, как правило, мало внимания, так как такой хмель используется для придания пиву горечи и уничтожения бактерий, портящих его вкус. Горький хмель является биржевым товаром, реализуемым в пересчете на процентное содержание или вес  $\alpha$ -кислот [115].

Ароматический хмель оценивается по особенностям его аромата. Содержание в нем  $\alpha$ -кислот (обычно около 4%) являет-

ся подчиненной характеристикой, так как в ароматическом хмеле важны масла, придающие особый вкус пиву. Зачастую при патентовании рецептов пива, фиксируется применение строго определенного сорта хмеля. В пивоваренном производстве ароматический хмель используется меньше, чем горький. В связи с тем, что ароматические сорта хмеля обладают специфическим вкусом и ароматом и предполагают небольшой срок хранения пива, покупают его в меньших количествах.

Часто горькие сорта хмеля, производство и применение которых очень выгодно, препятствуют получению высококачественного пива, так как придают ему грубоватую горечь, иногда даже забивающую аромат. Одним из решений этой проблемы является купажирование хмеля, то есть применение в одной варке и горьких и ароматических сортов. Другой вариант решения данной проблемы – выведение и использование горько-ароматических сортов хмеля, которым свойственно довольно высокое содержание как  $\alpha$ -кислот, так и эфирных масел [107, 284].

Всего в мире насчитывается около 30 основных сортов хмеля с различными ароматическими характеристиками и содержанием  $\alpha$ -кислот. Большинство стран производителей хмеля ориентировано на выращивание горьких сортов (США, Австралия, Бельгия, Болгария, Китай, Югославия, ЮАР, Испания) [294].

Традиционно ориентированными на производство ароматических сортов хмеля являются Чехия, Словакия, Словения, Франция. В Германии, Великобритании, Польше и Новой Зеландии производство хмеля горьких и ароматических сортов приблизительно пропорционально [88].

Изучение изменения структуры посевных площадей хмеля по странам – членам Международной Ассоциации Хмелеводов за 1998–2002 гг. свидетельствует о том, что, несмотря на большую посевную площадь занимаемую ароматическими сортами хмеля (26980 га в 2002 г.) по сравнению с горькими (25685 га в 2002 г.), посадки ароматических сортов за анализируемый период уменьшились на 15, а площадь посевов горьких – увеличилась на 20%. Однако, несмотря на меньшую посевную площадь, горькие сорта занимают больший удельный вес в общем объеме

производства хмеля стран – членов Международной Ассоциации Хмелеводов – 60,9% (58993 т. в 2001г.) и 59,0% (55176 т. в 2002 г.). Это объясняется меньшей урожайностью ароматических сортов хмеля по сравнению с горькими [152, 294, 295].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что основной характеристикой современной сортовой структуры производства хмеля в мире является преобладание горьких сортов хмеля над ароматическими, с сохранением данной тенденции на ближайшую перспективу. Это обусловлено повышенной потребностью мировой пивоваренной индустрии именно в горьких сортах хмеля с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот [294, 352].

### **3.3. Оценка продуктивности сортов в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь**

Научно-обоснованный выбор сорта – один из важнейших элементов технологии возделывания хмеля. По данным ученых многих стран, где интенсивные технологии возделывания применяются продолжительное время, урожайность хмеля возрастает благодаря использованию новых высокопродуктивных сортов на 34–50%, удобрений – 30–35%, пестицидов – 25–30%. Мировой опыт показывает, что потенциальная урожайность сорта в условиях производства обычно реализуется на 60–70%. Неиспользованный 30–40% запас урожайности гарантирует стабильную работу его биологической системы и делает возможным прирост урожаев при улучшении условий возделывания [66, 138, 250, 335, 338].

К сортам хмеля, как и к сортам других культур, производство предъявляет определенные требования. Сорта должны обладать высокой и устойчивой по годам урожайностью, иметь высокое качество шишек – содержать много горьких веществ,  $\alpha$ -кислот и других ценных веществ, хорошо отзываться на внесение удобрений и другие агроприемы, т.е. быть сортами интенсивного типа, устойчивыми к неблагоприятным условиям произрастания, а также к вредителям и болезням хмеля, быть приспособленными к механизированному возделыванию и уборке [138, 152, 312, 345].

В 1997–2004 годах в УО СПК «Путришки» Гродненского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, проводились полевые исследования с 9 сортами хмеля, относящихся к группе горьких. Исследования проводились на фоне 30 т/га органических удобрений и  $N_{120}P_{120}K_{160}$ . Сорта хмеля оценивали по урожайности шишек, зимостойкости, невосприимчивости к поражению болезнями и технологическим качествам (табл. 2).

Таблица 2 – Продуктивность хмеля в зависимости от его сортовых особенностей (1999–2004 гг.)

Сорт хмеля	Урожайность шишек, ц/га	Масса 100 шишек, г	Содержание $\alpha$ -кислот, %	Сбор $\alpha$ -кислот, ц/га
Magynka (Польша)	12,6	14,4	10,5	1,32
Oktawia (Польша)	11,8	11,9	9,9	1,17
Izabella (Польша)	8,2	12,7	9,7	0,80
Sybilla (Польша)	7,4	11,3	8,7	0,64
Hallertauer Magnum (Германия)	12,3	15,7	11,4	1,40
Hallertauer Taurus (Германия)	9,6	12,0	9,5	0,91
Northern Brewer (Англия)	9,1	10,8	9,4	0,86
Nugget (США)	8,0	8,5	7,8	0,62
Крылатский (Россия)	9,5	12,0	7,1	0,67

*Примечание: НСР<sub>05</sub> для урожайности шишек по годам исследований составила: в 1999 году – 1,3 ц/га; 2000 – 0,5; 2001 – 1,4; 2002 – 0,7; 2003 – 0,5 и в 2004 году – 0,8 ц/га.*

Проведенная оценка сортов хмеля по показателям урожайности и качества шишек хмеля позволила выделить наиболее продуктивные сорта в почвенно-климатических условиях Беларуси. Наиболее высокий уровень урожайности шишек получен у следующих сортов: Marynka (12,6 ц/га), Hallertauer Magnum (12,3 ц/га) и Oktawia (11,8 ц/га). Наиболее низкими показателями урожайности шишек хмеля характеризовались сорта: Sybilla (7,4 ц/га), Nuqquet (8,0 ц/га), Izabella (8,2 ц/га).

Одним из важнейших критериев оценки продуктивности и качества сортов хмеля является содержание в них  $\alpha$ -кислот. Из данных таблицы 2 видно, что наиболее высокое содержание в шишках  $\alpha$ -кислот получено у сортов Hallertauer Magnum (11,4%) и Marynka (10,5%). Наиболее низкие показатели их содержания отмечены у следующих сортов: Крылатский (0,67 ц/га), Nuqquet (0,62 ц/га) и Sybilla (0,64 ц/га).

Кроме урожайности шишек и содержания в них  $\alpha$ -кислот одним из важнейших показателей продуктивности хмеля является сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади. Этот показатель значим тем, что для производителей пива важно количество  $\alpha$ -кислот, а не только масса шишек [312]. Результаты исследований показали, что максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади получен у сортов Hallertauer Magnum (1,40 ц/га) и Marynka (1,32 ц/га). Наиболее низкие показатели сбора  $\alpha$ -кислот отмечены у следующих сортов: Nuqquet (0,62 ц/га), Sybilla (0,64 ц/га) и Крылатский (0,67 ц/га).

Косвенным показателем продуктивности сортов хмеля является масса 100 шишек, тем более, что у растений с крупными шишками заметно облегчается процесс ручной и механизированной уборки, а также снижаются потери лупулина при уборке, сушке и последующем хранении шишек хмеля. Также установлена тесная положительная корреляционная зависимость урожайности шишек хмеля и массы 100 шишек ( $r = 0,73$ ). Самые крупные шишки получены у наиболее урожайных сортов – Hallertauer Magnum (15,7 г) и Marynka (14,4 г), а наиболее мел-

кие – у сорта Nuqquet (8,5 г). Масса 100 шишек, в свою очередь, связана с содержанием  $\alpha$ -кислот в шишках ( $r = 0,76$ ) и со сбором  $\alpha$ -кислот с единицы площади ( $r = 0,81$ ). Как видим, эти показатели качества и продуктивности связаны между собой довольно тесной корреляционной зависимостью.

Результаты исследований показали, что наиболее высокий уровень урожайности шишек хмеля получен для сортов Hallertauer Magnum и Marynka, но с учетом содержания в шишках  $\alpha$ -кислот и сбора их с единицы площади сорт Hallertauer Magnum имеет преимущества.

Как уже отмечалось ранее, изучение продуктивности сортов (1999–2004 гг.) проводилось на фоне 30 т/га органических удобрений и  $N_{120}P_{120}K_{160}$ . Однако исследования, проведенные в 2001–2003 годы с сортами Hallertauer Magnum и Marynka показали, что наиболее высокая продуктивность этих сортов на дерново-подзолистых супесчаных почвах западного региона Республики Беларусь формируется при внесении 30 т/га органических удобрений и  $N_{180}P_{120-160}K_{160-240}$  [155]. В связи с этим, в последующем (2005–2008 гг.) оценка сравнительной продуктивности сортов в почвенно-климатических условиях УО СПК «Путришки» Гродненского района проводилась на фоне 30 т/га органических удобрений и  $N_{180}P_{120}K_{160}$  (табл. 3).

Результаты проведенных исследований (2005–2008 гг.) показали, что с увеличением уровня минерального питания (в частности, доз азота до  $N_{180}$ ) урожайность шишек всех изучаемых сортов возрастала, увеличивалась и масса 100 шишек, а также сбор листовой массы и ее площадь. При этом наиболее высокая урожайность шишек также (как и за период 1999–2004 гг.) была получена у сортов Hallertauer Magnum (17,2 ц/га), Marynka (15,8 ц/га) и Oktawia (12,6 ц/га). Однако сорт Hallertauer Magnum в этом случае сформировал максимальную урожайность шишек, превысив по этому показателю сорт Marynka. По таким показателям, как масса 100 шишек, сбор листовой массы и содержание  $\alpha$ -кислот ранее установленная закономерность сохранилась – у сорта Hallertauer Magnum получены максимальные значения этих показателей продуктивности среди группы других, изучавшихся в исследованиях сортов (табл. 3).

Сорта Nuqnet, Sybilla и Крылатский характеризовались наиболее низкими показателями как урожайности шишек (соответственно 9,2; 9,9 и 10,2 ц/га), так и содержания в них  $\alpha$ -кислот (8,0; 8,5 и 7,6%).

Увеличение доз азота оказало определенное влияние на содержание в шишках  $\alpha$ -кислот, которое чаще всего проявляло тенденцию к снижению (Oktawia, Izabella, Sybilla, Marynka, Hallertauer Magnum).

Таблица 3 – Продуктивность хмеля в зависимости от сортовых особенностей (2005–2008 гг.)

№ п / п	Сорт хмеля	Урожайность шишек, ц/га	Масса 100 шишек, г	Содержание $\alpha$ -кислот, %	Сбор $\alpha$ -кислот, ц/га
1	Marynka (Польша)	15,8	15,0	10,4	1,64
2	Oktawia (Польша)	12,6	13,1	9,2	1,17
3	Izabella (Польша)	10,6	14,2	8,8	0,94
4	Sybilla (Польша)	9,9	13,8	8,5	0,85
5	Hallertauer Magnum (Германия)	17,2	16,0	11,3	1,94
6	Hallertauer Taurus (Германия)	11,6	14,0	9,5	1,11
7	Northern Brewer (Англия)	10,8	13,4	9,8	1,06
8	Nuqnet (США)	9,2	10,1	8,0	0,73
9	Крылатский (Россия)	10,2	12,1	7,6	0,77

*Примечание: Сорты изучались на фоне 30 т/га органических удобрений + N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>.*

*НСР<sub>05</sub> для урожайности шишек по годам проведения исследований составила в 2005 г. – 1,0; 2006 г. – 0,7; 2007 – 1,1 и в 2008 г. – 0,9 ц/га.*

У других изучавшихся сортов этот показатель остался на прежнем уровне (Hallertauer Taurus) или же проявил незначительную тенденцию к росту (Northern Brewer, Nuqget, Крылатский).

Однако, в конечном итоге, повышение доз азота до N<sub>180</sub> способствовало увеличению сбора  $\alpha$ -кислот с единицы площади у всех изучавшихся в исследованиях сортов. Наиболее высокие показатели получены у сорта Hallertauer Magnum (1,94 ц/га) и Marynka (1,64 ц/га). Оптимизация минерального питания хмеля способствовала и повышению продуктивности изучаемых сортов хмеля.

Анализ показателей структуры урожая показал, что ранее установленные (в 1999–2004 гг.) особенности формирования листовой массы, ее поверхности и взаимосвязи между ними сохранились (табл. 4).

Установлены положительные корреляционные зависимости показателя массы 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности с содержанием в шишках  $\alpha$ -кислот ( $r = 0,83$ ), с урожайностью шишек ( $r = 0,84$ ) и сбором  $\alpha$ -кислот с единицы площади ( $r = 0,83$ ). Урожайность шишек находится в более тесной корреляционной зависимости с листовой массой ( $r = 0,66$ ), чем с размером ее поверхности ( $r = -0,11$ ). Аналогичная зависимость отмечена нами при расчете корреляционной зависимости сбора  $\alpha$ -кислот с единицы площади от листовой массы ( $r = 0,69$ ) и ее площади ( $r = -0,09$ ).

Зимостойкость всех исследуемых сортов осталась на прежнем уровне, кроме сорта Nuqget, бальный показатель зимостойкости которого снизился до 4 единиц.

Таким образом, во-первых, следует отметить, что наиболее высокий уровень урожайности шишек хмеля получен для сортов Hallertauer Magnum и Marynka, однако с учетом содержания в шишках  $\alpha$ -кислот и сбора их с единицы площади сорт Hallertauer Magnum имеет целый ряд преимуществ перед вторым сортом. Во-вторых, создание условий для формирования листового ап-

парата с высокой массой единицы площади листа (масса 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности) – важнейший фактор повышения продуктивности хмеля. Этот показатель может быть косвенным критерием качества шишек горьких сортов хмеля, в частности содержания в них α-кислот.

Сравнительный анализ продуктивности сортов хмеля позволил выделить и рекомендовать для внедрения в производство, в первую очередь, сорт Hallertauer Magnum, который по результатам наших многолетних исследований был включен в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь в январе 2008 года по Гродненской, Брестской и Гомельской областям.

Таблица 4 – Расчетные показатели продуктивности и структуры урожая хмеля в зависимости от сортовых особенностей (2005–2008 гг.)

№ п / п	Сорт хмеля	Листовая масса, ц/га	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	Масса 1 м <sup>2</sup> листовой поверхности, г/м <sup>2</sup>	Зимостойкость, баллы
1	Marynka (Польша)	13,2	35,6	37,1	5
2	Oktawia (Польша)	11,5	36,0	31,9	5
3	Izabella (Польша)	11,6	35,1	33,1	4
4	Sybilla (Польша)	10,7	37,9	28,2	4
5	Hallertauer Magnum (Германия)	16,5	47,0	35,1	5
6	Hallertauer Taurus (Германия)	13,2	41,8	31,6	4
7	Northern Brewer	10,5	37,5	28,0	5

	(Англия)				
8	Nugget (США)	14,0	56,5	24,8	4
9	Крылатский (Россия)	10,4	41,1	25,3	5

*Примечание: Сорты изучались на фоне 30 т/га органических удобрений + N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>.*

В настоящее время этот сорт занимает около 80% от суммарных площадей хмельников Беларуси и успешно используется для производства пива на ОАО «Криница», ОАО «Лидское пиво», ОАО «Брестское пиво», ИЗАО «Пивоваренная компания «Сябар».

Учитывая целый ряд преимуществ сорта Hallertauer Magnum перед другими сортами, был проведен более глубокий анализ зависимости его продуктивности от погодных условий и морфологических показателей листового аппарата в агроклиматических условиях западного региона Беларуси. Анализ полученных результатов исследований показал, что на урожайность шишек хмеля существенное влияние оказывают погодные условия конкретного года. Обеспеченность почвы влагой и температурный режим являются важными факторами продуктивности растений хмеля в условиях нашей республики.

Результаты проведенных полевых исследований показали, что в первую очередь, урожайность шишек хмеля зависит от количества осадков, выпавших за вегетационный период, особенно важны осадки, выпадающие в конце июля – начале августа.

Установлена тесная корреляционная связь суммы осадков, выпавших за вегетационный период, с урожайностью шишек ( $r = 0,72$ ) и сбором  $\alpha$ -кислот с единицы площади ( $r = 0,71$ ). Сумма активных температур ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) за вегетационный период не имела выраженной корреляционной зависимости с данными показателями продуктивности (соответственно  $r = -0,24$ ;  $r = -0,20$ ). Установлена средняя степень корреляционной зависимости этих показателей от гидротермического коэффициента (ГТК) (соответственно  $r = 0,57$  и  $r = 0,53$ ).

Таким образом, в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь урожайность шишек и сбор

$\alpha$ -кислот с единицы площади в первую очередь зависят от количества осадков, выпавших за вегетационный период хмеля. Температурный режим является менее значимым после осадков фактором по степени его влияния на урожайность шишек, сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади, а также содержание  $\alpha$ -кислот в шишках ( $r = 0,07$ ).

Эта закономерность характерна и для других изучавшихся в исследованиях сортов хмеля. Так коэффициенты корреляционной зависимости ( $r$ ) урожайности шишек от количества выпавших за вегетационный период осадков для различных сортов составили: Marynka – 0,55; Oktawia – 0,58; Izabella – 0,72; Sybilla – 0,56; Hallertauer Taurus – 0,60; Northern Brewer – 0,69; Nuqget – 0,61; Крылатский – 0,84.

Установлено, что с ростом ГТК возрастает и масса 100 шишек ( $r = 0,83$ ). Урожайность шишек и сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади имеют тесную корреляционную связь с массой 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности (соответственно  $r = 0,93$  и  $r = 0,95$ ).

Известно, что важнейшим показателем качества шишек хмеля является содержание в них  $\alpha$ -кислот. Установлена тесная корреляционная зависимость ( $r = 0,89$ ) этого важного показателя качества шишек от соотношения массы листьев к их площади (или веса единицы площади листа или его толщины). Причем, содержание  $\alpha$ -кислот в большей степени зависит от массы листьев ( $r = 0,86$ ), чем от их площади ( $r = 0,77$ ). Следовательно, с увеличением массы единицы площади листа возрастает и содержание в шишках  $\alpha$ -кислот.

Аналогичные взаимосвязи между этими показателями сохранились и в последующем (2005–2008 гг.) на оптимальном фоне минерального питания. По данным продуктивности хмеля сорта Hallertauer Magnum за 2005–2008 годы были рассчитаны корреляционные зависимости между отдельными показателями урожайности, качества и структуры урожая. Установлено, что урожайность шишек находится в более тесной корреляционной зависимости с суммой осадкой ( $r = 0,88$ ) и ГТК ( $r = 0,78$ ), чем с суммой активных температур ( $r = 0,46$ ). Сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади также имеет тесную корреляционную связь с суммой осадков ( $r = 0,84$ ) и ГТК ( $r = 0,85$ ) и, в меньшей степени, с суммой активных температур ( $r = 0,59$ ).

Таким образом, наиболее высокий уровень урожайности шишек хмеля получен для сортов Hallertauer Magnum (Германия) и Marynka (Польша), однако с учетом содержания в шишках  $\alpha$ -кислот и сбора их с единицы площади сорт Hallertauer Magnum имеет ряд преимуществ и рекомендуется для широкого использования в производстве в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь.

Создание условий для формирования листового аппарата хмеля с высокими показателями массы  $1 \text{ м}^2$  листовой поверхности ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) – важнейший фактор повышения его продуктивности. Этот показатель может быть косвенным критерием содержания  $\alpha$ -кислот в шишках горьких сортов хмеля, с увеличением которого содержание в шишках  $\alpha$ -кислот возрастает. Для повышения урожайности шишек и сбора  $\alpha$ -кислот с единицы площади необходимо создавать условия для увеличения листовой массы, а для увеличения содержания в шишках  $\alpha$ -кислот способствовать повышению массы единицы площади листа. Листовая площадь в меньшей степени влияет на урожайность шишек и сбор альфа-кислот с единицы площади, чем их общая листовая масса.

В заключение отметим, что почвенно-климатические условия Республики Беларусь соответствуют биологическим особенностям хмеля и благоприятны для получения высококачественной продукции этой культуры. Урожайность шишек и сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади зависят, в первую очередь, от количества осадков, выпавших за вегетационный период хмеля. Температурный фактор является менее значимым по сравнению с количеством выпавших осадков по степени его влияния на урожайность шишек, сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади, а также на содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля.

#### **4. Закладка плантации хмеля**

Перед закладкой хмельника следует предусмотреть следующие организационно-экономические аспекты данного вопроса:

- финансовые и технические возможности закладки плантации;
- возможности реализации продукции;
- окупаемость затрат и рентабельность его производства;
- наличие трудовых ресурсов;
- возможность создания материально-технической базы для ухода, уборки и первичной переработки продукции (специальная техника, комбайн, сушилка, складские помещения).

##### **4.1. Размещение хмельника**

При размещении хмельников следует избегать районов с сильными ветрами (более 30 м/сек.). Наиболее подходящей является равнинная местность с южным склоном (не более 2°). Расположение плантации с учетом направления господствующих ветров также имеет большое значение. К примеру, в западном регионе Беларуси наиболее частыми являются западные и северо-западные ветры. Ветры часто разворачивают верхушки побегов в мае и июне, а в период сбора хмеля (в конце августа – начале сентября) ветры вызывают механические повреждения шишек, что снижает их качество. Ориентировать ряды следует вдоль направления преобладающих ветров. При размещении хмельника на открытом месте его обсаживают, со стороны господствующих ветров, защитной лесной полосой из быстрорастущих лесных пород деревьев в 3-4 ряда, расположенных на расстоянии 25-30 м от края хмельника. Нежелательно размещать плантацию поблизости болот, где образуется туман, так как это

создает благоприятные условия для развития грибных болезней, в частности, псевдопероноспороза. Непригодны для хмельника лесные затененные сырые места с близким (менее 2 м) залеганием грунтовых вод. Нежелательно присутствие возле хмельников (менее 1 км) растений дикорастущего хмеля, а также сливы, черемухи, имеющих общих с культурным хмелем вредителей.

Геометрическая форма поля хмельника также играет большую роль с точки зрения эффективности эксплуатации технических средств. Массив, предназначенный для посадки хмеля, разбивают на отдельные плантации площадью по 1,5-2,0 га с соотношением сторон 1:2 или 2:3. Длина рядов хмеля должна соответствовать количеству растений, укладываемых в один прицеп при механической уборке урожая (100–140 растений). Расстояние между плантациями должно обеспечивать свободный проезд техники (чаще около 5 м). Поддержки для несущей сетки должны быть высотой не менее 6 м на расстоянии друг от друга – 4,5 м [41, 123, 313].

#### **4.2. Подготовка почвы для плантации**

Хмель с учетом его биологических особенностей, для нормального роста и развития корневой системы требует глубокого рыхлого и плодородного слоя почвы. Продолжительность жизни и высокая продуктивность растения хмеля, имеющего мощную корневую систему, в значительной мере зависит от технологии предпосадочной обработки почвы путем, направленным на создание плодородного, рыхлого и глубокого слоя [97].

Лучшими предшественниками для хмеля считаются культуры, способствующие созданию плодородного и чистого от сорняков пахотного слоя почвы (многолетние бобово-злаковые травы, озимые зерновые, пропашные, рапс, редька масличная), которые выращивают 2–3 года до закладки плантации [41, 250, 323].

В зависимости от предшественников, на дерново-подзолистых почвах проводится послеуборочное лущение стерни, затем — зяблевая вспашка. Перед посадкой хмеля, для создания плодородного слоя почвы, предусматривается предварительное внесение навоза (150-200 т/га) и минеральных удобрений ( $P_2O_5$  – 80-240 и  $K_2O$  160-270 кг действующего вещества на

га) [123]. Кроме того, J.Migdal [313] подчеркивает, что важнейшим микроэлементом для хмеля является цинк и при содержании его в почве менее 40 мг/кг почвы обязательно следует предусмотреть внесение его в почву в форме сернокислого цинка. Следует учитывать, что наиболее благоприятной для хмеля является рН солевой вытяжки 5,9–6,4. При необходимости следует внести известковые удобрения (лучше доломитовую муку) в норме 2–4 т/га [313, 323].

Растения хмеля для формирования мощного многолетнего корневища требуют глубокого рыхлого слоя почвы. Важнейшим агротехническим приемом перед посадкой хмеля для всех типов почв является глубокое рыхление, которое проводят щелевателем на глубину 60–80 см [250].

### **4.3. Получение посадочного материала**

Интенсификация хмелеводства и увеличение объемов выращивания саженцев высокопродуктивных сортов требуют выбора оптимального способа производства посадочного материала хмеля в почвенно-климатических условиях западных регионов Беларуси. В производстве хмель размножают вегетативно через укоренение разных частей материнского растения: стеблевыми черенками – отрезками подземной части стебля, корневищными черенками – отрезками подземной части бокового корневища с одной или более парами глазков с почками. Растения, которые выросли из таких саженцев, сохраняют все типичные признаки материнской особи. Нарезку стеблевых и корневищных черенков проводят одновременно с обрезкой главных корневищ. Обычно от одного растения получают 6–8 неукорененных побегов.

Для ускоренного размножения новых сортов хмеля можно успешно использовать этиолированные побеги – ростки, выросшие в почве в темноте и лишенные хлорофилла, а также уже взошедшие небольшие зеленые побеги, которые используют в селекции и производственных условиях. Этиолированные побеги заготавливают в период весенней обрезки главных корневищ хмеля, а зеленые побеги – в период рамовки хмеля. Кроме того, можно получать саженцы со стебля, боковых побегов и даже из листьев.

Самый современный метод – лабораторный метод размножения растений методом тканевых культур (*in vitro*). Этот спо-

соб в настоящее время перенесен в производство, что позволяет получать большое количество саженцев от одного растения. Хотя метод *in vitro* дорогостоящий, однако, он позволяет получать саженцы без вирусов и виридов. Посадочный материал следует заготавливать от типичных для каждого сорта растений [204, 232, 276].

#### 4.3.1. Заготовка стеблевых и корневищных черенков

Исходным материалом неукорененных саженцев являются подземные фрагменты однолетних побегов – стеблевые и корневищные черенки. Неукорененные побеги могут служить как для закладки плантации, так и для получения укорененных побегов.

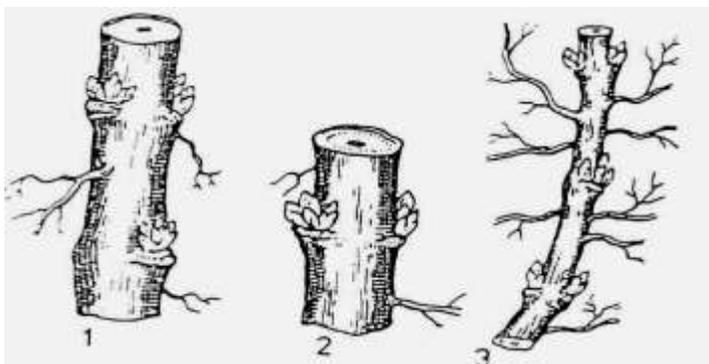


Рисунок 1 – Стеблевые (1,2) и корневищные (3) черенки

Нарезку стеблевых и корневищных черенков проводят одновременно с обрезкой главных корневищ острым ножом или вращающейся фрезой. Механизированная нарезка черенков фрезой значительно облегчает труд и повышает его производительность. Стеблевые и корневищные черенки по внешнему виду должны быть с выполненной сердцевинкой, без механических повреждений, не поврежденные вредителями и не пораженные болезнями, не подсушенные, с нераспустившимися почками, без признаков подмерзания, вымокания и почернения коры, древесины и сердцевинки. Срез должен быть на расстоянии  $20 \pm 5$  мм от узла почек. Черенки хмеля, соответственно двухузловые и одноузловые, должны иметь длину 80–120 и 50–80 мм, диаметр – не менее 15 и 10 мм, число пар полноценных почек – не менее 2 и 1-2,

длину проросшей почки – не более 20 и 30 мм, массу черенка – не менее 30 и 15 г. Свежие заготовленные весной стеблевые и корневищные черенки, как и саженцы, лучше сразу же высадить на плантации или в питомник для получения саженцев. Если высадку по какой-либо причине откладывают, то черенки хранят во влажной и прохладной среде [7, 8, 79, 333].

Для временного хранения стеблевых и корневищных черенков (и саженцев) их прикапывают в траншеи с влажной почвой на глубину 20–25 см и сверху присыпают слоем земли в 10–20 см. Возможны и другие способы непродолжительного хранения, обеспечивающие сохранность и качество посадочного материала (в подвальных помещениях, погребах т. д.) с укрытием влажным субстратом — опилками, мхом, торфом, при температуре  $2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха — 70–80% [6, 47].

При осенней обрезке растений и заготовке черенков их хранят в овоще- или картофелехранилищах. Сразу же после обрезки главных корневищ, нарезанные черенки в тот же день помещают в хранилище, укладывая их вертикально в 2–3 слоя, вплотную друг к другу, почками вверх, и пересыпают каждый слой черенков песком.

При отсутствии специальных помещений черенки можно хранить зимой в траншеях глубиной 50–60 см, расположенных на возвышенных, не затопляемых талыми водами участках. Дно траншеи засыпают песком слоем 6–8 см и размещают черенки вертикально рядами, заполняя промежутки песком или почвой, а сверху засыпают слоем земли в 30–35 см, чтобы верх траншеи возвышался над уровнем почвы примерно на 10–12 см [123, 217, 250].

#### **4.3.2. Получение укорененных саженцев**

В последнее время для закладки новых хмельников чаще используют однолетние саженцы. Это позволяет уже в первый год после посадки получать хороший урожай хмеля, что значительно ускоряет внедрение в производство новых ценных сортов этой культуры. Рекомендуется все новые посадки хмельников проводить саженцами.

Выращивают саженцы в открытом грунте в питомниках (школках) и пленочных необогреваемых теплицах, а также в полиэтиленовых пакетах, размещаемых как на специальных открытых площадках (питомниках промышленного типа), так и в обогреваемых или необогреваемых пленочных теплицах. Под питомник отводят ровный или с небольшим уклоном участок, с высокоплодородной легкой почвой вблизи источников воды для полива. Осенью, под зяблевую обработку почвы, на 1 га питомника вносят до 100 т органических удобрений и  $P_{120}K_{120}$ . Вспашку проводят на глубину 25-30 см. Весной под культивацию вносят азотные удобрения ( $N_{120}$ ).

Саженцы получают из черенков. Посадку черенков рекомендуется проводить одновременно с заготовкой стеблевых черенков. Посадку ведут с расстояниями в рядах между черенками 15–25 см, почками вверх. В процессе роста и развития саженцев хороший эффект дает их окучивание на высоту 5 см. Необходимо предусмотреть также и защиту саженцев от сорняков, болезней и вредителей. С 1 гектара площади школки можно получить до 80 000 саженцев.

Наиболее прогрессивный способ — выращивание саженцев в полиэтиленовых пакетах (18 x 24 см). Этот способ обеспечивает высокую приживаемость саженцев после их высадки на постоянное место, позволяет проводить посадку в течение всего периода вегетации, механизировать производственные процессы. Выращивают саженцы в полиэтиленовых пакетах, заполненных питательной смесью (около 3 кг) состоящей из дерновой земли, речного песка и перегноя в отношении 1:1:1 или из торфа и песка в отношении 2:1. В почву вносят минеральные, а при необходимости и известковые удобрения, доводя рН до 6,0–6,4. На дне пакета делают отверстия диаметром 10–15 мм для отвода избыточной влаги. Подготовленные к посадке пакеты устанавливают в питомнике или пленочных теплицах. Уход за растениями в пакетах заключается в поливах, борьбе с сорняками, вредителями и болезнями, в подкормках растворами минеральных удобрений. После того как черенки и побеги укоренятся, а высота надземной части достигнет 15-20 см, саженцы можно высаживать на постоянное место.

На открытых участках посадку черенков и этиолированных побегов проводят рано весной, в период обрезки и рамовки хмеля. Черенки рекомендуется сажать так, чтобы верхний срез находился над поверхностью субстрата не выше 5 см, а этиолированные побеги длиной 5-10 см — не выше 0,5-1,0 см. Вырезанные при рамовке зеленые побеги, имеющие длину надземной части до 15 см, рекомендуется сажать на всю глубину подземной части побега.

В пленочных теплицах, особенно при обогреве, посадку черенков можно начинать за 20–30 дней до начала полевых работ на хмельниках. В качестве посадочного материала используют черенки от осенней обрезки, которые зимой сохраняют в хранилищах или траншеях [76, 217, 334].

Значительно повышает коэффициент размножения использование корневищных черенков. Техника вырезки черенков из корневищ такая же, как и при их вырезке из подземных частей однолетних стеблей. Растения хмеля, выросшие из корневищных черенков, отличаются хорошим развитием. Увеличению выхода корневищ способствует ранневесеннее окучивание побегов.

Этиолированные побеги, или ростки (выросшие в почве в темноте и лишенные хлорофилла), а также уже взошедшие небольшие зеленые побеги давно используют селекционеры для ускоренного размножения новых сортов хмеля. С этой целью такие побеги стали широко использовать и в производственных условиях. Эффективность их укоренения резко повышается в пленочных теплицах и пленочных тоннельных укрытиях.

Ростки и зеленые побеги имеют укороченные междоузлия. На узлах побегов находятся пазушные почки. Нижняя (базальная) этиолированная часть побегов богата питательными веществами, поэтому они во влажной среде легко укореняются. Важно, чтобы ростки не были слишком малы и обязательно имели верхушечную точку роста, а зеленые побеги не были очень длинными. Ростки (этиолированные побеги) и зеленые побеги хмеля должны быть в состоянии тургора, без переломов, вмятин и размочаленных нижних концов. У ростков должна обязательно быть верхушечная точка роста. У побегов этиолированная часть должна быть длиннее или равна зеленой части, допуска-

ется не более одной пары распутившихся листьев. Оптимальная длина ростка должна быть 6-10 см, длина побега 8-15 см, а диаметр ростка не менее 5 мм [198].

Заготавливают этиолированные побеги в период весенней обрезки главных корневищ, а зеленые побеги частично в этот же период, но в, основном, во время рамовки хмеля. Нужно учитывать, что на производственных хмельниках, в процессе обрезки главных корневищ хмеля, много этиолированных побегов непроизвольно обламывается, а в период рамовки все зеленые побеги (кроме небольшого числа оставленных для роста) удаляются; если такие побеги не использованы для размножения, то они пропадают.

Для зеленого черенкования можно использовать как основные, так и боковые побеги. Лучшее укоренение отмечается при интенсивном их росте, что связано с оптимальным анатомо-морфологическим состоянием тканей побегов. В начальный же период роста, когда ксилема еще слабо развита (образование третьей пары листьев), а также в период ослабления и прекращения ростовых процессов укореняемость побегов хмеля значительно ниже. Лучшая укореняемость зеленых черенков с основных побегов отмечена при взятии их на высоте до 100–150 см, а с боковых побегов — с нижнего яруса кроны растения. Это совпадает с проведением технологических операций по удалению части основных побегов при заводке их на поддержки, а также с проведением операций по удалению выросшей поросли у основания заведенных на поддержки, побегов. С одного растения заготавливают более 200 черенков [111, 278].

Зеленые черенки хмеля хорошо укореняются в условиях достаточного увлажнения, когда на поверхности листьев постоянно держится водная пленка. Такие условия создают специальными туманообразующими установками, дающими тончайший распыл воды. Оптимальная среднесуточная температура в период укоренения 23°C (максимальная — 33°C, минимальная — 16°C). Такие условия влажности и температуры создаются в необогреваемой пленочной теплице с искусственным туманом, У высаженных в пленочной теплице с искусственным туманом зеленых черенков хмеля на 3–5-й день после посадки происходит осветление ткани черенка, на 5–7-й день из пробудившихся почек на-

чинается рост побегов, а на 9–11-й день образуются придаточные корни. Через 2–3 недели (в прохладное время этот период удлиняется) зеленые черенки хорошо укореняются, образуя достаточно развитую корневую систему [112, 275, 279, 353].

Хмель отличается высокой способностью к регенерации (восстановлению). В теплицах с искусственным туманом зеленые черенки можно укоренять в течение всего периода вегетации при одинаково высоком (92–96%) укоренении [9, 10].

В практике получения саженцев хмеля широкое распространение получил способ укоренения ростков и зеленых черенков в пленочных укрытиях тоннельного типа без использования установок искусственного тумана. Этот способ хорошо дополняет рассмотренную выше технологию укоренения зеленых черенков, расширяет возможность применения метода зеленого черенкования практически в любом хмелеводческом хозяйстве. Он не требует той материально-технической оснащенности, которая необходима для установок искусственного тумана. Для укоренения в тоннельных пленочных укрытиях зеленые черенки высаживают в заранее подготовленные гряды с расстоянием между рядами 20–30 см и между черенками в ряду – 5–7 см. После высадки черенков гряды обильно поливают, ставят каркас тоннельного укрытия и укрывают пленкой. На проволочный каркас натягивают светопроницаемую пленку шириной 3 м. Закрепляют пленку кольями и шпагатом, а ее края присыпают землей. Между тоннелями оставляют дорожки шириной 1 м. После высадки черенков при жаркой погоде рекомендуется в первые 5–6 дней пленку вверх притенять, во избежание ожогов листьев. При необходимости проводят полив и проветривание. После укоренения, которое длится 2–3 недели, при теплой погоде пленку снимают. Уход за укоренившимися черенками в дальнейшем состоит из поливов, рыхлений, подкормки, прополки и обработки против вредителей и болезней. При отрастании укоренившихся растений их заводят на подпорки [275, 276].

Наиболее полно можно реализовать потенциал бесполого размножения хмеля путем микроклонального размножения. Меристемы помещают в стерильные условия на подобранную для каждого вида растений и его сортов питательную среду, культивируют при высокой интенсивности освещения и оптимальной для

роста температуре (25–27°C). Выросшие в пробирках растения можно расчеренковать и вырастить из зеленых черенков на питательных средах новые растения [67, 104, 105 344].

Рассмотренные методы позволяют ускорить размножение новых ценных сортов хмеля.

По внешнему виду полученные саженцы должны быть без механических повреждений, не поврежденные вредителями и не пораженные болезнями. Не допускаются заплесневение, подсыхание основных корней, вымокание и подмерзание коры и камбия. Высота среза стеблей должна быть 15–20 см. Число основных корней у саженцев должно быть не менее 3, длина корней 12–25 см; диаметр основных корней не менее 2 мм; масса саженцев не менее 35 г [213, 275].

#### **4.4. Посадка хмеля**

Как уже отмечалось, посадку хмеля лучше проводить саженцами, но можно использовать и черенки. Важно, чтобы была сформирована оптимальная густота посадки растений.

Как показали наши исследования, в почвенно-климатических условиях Беларуси, как и во многих других европейских странах, лучший срок посадки саженцев — осень, что обеспечивает высокую приживаемость саженцев, их интенсивный рост и последующее развитие растений, а также раннее вступление их в период товарного плодоношения. Растения осенней посадки значительно опережают в росте саженцы, посаженные весной, больше накапливают органической массы и урожайнее. Однолетние саженцы, посаженные осенью, приживаются практически все, а весной рано трогаются в рост.

Установлено, что весенняя посадка хмеля в Беларуси также дает неплохие результаты, однако такие растения несколько хуже развиваются по сравнению с осенней посадкой хмеля саженцами. Срок оптимальной посадки хмеля весной значительно короче, чем осенью, причем саженцы нередко прорастают до начала их высадки и хуже приживаются. Особенно плохо приживается хмель при поздних сроках весенней посадки, так как ухудшается качество посадочного материала и пересыхает почва. Из-за низкой приживаемости хмеля весенних сроков посадки нередко

происходит списание больших площадей новых посадок хмеля [108, 270].

Исследования показали, что оптимальной схемой посадки хмеля в почвенно-климатических условиях Беларуси для наиболее распространенного сорта Hallertauer Magnum является схема 3,0x1,5 м. [159]. Укорененные саженцы высаживают в ниши размером 50x50x50 см. В некоторых странах используют механические ямокопатели. При посадке на дно углубления насыпают конус плодородной земли высотой 30 см, взятой с пахотного горизонта, корни саженцев расправляют равномерно по конусу, присыпают плодородной почвой и уплотняют. Верхушка молодого саженца (почки) должна быть на высоте 15–18 см над поверхностью почвы. После посадки саженцы поливают из расчета 5 л воды в каждую лунку.

В случае высадки весной неукорененных побегов, в углубления 50 см вносят плодородную почву, высаживают по 2 черенка в лунку, оставляя углубления по 5 см вокруг для полива. Верхушечная почка должна располагаться над уровнем почвы [71, 123, 271].

#### **4.5. Уход за хмелем в первый год после посадки**

Уход за молодыми растениями хмеля состоит в проверке приживаемости растений, содержании почвы в рыхлом и чистом от сорняков состоянии, заводке растений на опоры, в поддержании оптимальной влажности почвы, применении удобрений, проведении борьбы с болезнями и вредителями. Всходы хмеля осенних сроков посадки появляются примерно через 7–10 дней после начала весенних работ, а весенних сроков — через 10–14 дней после посадки. С появлением массовых всходов проверяют полноту насаждений хмеля. На хмельнике не должно быть изреженных мест. В местах, где растения не прижились, выкапывают ямки размером 35x35x35 см, в которые и проводят подсадку саженцев. Следует довести полноту насаждений хмеля до 100 %. В течение вегетации почву в междурядьях рыхлят, по мере необходимости, 4–6 раз через 10–14 дней и 2–3 раза в рядах. При засушливых погодных условиях во время весенней посадки и при появлении всходов растения в нежаркое время суток поливают. Когда стебли хмеля достигнут длины 40–50 см, их заводят на поддержки. Если растения

посажены саженцами, то в первый год их оставляют для роста и заводят на поддержки только 4–6 побегов. Если посадка была проведена черенками, то в первый год заводят на поддержки все имеющиеся на растении стебли. Каждый стебель заводят поочередно по ходу солнца или часовой стрелки. Заводку лучше проводить в сухую теплую погоду, когда стебли менее хрупкие и меньше ломаются. При заводке на опоры растения окучивают на высоту 5–10 см. Когда растения достигнут 1,5–2 и 4–4,5 м в высоту, их еще два раза окучивают плугом-рыхлителем или дисковыми орудиями. Перед окучиванием или во время проведения первого окучивания растения подкармливают минеральными удобрениями. Чтобы не повредить молодые растения при окучивании, защитная полоса от рабочих органов до растений должна быть 25–30 см. Высота гребня при втором окучивании должна составлять 10–15 см, при последующем — 25–30 см. В период вегетации поправляют отклонившиеся от поддержек стебли. При необходимости проводят защиту растений от вредителей и болезней. Осенью на молодом хмельнике срезка стеблей на молодых растениях в период уборки не допускается. Стебли же должны быть оставлены на растении, чтобы в послеуборочный период произошел отток пластических веществ в запасные подземные органы, что окажет положительное влияние на урожай следующего года. В первый год при правильном уходе за растениями можно получить до 5 ц/га шишек. Сбор урожая в первый год лучше всего выполнять вручную [55, 123, 313].

## **5. Агротехнические мероприятия по уходу за плодоносящей плантацией хмеля**

При возделывании хмеля можно выделить следующие основные этапы проведения полевых работ:

1. Весенние работы (март–май), включающие весенне-полевые работы на хмельнике (рыхление почвы и ее выравнивание), дополнительное внесение минеральных (азотных) удобрений, а также обработку почвы и уход за растениями (обрезка корневищ, закрепление шпалер и направление или заводка по ним растений).

2. Работы в летний период, включающие удаление нижних листьев и боковых побегов (пасынкование), обрезку верхушек боковых побегов и рыхление почвы.

3. Полевые работы, проводимые после уборки хмеля (сентябрь–октябрь), заключающиеся в очистке поля от послеуборочных остатков и в подготовке плантации к зиме. Учитывая тот факт, что хмель выносит с отчуждаемой листовой массой, стеблями и урожаем шишек большое количество элементов питания, необходимо восстановить плодородие почвы. Это лучший период для устранения отрицательного баланса элементов минерального питания и восстановления плодородия почвы с помощью удобрений (минеральных, органических и особенно известковых). Этот период является оптимальным для проведения обработки почвы (пахота, культивация и, особенно, щелевание почвы), что способствует восстановлению ее структуры. Иногда в это время проводится и обрезка корневищ.

Кроме перечисленных выше видов полевых работ, процесс производства хмеля требует и выполнения целого ряда технических работ, таких как ремонт несущих конструкций, пригото-

ление шпалер (поддержек для растений), осмотр и ремонт техники [41, 217, 250, 313].

## **5.1. Весенние полевые работы на хмельнике**

### **5.1.1. Весенняя обработка почвы**

Весенние работы начинаются с обработки почвы, целью которой является выравнивание поверхности и рыхления для ограничения бесполезного испарения воды из почвы.

На более тяжелых по гранулометрическому составу почвах, при снижении их влажности, позволяющей выход в поле техники, но не допускающей еще использования борон, для выравнивания почвы целесообразно применять волокуши (по диагонали относительно направления рядов хмеля) с последующим боронованием, которое на легких почвах выполняется вначале.

Если на зиму ряды растений не были припаханы, достаточно использовать средние бороны, а в случае формирования с осени на рядах хмеля гребней почвы целесообразно применить тяжелые бороны, которые лучше выравнивают поверхность поля, убирая лишнюю землю над корневищами. Корневища с осени должны быть прикрыты слоем почвы не более 10 см. Иногда для разокучивания рядов используется дисковая борона для хмеля, которая сгребает почву с рядов двигаясь вдоль междурядий (рис. 2) [35].

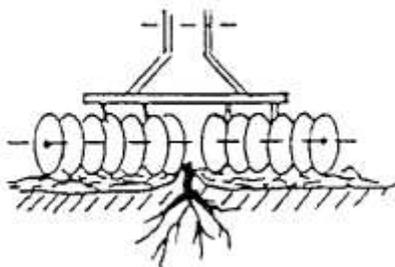


Рисунок 2 – Схема разокучивания рядов хмеля дисковой бороной

### **5.1.2. Обрезка корневищ хмеля**

При достижении почвой оптимальной влажности проводится обрезка корневищ. Правильная обрезка стимулирует ветвле-

ние почек и увеличение их количества на главном корневище хмеля. Этот важный агротехнический прием обеспечивает нормальное функционирование, долголетие и высокую продуктивность хмеля. Обрезка главных корневищ заключается в удалении отплодоносивших однолетних стеблей и боковых корневищ, отходящих от куста, с целью регулирования числа и места образования побегов, правильного формирования главного корневища и поддержания его на заданной глубине.

**Суть (цель) обрезки корневищ хмеля состоит в следующем:**

- отделение от корневища однолетних побегов, а также подземных побегов, так называемых «волчков»;
- формирование корневищ;
- обрезка и удаление побегов, пораженных болезнетворными грибами;
- частичное регулирование сроков отрастания побегов путем использования разных сроков обрезки, а также путем применения различной толщины слоя земли, прикрывающей корневище.

Необрезанные корневища «дичают» и формируют наружные корни (т.е. «волчки») в верхнем слое почвы. Эти корни уничтожаются в процессе обработки, но только в междурядьях.

Раньше, традиционно, раскрытие корневищ проводилось путем раскапывания вручную лопатой или мотыгой. Это трудоемкий и тяжелый процесс [41, 123, 217, 313].

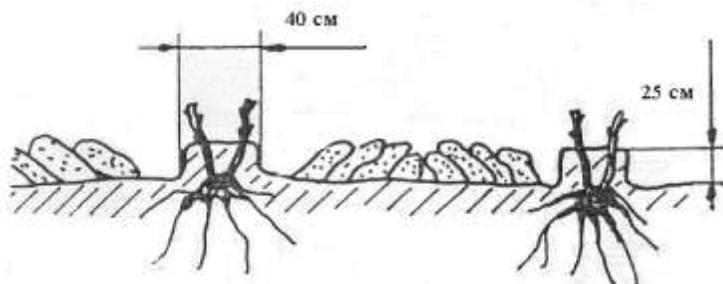


Рисунок 3 – Схема распахки рядов хмеля

С целью раскрытия корневищ проводится двусторонняя распашка рядов на глубину около 15 см, оставляя над корневищами нетронутую почву (рис. 3).

Распахивание корневищ можно провести при помощи обычного плуга, однако лучше использовать для этого специальный двусторонний плуг, который откидывает землю одновременно с обеих сторон ряда (рис. 4). Во избежание выпаживания корневищ рекомендуется отрезать конец лемеха.

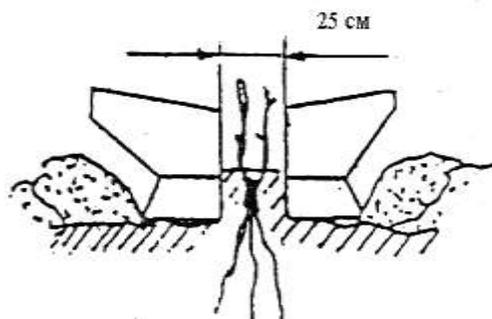


Рисунок 4 – Схема работы двустороннего плуга

При использовании лемешного плуга оставшаяся почва над корневищами должна иметь ширину не менее 25 см, чтобы проход орудия вблизи от корневой системы не мог привести к повреждению и вырыванию корневищ.

В последующем механизация процесса обрезки корневищ исключила потребность предварительного их раскрытия. Соблюдение оптимальных сроков обрезки оказывает большое влияние на развитие растений в процессе их вегетации. Срок обрезки тесно связан с погодными условиями. Этот процесс выполняется, чаще всего весной, в период, когда из корневищ пробиваются на поверхность земли первые побеги [217, 250]. В почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси наиболее оптимальным является период с 5 по 15 апреля. Во многом это определяется особенностями сортов, гранулометрическим составом почвы и погодными условиями года. В некоторых случаях обрезку можно выполнять и осенью (с середины октября).

В этот период ее целесообразно проводить в тех районах, где весна начинается позже, а в конце апреля и начале мая еще отмечаются заморозки. Это может привести к гибели ранних проростков, к чему весьма чувствительны некоторые сорта хмеля (например, «Маринка»). Если сроки обрезки затягиваются, то лучше в этом году их не проводить. Однако, в следующем году сделать это необходимо качественно и своевременно (рис. 5) [156, 171].

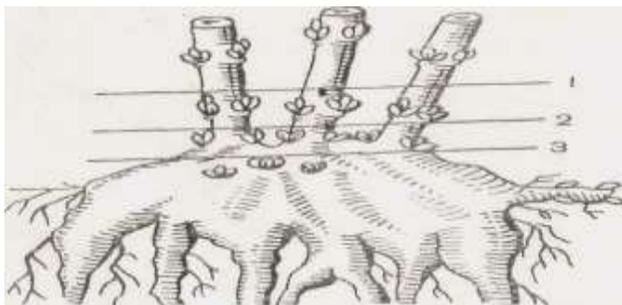


Рисунок 5 – Высота обрезки корневищ хмеля  
(1 – высокая, 2 – средняя, 3 - низкая).

Ручная обрезка корневищ выполняется с помощью острого орудия (ножа, мотыги, укороченной косы и т.д.) путем отрезания однолетних побегов у границы корневищ (старого дерева) таким образом, чтобы на нем оставалась одна мутовка почек (рис. 5, средняя обрезка – 2). После первого года вегетации выполняется обрезка с так называемой «надставкой» с одной дополнительной мутовкой (глазками) (рис. 5, верхняя обрезка – 1) [217, 264, 265, 266].

Механическая обрезка корневищ технологически проста и позволяет заметно сократить затраты труда на это мероприятие. Выполняется она путем проведения плоского среза верхней части корневища с однолетними побегами вместе с верхним слоем земли вокруг него (рис. 6). Метод механической обрезки корневищ широко используется во многих странах мира и не отмечено его отрицательного влияния на количество и качество урожая. Для механической обрезки корневищ служат специальные ма-

шины, так называемые обрезчики корневищ. Их закрепляют на навеске трактора и приводят в движение с помощью вала отбора мощности (ВОМ). Рабочими органами являются вращающиеся диски, находящиеся на глубине около 8 см ниже поверхности почвы во время движения трактора. Они подрезают оставшуюся в рядах растений почву с однолетними побегами в верхней части корневища. Новейшие обрезчики имеют гидравлический привод и крепятся сбоку трактора перед кабиной. Это упрощает наблюдение за работой, а также позволяет регулировать направление и глубину обрезки. Производительность обрезчиков составляет 0,3-0,4 га/час [313, 323].

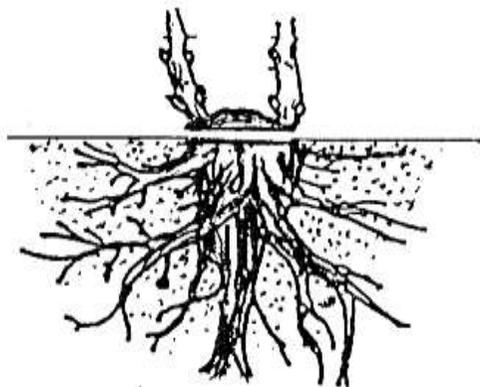


Рис. 6 – Схема механической обрезки корневищ

**Основные условия проведения правильной обрезки корневищ:**

- выравнивание междурядий;
- прямые ряды (отклонение  $\pm 10$  см);
- равномерность залегания (глубина) корневищ ( $\pm 5$  см);
- соответствующий тип и высокое качество техники;
- оптимальная рабочая скорость обрезающего агрегата, которая не должна превышать 3 км/ч;
- правильная распашка рядов (ширина оставшейся у корневищ почвы не должна превышать более 20 см) [192].

Однако, применение техники для обрезки корневищ не препятствует разрастанию корневой системы вдоль рядов растений. В этом заключается отрицательная сторона такой технологии. Поэтому в Германии применяются специальные активные дисковые ножи, которые, опустившись над корневищем и вращаясь вокруг него, обрезают все проростки по кругу. После 3–4 летней механической обрезки рекомендуется проводить обрезку ручную с целью правильного формирования корневища. По окончании обрезки и после уборки обрезанных частей следует прикрыть корневища слоем земли в 4–6 см.

### **5.1.3. Закрепление поддержек для побегов хмеля**

Хмель, как любое вьющееся растение, должен во время роста вверх обвивать опоры (поддержки или проводники). Введение конструкции из проволоки в форме сетки, прикрепленной к постоянным опорным столбам, дало возможность использовать в качестве проводников растений стальную проволоку.

В некоторых странах применяются поддержки из полипропиленового шпагата, скрученного с льняным волокном. Это увеличивает шероховатость поверхности шпагата и исключает сползание растений [269].

В хмелеводческих хозяйствах Беларуси используются поддержки из тонкой проволоки, которые соединяются с верхней сеткой с помощью петли из полиэтиленового шпагата. К концу вегетации полипропиленовый шпагат частично разрушается под воздействием солнца и осадков, а к периоду уборки, при определенном усилии, обрывается. На весь период вегетации его прочности хватает для поддержки мощных растений хмеля [33, 34].

Системы закрепления поддержек (проводников) могут быть различными. В хозяйствах Беларуси используется V-образная система, позволяющая получить длинные растения при меньшей высоте несущей сетки. Проводники в ней должны быть наклонены под углом 60–70° к поверхности почвы. Наклонное крепление поддержек является обязательным при применении полипропиленового шпагата, так как его поверхность менее шероховатая, чем проволоки и при вертикальном расположении часто происходит сползание стеблей.

Количество стеблей, заводимых от одного растения (корневища), зависит от сорта хмеля. В почвенно-климатических усло-

виях Беларуси рекомендуется к одному растению подводить 2 поддержки, на которые направляются по 3 стебля хмеля.

Для крепления поддержек без крючков обязательным является использование хмелевой вышки в сцепке с трактором. Находящиеся на вышке рабочие привязывают концы шпагата или крепящуюся шпагатную петлю к верхней натяжной линии конструкции. Во время движения поддержки свисают из трубы до момента их закрепления.

Свисающие концы навешенных поддержек из проволоки на их нижних концах закручиваются в виде розетки или «бабочки». Для вжатия этих элементов в почву используют специальный «заглубитель». Розетка закручивается на таком расстоянии, чтобы она могла углубиться в почву на 20–30 см.

#### **5.1.4. Направление (заводка) растений на поддержки**

Целью этой операции является отбор лучших и наиболее подходящих побегов и заводка их на поддержки. Стеблем обвивают поддержки, начиная от ее основания, как можно более мелкими витками в направлении по часовой стрелке (по ходу движения солнца). Это мероприятие называется заводкой стеблей на поддержки. Эта операция выполняется тогда, когда выбранные побеги достигнут длины около 50–60 см. Более поздняя заводка трудновыполнима вследствие переплетения побегов, что часто приводит к их ломке, а кроме того, в дальнейшем негативно влияет и на развитие растений.

Сроки заводки зависят, в основном, от погодных условий после обрезки корневищ. На основании проведенных наблюдений на хмельнике расположенном в УО СПК «Путришки» Гродненского района следует, что растения, заводимые в ранние сроки (до 5 мая) характеризовались активным ростом и мощной листовой массой. Более позднее выполнение этой операции (после 25 мая) замедляло рост растений. Они позже дорастали до основной сетки, шишки у них формировались более мелкие и позже созревали. Рекомендуется в условиях Беларуси заводку побегов на поддержки начинать с более поздних сортов хмеля.

Для заводки выбираются 6 средних побегов, отрастающих от нижней части корневища, а остальные удаляются. Эти побеги, в основном, более короткие и менее развиты. Не рекомендуется

использовать для заводки побеги, отрастающие от верхушки корневища. Они обычно более длинные и ломкие. При проведении заводки следует быть осторожным, чтобы не сломать побег или его верхушку. Проводя заводку побегов на поддержки, особенно, если они ослабленные, следует оставить запасные для возможной замены поврежденных. Организация труда при проведении этой операции должна обеспечить заводку растений на всей плантации в течение 5 дней. Эту работу лучше выполнять тогда, когда количество воды в клетках наименьшее, т.е. не с раннего утра или сразу после дождя, а в промежутке от 12.00 до 18.00 часов [170].

В течение двухнедельного срока после начала заводки следует провести исправительную заводку. Ее цель – дополнить на подержках недостающие побеги (из оставленного резерва), направить отклоняющиеся верхушки к подержкам, а также удалить лишние побеги, оставленные для страховки при проведении исправительной заводки [67, 70].

В период вегетации растений, в основном в результате сильных ветров, иногда происходит отклонение верхушек от подержек (проводников). Это приводит к задержке роста растений и образованию так называемых «гнезд» на подержках. Для недопущения этого периодически, особенно после ветров, следует контролировать состояние плантации и поправлять побеги хмеля. Если верхушка обломалась или повреждена, на подержку-проводник нужно наложить вышерасположенный боковой побег, который принимает роль главного побега [139].

**Внимание!** Заводка побегов хмеля – одна из самых важных технических операций. От ее своевременного и правильного исполнения зависит урожайность и долговечность плантации. Очень важно избегать нехватки стеблей на отдельных подержках-проводниках. Если такая нехватка превышает 3%, то урожай шишек значительно снижается [186, 313].

### **5.1.5. Густота посадки и площадь питания**

Продуктивность хмеля во многом зависит от количества стеблей и способов их заводки на поддержки, которые применяются в зависимости от схемы посадки и площади питания. При изреженной посадке отмечается недобор урожая вследствие

нерационального использования площади питания и солнечной радиации. Загущенная посадка приводит к снижению урожая, уменьшению массы 100 шишек и их качественных показателей, в первую очередь, содержания в них  $\alpha$ -кислот [34, 69, 70, 142, 143, 144, 217, 250, 268].

Установлено, что для получения максимальной продуктивности горьких сортов хмеля Hallertauer Magnum и Marynka в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком, рекомендуется схема посадки растений 3,0 x 1,50 м (2200 растений/га) с заводкой 6 стеблей на 2 поддержки на 1 растение [159].

## **5.2. Работы в летний период**

### **5.2.1. Обработка почвы в междурядьях**

Задача обработки почвы в междурядьях в период вегетации заключается в необходимости рыхления верхнего слоя почвы для предотвращения потерь влаги и заделки вносимых азотных удобрений, борьбы с сорняками, а также формирования вдоль рядов гребней, улучшающих развитие появляющихся корней. Рыхление почвы в междурядьях может производиться культиватором, мелкой неглубокой вспашкой лемешным плугом или обработкой дисковой бороной для хмеля на глубину не более 8 см. Рыхления почвы в междурядьях можно производить роторной бороной [82].

Наши исследования показали, что рыхление почвы нужно начинать непосредственно после заводки растений на поддержки и следует заканчивать к концу июня или в первых числах июля (после достижения растениями высоты поддерживающей сетки, перед цветением), чтобы исключить повреждение придаточных корней хмеля, которые в этот период разрастаются по междурядьям.

Формирование гребней вдоль рядов растений (окучивания) обычно проводятся дважды за вегетацию. Первый раз – при высоте растений не менее 2 м, чтобы они не повреждались, второй – при высоте 4–4,5 м. Их лучше всего выполнять, применяя дисковую борону для хмеля с большими боковыми дисками. Во время движения со скоростью около 8 км/ч она перемещает поч-

ву с междурядий в направлении рядов хмеля, прикрывая сорняки и образуя гребни почвы вдоль рядов растений [277].

Следует учитывать, что использование сельскохозяйственных машин для обработки почвы без учета биологических особенностей хмеля при проведении междурядных обработок и во время окучивания рядов может вызвать снижение урожая. Серьезные повреждения после цветения растений могут вызвать рабочие органы культиватора или лемешного плуга. Неглубокое (до 8 см) действие рабочих органов не вызывает серьезных повреждений придаточных корней. Перечисленные обработки проводятся 3-4 раза в период вегетации растений: непосредственно после внесения минеральных удобрений, во время заделки зеленых удобрений, а также после проливных дождей, в случае образования корки. Новым способом уничтожения сорняков в конце вегетации растений является их скашивание роторным устройством, оснащенным эластичными ножами. Оно аккуратно уничтожает стебли сорняков, не повреждая, при этом, одревесневших стеблей хмеля. Это же устройство, установленное под определенным углом, может использоваться и для удаления лишних побегов и листьев [217, 313, 323].

### **5.2.2. Пасынкование растений**

Когда растения хмеля достигнут высоты более 5 м, целесообразно удалить у них побеги и листья на высоте до 60 см от поверхности почвы. Эти побеги затенены и не плодоносят, но в то же время потребляют элементы питания и мешают проведению работ по уходу. Их удаление («пасынкование») улучшает воздухообмен на плантации, что ограничивает развитие грибных болезней и распространение паутинного клеща. Исследования, проведенные в УО СПК «Путришки» Гродненского района, показали, что оптимальная высота пасынкования для сорта хмеля Hallertauer Magnum составляет 60–80 см, а для сорта Marynka – не более 60 см. [170]. Применяемое в Польше и Германии «высокое пасынкование» (до 120 см) нельзя назвать более эффективным применительно к почвенно-климатическим условиям Беларуси, т. к. требует больших затрат труда и не имеет особых преимуществ по воздухообмену между растениями в связи с достаточно широкими междурядьями (3 м) [217].

Удаление ненужных нижних побегов и листьев в настоящее время выполняется вручную, обрезкой их острым ножом или ножницами. Практический опыт в хмелеводческих хозяйствах Беларуси показал, что не следует обрывать эти части растений, т.к. появляются разрывы тканей и происходит травмирование поверхностной ткани.

Пасынкование можно также провести и химическим способом, опрыскивая дефолиантом (чаще реглоном в концентрации 0,4%) в период начала одревенения стеблей в нижней части хмеля. Используемый для этих целей опрыскиватель должен быть оборудован так называемой «садовой рамой» с распылителями, позволяющими регулировать направление опрыскивания. Их нужно установить таким образом, чтобы область действия раствора не превышала 60–70 см высоты растения. В результате обработки происходит засыхание листьев на нижних частях стебля.

Существуют также механические способы ликвидации лишних побегов и листьев хмеля. Для этой цели служат агрегаты, прикрепляющиеся сбоку трактора. На наклонном вращающемся барабане помещаются куски мягких веревок. Во время вращения барабана они выпрямляются под действием вращающей силы и ударяют по листьям и побегам, ломая их и не вызывая при этом повреждения стеблей хмеля. Однако, не следует применять такую обработку в первый и второй годы жизни растений, а также на плантациях, пораженных вирусными болезнями [313, 323].

### **5.2.3. Обрезка боковых побегов**

С целью ускорения роста боковых побегов второго порядка в некоторых странах используется обрезка их верхушек. Это позволяет концам побегов разветвляться, а кроме того, предотвращает переплетение побегов над междурядьями. Выполняется этот прием в период их роста, но перед цветением, путем обрезки верхушек побегов [250, 348].

Используются соответствующие машины, навешиваемые на трактор, где срезающим устройством являются вращающиеся, выпрямляющиеся под действием центробежной силы, веревки.

Обрезка верхушек побегов может проводиться специальными ножами, прикрепленными к вращающемуся диску.

Полевые исследования, проведенные в УО СПК «Путришки» Гродненского района показали, что использование этого агроприема приводит к увеличению урожая, однако требует тщательного и своевременного его выполнения [170].

### **5.3. Полевые работы после уборки хмеля**

Полевые работы, проводимые после уборки хмеля (сентябрь-октябрь), заключаются в очистке поля от послеуборочных остатков и в подготовке плантации к зиме.

Рассмотрим последовательно эти вопросы. В процессе уборки шишек нижнюю часть стеблей (около 70 см) оставляют на корню до естественного отмирания. При этом пластические вещества из стеблей передвигаются в корневую систему и откладываются в главных корнях. Через 4-6 недель после уборки (во 2-3 декаде октября), когда хмель заканчивает вегетацию и входит в период зимнего покоя, остатки засохших побегов следует обрезать на высоте 20-25 см и сжечь вместе с растительным мусором. Непосредственно после уборки хмеля поверхность почвы на плантации уплотнена, покрыта коркой, часто засорена сорняками. В это время следует проводить обработку почвы для заделки органических удобрений, выравнивания ее поверхности и улучшения структуры [313, 323].

Во второй декаде октября следует внести органические и минеральные (фосфорные и калийные) удобрения в междурядья с последующей их заделкой дисками или плугом.

Одной из наиболее важных операций при возделывании хмеля является пахота на зиму. Основная ее цель – заделать минеральные, органические удобрения, сидеральные культуры, в том числе и сорняки, а также известковые удобрения, и улучшить физические свойства почвы. Это способствует активизации в ней химических и микробиологических процессов, обеспечивает сильное развитие корневой системы растений хмеля, что

является одним из главных факторов его высокого урожая в следующем году (рис. 7).

Пахота на зиму проводится на глубину 15–20 см плугами общего назначения. В некоторых странах для этого используют многокорпусные специальные плуги (хмелеводческие), позволяющие одновременно проводить обработку всего междурядья. Пахота всвал к середине междурядья выполняется на старых плантациях хмеля, особенно на тяжелых почвах [299].

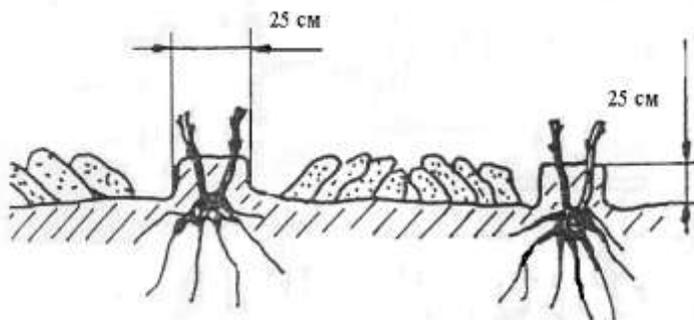


Рисунок 7 – Схема вспашки всвал к середине междурядья

Вспашку междурядий всвал к рядам хмеля и с развальной бороздой посередине ряда лучше применять на легких почвах, а также на плантациях в возрасте 1–3 года и на почвах, плохо пропускающих воду, на которых зимой и весной может застаиваться вода (рис. 8).

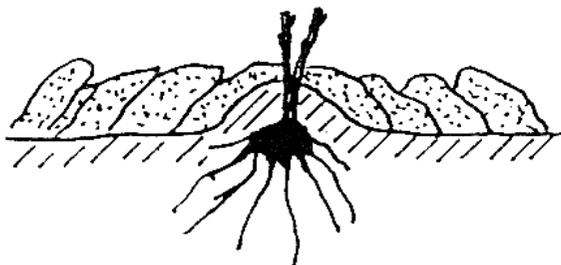


Рисунок 8 – Схема припахивания (всвал) рядов хмеля

Припахивание почвы к рядам хмеля приводит к запаздыванию появления всходов весной.

Относительно новым мероприятием по уходу в осенний послеуборочный период, которое рекомендуется на тяжелых связных почвах для их разуплотнения, является глубокое безотвальное рыхление междурядий. Такая обработка ведет к разуплотнению почвы, улучшает ее физические свойства, а также воздухообмен, что, в свою очередь, положительно влияет на биологические и физические процессы, протекающие в почве (рис. 9).

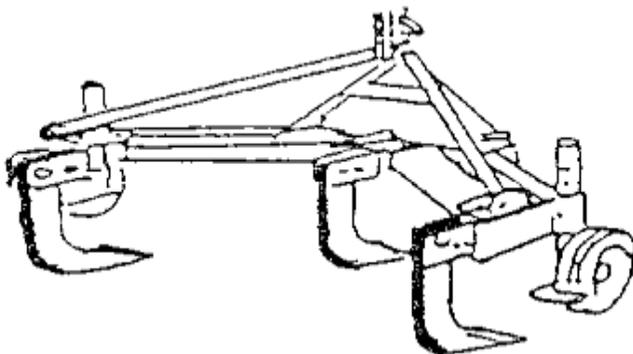


Рисунок 9 – Рыхлитель почвы в междурядьях хмеля

Глубокое рыхление почвы можно проводить только осенью, но не чаще, чем через 3 года на тяжелых почвах, или через 5 лет на более легких, если не вносятся органические удобрения. Глубина такого рыхления должна составлять, как минимум, 30–40 см, а при благоприятных почвенных условиях даже до 50–60 см. Такую обработку лучше всего проводить трехзубчатым разрыхлителем почвы. При этом следует сохранять расстояние прохода крайних зубов от центра не менее, чем 50 см (рис. 10).

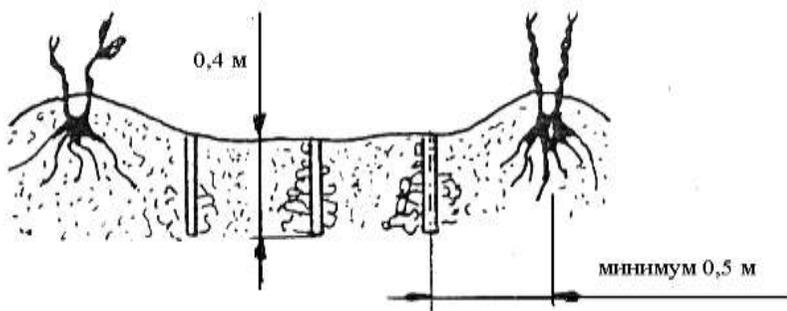


Рисунок 10 – Схема глубокого рыхления почвы в междурядьях хмеля

Глубокое рыхление почвы – очень энергоемкий процесс, требующий использования мощных гусеничных тракторов. Считается, что на 1 см глубины рыхления нужно 0,76 КВт мощности трактора. В связи с большим тягловым усилием обязательным является выполнение этой операции при условии, ограничивающем скольжение колес или гусениц трактора, т.е. при сухой поверхности почвы и, одновременно, при соответствующей оптимальной влажности ее внутреннего слоя (рис. 10) [35, 217, 313, 322, 323].

## **6. Система удобрения хмеля**

### **6.1. Особенности применения удобрений при возделывании хмеля**

Важнейшей проблемой в системе удобрения хмеля, как и других культур, является определение оптимальных доз элементов минерального питания, поступающих в почву с органическими и минеральными удобрениями, которые делятся на макро- и микроэлементы. Дозы вносимых удобрений зависят от многих факторов и, в первую очередь, от содержания в почве подвижных форм элементов минерального питания [1, 2, 118, 121].

Хмель относится к группе растений, потребляющих большое количество элементов минерального питания. Высокая требовательность хмеля к условиям минерального питания вызывает необходимость применения повышенных доз органических и минеральных удобрений. При этом следует учитывать бессменное возделывание хмеля на плантации, полное отчуждение всей вегетативной массы растения, высокий темп роста растений и активное потребление ими элементов питания и ряд других факторов. Установлено, что ежегодно с урожаем в 20 ц/га шишек и соответствующим количеством зеленой массы с 1 га хмельника выносятся, в зависимости от сорта и плодородия почвы, 140–160

кг азота, 40–50 кг  $P_2O_5$ , 150–170 кг  $K_2O$ , 35–45 кг  $MgO$  и 180–200 кг  $CaO$  [302].

Известно, что почва характеризуется определенным уровнем плодородия. Важнейшей задачей научно-обоснованной системы удобрений является возвращение в почву элементов минерального питания, выносимых с урожаем и повышение плодородия почвы, если оно не достаточное для получения максимальной продуктивности растений [120]. Следует учитывать, что минеральные элементы, вносимые с удобрениями, полностью не используются. Так, азот в среднем потребляется на 70%, фосфор – на 25%, а калий – на 90% от вносимого в почву их количества [346]. Причем, эти показатели могут колебаться в зависимости от сроков внесения удобрений, их форм, плодородия почвы, ее гранулометрического состава, влажности, обеспеченности ее макро- и микроэлементами, сортовых особенностей хмеля, развития болезней, вредителей и многих других факторов. Поэтому задача агронома–хмелевода заключается в том, чтобы учесть эти многочисленные факторы и создать оптимальные условия минерального питания хмеля для получения его максимальной продуктивности с учетом конкретных почвенно-климатических условий. При расчетах доз вносимых удобрений следует учитывать необходимость внесения соответствующих элементов питания в количествах не менее величины их выноса с соответствующим урожаем хмеля. Так, количество азота, необходимое для формирования урожая 20 ц/га шишек хмеля, составляет около 200 кг [313, 323]. Данные цифры говорят о том, что потребность хмеля в элементах минерального питания и, в частности в азоте, приближается к потребности высокоинтенсивных сельскохозяйственных культур.

На ранних этапах роста и развития растения хмеля больше всего нуждаются в фосфоре, хотя в этот период они поглощают его меньше, чем в последующие фазы вегетации. После образования боковых ветвей интенсивность поглощения питательных веществ возрастает более, чем вдвое, и остается высокой до начала формирования шишек. Наибольшая потребность хмеля в питательных веществах отмечается перед цветением и во время цветения, поэтому в этот период необходимы подкормки хмеля [40, 330].

С наступлением технической спелости шишек начинается отток питательных веществ в корни растений. При этом от максимального количества потребляемых элементов надземной частью в корневую систему уходит около 25% азота, 15% – калия, и 20% – фосфора. При машинной уборке хмеля следует учитывать процесс оттока питательных веществ из надземной части в корни, регулируя его высотой среза стеблей и усиливая питание растений с помощью удобрений [123, 351].

Одним из важнейших критериев потенциальной потребности в элементах минерального питания растений является соотношение сухой массы корневой и надземной систем. У зерновых культур это соотношение составляет 1:2,5–3,0, а это означает, что сухая масса корневой системы в 2,5–3,0 раза меньше, чем сухая масса надземной части. У хмеля аналогичное соотношение составляет 1:2,5–4,0 и при этом часть корневой системы является одревесневшей и физиологически неактивной. Поэтому нормы минеральных удобрений должны быть более высокими, чем под другие культуры [313].

Таким образом, удобрения на хмельниках применяют систематически в дозах более высоких, чем на других сельскохозяйственных культурах. Это обязывает ученых и практиков подходить к удобрению плантаций на строго научной основе [350].

При решении вопросов оптимизации минерального питания хмеля, как и других сельскохозяйственных культур, следует учитывать особенности почвенно-климатических факторов и формы вносимых элементов минерального питания. Поэтому необходимо провести полный агрохимический анализ почвы и составить перспективный план применения удобрений на хмельнике [86, 101, 114, 119].

Практический опыт многих европейских стран показывает, что рациональная система минерального питания хмеля требует периодического отбора почвенных проб (раз в три года) для проведения агрохимических анализов. Почвенные образцы следует отбирать на плантации с двух уровней (0–20 см и 20–40 см) почвенным буром. С этой целью выкапывают в почве яму глубиной 40 см и аккуратно сглаживают одну из боковых вертикальных стенок, а затем ложечным буром, движением снизу вверх, отбирают первичные почвенные образцы вначале с глу-

бины 20–40 см, а затем выше – с глубины 0–20 см. Пробы ссыпают в два специальных мешочка, соответствующие глубинам отбора почвенных проб. С плантации размером до 2 га, размещенной на однородной равнинной местности и одной почвенной разности отбирают 30–40 первичных проб, из которых при перемешивании составляют две средних пробы соответственно с разных глубин: одна – с глубины 0–20 см, другая – с глубины 20–40 см. Если плантация превышает 2 га, ее делят на две части, и от каждой отбирают соответствующие первичные пробы. Если плантация размещена на склоне, то независимо от ее размера, необходимо отобрать почвенные первичные образцы отдельно с верхней и с нижней частей склона [203, 313, 323].

Аналогично, следует поступать и с хмельниками расположенными на различных почвенных разностях или неоднородных, с агрономической точки зрения, почвах (внесение различных норм органических и минеральных удобрений, проведение известкования, применение различных приемов агротехники на плантации и др.). Лучшее время отбора проб – это период после уборки урожая – осень [207, 304, 349].

## **6.2. Дозы внесения минеральных удобрений**

Важнейшей проблемой в системе удобрения хмеля является определение оптимальных норм элементов минерального питания, поступающих в почву с органическими и минеральными удобрениями.

Основой рационального применения удобрений на хмельнике должно быть систематическое внесение органических удобрений. Применение органических удобрений остается основой системы удобрения хмельников. На хмельнике это особенно важно, так как эта культура требует многочисленных обработок в процессе вегетации и большая часть мероприятий по уходу за хмелем неблагоприятно и разрушительно сказывается на структуре почвы, а после внесения органических удобрений структура почвы и ее водно-физические и микробиологические свойства заметно улучшаются. Кроме того, ценность органических удобрений состоит и в том, что они содержат в своем составе большое количество макро- и микроэлементов [65, 69, 118, 250]. Анализ навоза показывает, что, в среднем, в его состав входят: N – 0,5%,

$P_2O_5$  – 0,3%,  $K_2O$  – 0,7%,  $CaO$  – 0,5%, и  $MgO$  – 0,19%. С 10 тоннами навоза приблизительно вносится: 50 кг – N, 30 кг –  $P_2O_5$ , 70 кг –  $K_2O$ , 70 кг –  $CaO$  и 20 кг –  $MgO$ . Но не все эти элементы полностью потребляются хмелем, а идут на повышение плодородия почвы [302, 313].

Растения хмеля в различной степени используют элементы минерального питания из органических удобрений после их разложения и минерализации. Для расчетов содержания элементов минерального питания в органических удобрениях используют сравнительный коэффициент перевода. Установлено, что коэффициент усвоения соответствующих элементов хмелем из навоза составляет: для азота – 30,  $P_2O_5$  и  $MgO$  – 100,  $K_2O$  – 90. Таким образом, фосфор, калий и магний, содержащиеся в навозе, действуют с таким же эффектом, как если бы эти элементы вносились с минеральными удобрениями. Исходя из этого, если вносится 30 т навоза среднего качества, то в пересчете на элементы минерального питания соответственно вносится: азота – 45 кг,  $P_2O_5$  – 90 кг,  $K_2O$  – 180-210 кг,  $MgO$  – 57 кг. Эти данные следует использовать как средние, так как содержание отдельных элементов питания в навозе может изменяться в довольно широких пределах (N от 0,04% до 2,99%,  $K_2O$  от 0,06% до 3,42%). Навоз также является важным источником микроэлементов, то есть в 30 т навоза содержится: В – 150 г, Cu – 120 г, Mn – 900 г, Mo – 7 г, Zn – 1300 г [313, 316].

Навоз обеспечивает в первый год прибавку урожая шишек 2,7–5,0 ц/га (в зависимости от дозы навоза и типа почвы) и обладает значительным последствием [214]. Рекомендации НИПТИХ предусматривают дифференциацию доз навоза в зависимости от содержания гумуса в почве: при содержании гумуса до 1% следует вносить навоз ежегодно по 50–60 т/га; при наличии в почве 1–2% гумуса устанавливается доза 40–60 т/га, при 2–3% гумуса она снижается до 30–40 т, а на более гумусных участках — до 20–30 т. Рекомендовано также внесение навоза через год, но в полуторном размере от необходимой ежегодной дозы. Такой прием дает значительную экономию органических удобрений при тех же прибавках урожая хмеля [243, 245]. Недостаток навоза в хозяйствах вынуждает чешских хмелеводов перейти к трехлетнему циклу применения удобрений, где при-

знано целесообразным внесение 60 т/га навоза раз в 3 года вместо ежегодного внесения по 20 т/га. Значительно повышает эффективность невысоких доз навоза локальное его размещение вдоль рядов хмеля в борозды [311]. Рекомендуемый срок внесения органических удобрений – период осеннего окучивания плантаций на среднесуглинистых и тяжелых почвах и при весеннем разокучивании – на почвах легкого механического состава [323]. На хмельниках Беларуси традиционно применяется ежегодная норма навоза 30 т/га, которая практически легко вносится в междурядья и хорошо заделывается осенью. Как подчеркивалось выше, такие дозы чаще применяются на хмельниках Европейских стран и приняты за основу при проведении исследований с определением оптимальных доз минеральных удобрений.

В оптимизации минерального питания хмеля важнейшую роль играют и азотные удобрения. При достаточном снабжении азотом растения хмеля развиваются с мощными листьями и стеблями, имеют интенсивно-зеленую окраску, хорошо растут и дают высокий урожай шишек. Дефицит азота проявляется в слабом росте растений, в укорачивании, а местами и в полном отсутствии боковых ветвей, а также в бледно-зеленой окраске листьев. Урожайность и качество хмеля при этом заметно снижаются [310, 318, 346].

Потребность хмеля в азоте определяется на основании результатов многолетних полевых опытов и исследований по эффективности применения этого элемента. Рассчитанные теоретически – по выносу питательных веществ растениями и коэффициентам усвоения элементов питания из удобрений – дозы  $N_{224}$ ,  $P_{225}$ ,  $K_{270}$ ,  $Ca_{675}$  и близкие к ним оказываются завышенными и не обеспечивают предполагаемых прибавок урожая [308]. Это объясняется, вероятно тем, что в расчет берется лишь наличие элементов питания в пахотном слое почвы, хмель же потребляет их и из более глубоких слоев. Отмечены случаи, когда высокие дозы минеральных удобрений снижали урожай и качество хмеля. Избыток азота в почве отрицательно влияет на растения хмеля. Внешне это выражается в необычно темно-зеленой окраске листьев, усиленном вегетативном росте и большой длине междоузлий. Наличие длинных междоузлий обуславливает менее ин-

тенсивное образование боковых ветвей и более ограниченную закладку цветков, так как эти органы образуются только на узлах. Созревание хмеля замедляется, урожайность его снижается. Исследования, проведенные в ряде Европейских стран, показывают, что доза азота не должна превышать 200–220 кг/га д. в. [313, 323].

В Польше, Чехии и некоторых других странах доза азота определяется исходя из планируемой урожайности с учетом средней урожайности за последние 3–5 лет.

**Доза азота (кг/га) = планируемый урожай (кг/га)/ 10.**

Следует учитывать, что доза азота должна быть выше для высокоурожайных и длинностебельных видов и сортов с большой вегетативной массой, а также для горьких сортов, по сравнению с ароматическими. При определении дозы азота, вносимого с минеральными удобрениями, также учитывается его количество, внесенное с навозом. Так, если планируемая урожайность хмеля составляет 2,0 т/га, то доза азота (если не вносили органические удобрения) составит 200 кг/га. Если навоз внесли осенью прошлого года в дозе 30 т/га, то доза азота внесенного с минеральными удобрениями будет  $200 - 45 = 155$  кг/га [313, 323]. Но если сорт относится к группе горьких, то следует внести поправку на увеличение этой дозы [317, 319].

Второй после азота основной элемент питания растений – фосфор. Он входит в состав многих органических биологически важных веществ, без которых жизнедеятельность организмов невозможна. В наибольшем количестве фосфор содержится в молодых, быстро растущих частях растений и органах размножения, где идет интенсивный синтез органических веществ. Фосфор концентрируется преимущественно в меристемной ткани. Он легко передвигается внутри растения, перемещается из старых тканей в более молодые, к зонам роста и используется повторно (реутилизируется). Действие фосфора на растения во многих отношениях противоположно влиянию на них азота. Нормальное питание фосфором несколько ускоряет развитие культур, обуславливая их более раннее созревание. В растениях хмеля фосфор стимулирует процессы закладки соцветий, формирования и созревания шишек, а также образования в них горьких веществ. Внешние признаки недостатка фосфора в виде характерного красно-

фиолетового оттенка и коричневых пятен проявляются, прежде всего, на старых листьях. Они подсыхают, скручиваются внутрь, постепенно отмирая. При недостатке фосфора урожайность хмеля снижается, ухудшается и его качество. Шишки формируются мелкие, верхушки чешуек буреют, а содержание горьких веществ снижается. Недостаток фосфора, особенно в сочетании с недостатком калия, снижает устойчивость хмеля к болезням [62, 244]. Однако, избыток фосфора в почве приводит к снижению эффективности вносимых удобрений, сдерживает поглощение хмелем цинка [256, 262].

Калий, наряду с азотом и фосфором, принадлежит к числу необходимых элементов минерального питания растений. В растительном организме он находится в ионной форме и не входит в состав органических соединений клеток. Около 20% калия содержится в цитоплазме клетки, в ядре этот элемент отсутствует. Основная часть его (около 80%) находится в клеточном соке и легко вымывается дождевой водой, особенно из старых листьев. Значительно больше калия содержится в молодых жизнедеятельных частях и органах растения. При недостатке калия в питательной среде происходит отток его из более старых органов и тканей в молодые растущие органы растения, где он повторно используется. Физиологические функции калия в растении весьма разнообразны. Он влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образования органических кислот, способствует накоплению витаминов, повышает активность ферментов, участвует в углеводном и азотном обменах, способствует синтезу белка, обуславливает окраску шишек, а также содержание в них лупулина. В сочетании с фосфором и кальцием он повышает устойчивость хмеля к различным заболеваниям и вредителям, положительно влияет на прочность стеблей хмеля [2, 41, 123, 250].

Недостаток калия особенно сильно проявляется при питании растений аммонийным азотом, внесение которого в высоких дозах приводит к накоплению в тканях большого количества переработанного аммиака, оказывающего вредное воздействие на организм растения. При наличии калия аммонийный азот быстрее используется для синтеза аминокислот и вредное действие аммиака устраняется. Внешние признаки калийного

голодания растений проявляются, в первую очередь, в том, что старые листья преждевременно желтеют и начинается этот процесс с краев. В дальнейшем края и верхушки листьев приобретают бурую окраску (иногда с красными, ржавыми крапинками). Затем края листьев отмирают и разрушаются, вследствие чего внешне выглядят как бы обожженными. Наблюдается также гофрированность, закручивание и опадение листьев. При избытке калия затрудняется поглощение растением хмеля магния, снижается количество лупулина и горьких веществ в шишках хмеля. В хмелеводстве применяют как хлорсодержащие, так и бесхлорные калийные удобрения. Хлорсодержащие удобрения вносят, главным образом, осенью, в период покоя хмеля. В период вегетации лучше применять бесхлорные калийные удобрения, поскольку хлорид может вызвать белесую окраску шишек и ухудшение их аромата [13, 19, 123, 217, 242].

Проведенные в Европейских странах исследования показали, что при среднем уровне плодородия почвы рекомендуются дозы фосфора 120-240 и калия 140-270 кг/га по д. в., хотя при низком уровне плодородия почвы дозы фосфора и калия могут возрастать соответственно даже до 300 и 360 кг/га по д. в. [189, 304, 313, 323]

Нет единого мнения по вопросу применения больших количеств фосфорных удобрений. J.Kohlmann [308] отмечает фиксацию фосфора удобрениями почвой, затруднение поступления цинка в растение на плантациях, получивших избыток фосфорных удобрений. На основании данных чешских исследователей при внесении  $P_2O_5$  в дозе 240 кг д.в. на 1 га не получено снижения урожайности [314]. По данным В. И. Вержбицкого и др. (1978), высокое содержание доступного фосфора в почве может снижать урожай и содержание горьких веществ в хмеле [40]. Благоприятное влияние в этом случае оказывает увеличение доз калийных удобрений. Внесение больших количеств калийных удобрений менее вредно, однако, и оно не обеспечивает прибавок урожая. Отмечено положительное влияние калийных удобрений на содержание горьких веществ в шишках [129, 137]. Различия в полученных данных объясняются, прежде всего, почвенными условиями, то есть степенью обеспеченности почвы доступными элементами питания. Вносить повышенные дозы

минеральных удобрений можно лишь, упорядочив уровень всех питательных элементов так, чтобы не было одностороннего их накопления в почве [56, 337].

Дозы фосфорных и калийных удобрений зависят от содержания этих элементов в почве и их следует корректировать с учетом содержания этих элементов во вносимом навозе [243, 313, 323, 336]. Фосфорные и калийные удобрения вносятся в один прием под зяблевую вспашку. Такой способ обеспечивает хорошее перемешивание удобрений с почвой, ограничивает накопление этих малоподвижных элементов в верхнем слое почвы, а следовательно повышает их усвояемость. На тяжелых почвах, характеризующихся хорошими физическими и химическими свойствами, возможно применение этих удобрений раз в 2 года (в двойной дозе – внесение в запас) [244, 346].

На легких почвах фосфорные и калийные удобрения вносятся: 50% осенью под зяблевую вспашку и 50% весной до, или после обрезки корневищ. Можно также рекомендовать совместное внесение фосфорных удобрений и навоза. Здесь используется явление биологической сорбции, в результате чего замедляется процесс минерализации при дробном внесении (осенью и весной). Лучше всего весной из фосфорных удобрений применять суперфосфат, а из калийных – сульфат калия. Хлорсодержащие калийные удобрения вносятся только осенью [331]. При внесении минеральных удобрений необходимо соблюдать соотношения между питательными элементами, не допуская одностороннего преобладания одних элементов над другими. Примерное соотношение азота, фосфора и калия следующее: 1:0,6-1:1,2 [59, 145, 146, 242, 332].

Как показал анализ литературных источников, хмель относится к культурам, требующим достаточно высоких доз минеральных удобрений. Однако, исследований по оптимизации минерального питания для данной культуры в Беларуси до настоящего времени не проводилось. В связи с этим, в 2001-2003 гг. на дерново-подзолистых супесчаных почвах были заложены полевые опыты по изучению зависимости продуктивности хмеля от уровня минерального питания. Исследования проводились в УО СПК «Путришки» Гродненского района с раннеспелым сортом Marynka (Польша) и позднеспелым сортом Hallertauer Magnum

(Германия) и в СП «Бизон» Малоритского района Брестской области с сортом Hallertauer Magnum. В связи с тем, что подобных исследований в Беларуси не проводилось, дозы минеральных удобрений рассчитывались нами по выносу питательных веществ растениями и коэффициентам использования элементов питания из удобрений. По этому критерию расчетные дозы минеральных удобрений составили  $N_{120}P_{120}K_{160}$  на фоне 30 т/га органических удобрений. Учитывая научно-практический опыт возделывания хмеля в других европейских странах, в схему опытов были включены также и более высокие уровни минерального питания.

Почва I хмельника в УО СПК «Путришки» Гродненского района – дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 40 см, рН в КС1 – 5,8, содержание гумуса – 1,95;  $P_2O_5$  – 172 и  $K_2O$  – 197 мг/кг почвы.

Почва II в фермерском хозяйстве «Магнум-Хмель» Пружанского района Брестской области – дерново-подзолистая связносупесчаная, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,47 м легким моренным суглинком, слабокислой реакцией среды (рН в КС1 – 5,8–5,9); содержанием гумуса (1,9%); подвижного фосфора (170–171 мг/кг почвы) и калия (165–169 мг/кг почвы).

Почва III в хмелеводческом хозяйстве «Бизон» Малоритского района Брестской области – дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемой моренным суглинком с глубины 60 см, рН в КС1 – 5,6, содержание гумуса – 1,81;  $P_2O_5$  – 159 и  $K_2O$  – 157 мг/кг почвы.

Анализ полученных в исследованиях результатов показал, что внесение минеральных удобрений на фоне органических, существенно повышает продуктивность хмеля сорта Marynka. Из элементов минерального питания наиболее существенное влияние на урожайность шишек хмеля оказал азот, в меньшей степени – фосфор и калий (табл. 5).

По степени влияния на урожайность шишек эти элементы можно расположить следующим образом:  $N > K > P$ . Применение  $P_{120}$  на фоне 30 т/га органических удобрений обеспечивало формирование урожайности шишек хмеля в среднем за три года исследований 14,7 ц/га, калийных удобрений ( $K_{160}$ ) – 15,2 ц/га,

азотных ( $N_{120}$ ) – 16,0 ц/га. Внесение минимальной в наших исследованиях дозы минеральных удобрений ( $N_{120}P_{120}K_{160}$ ) на фоне 30 т/га органических удобрений повышало урожайность по сравнению с фоном органических удобрений, на 4,5 ц/га, или на 34%, что выше показателей наименьшей существенной разницы.

Применение возрастающих доз азотных удобрений на фоне  $P_{120}K_{160}$  повышало урожайность шишек хмеля с 17,4 до 21,5 ц/га. Наиболее существенное увеличение урожайности (с 17,4 до 20,1 ц/га) отмечено при увеличении доз азота с  $N_{120}$  до  $N_{180}$ . При дальнейшем увеличении доз азота до  $N_{240}$  прибавки не превышали показателей наименьшей существенной разницы. Увеличение доз фосфорных удобрений со 120 до 180–240 кг/га д.в. на фоне  $N_{120}K_{160}$  практически не отразилось на величине урожайности хмеля – 17,4–18,0 ц/га. Недостоверным, в наших исследованиях, оказалось и одностороннее повышение доз калийных удобрений со 160 до 320 кг/га д.в. на фоне  $N_{120}P_{120}$ , где урожайность хмеля в соответствующих вариантах составила 17,4 и 18,7 ц/га.

Таблица 5 – Влияние уровня минерального питания на продуктивность шишек хмеля (сорт Marynka, УО СПК «Путришки» Гродненского района), 2001–2003 г.г.

№ п/п	Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Содержание $\alpha$ -кислот, %	Выход $\alpha$ -кислот, ц/га
1.	Фон - 30 т/га орг. уд.	12,9	10,6	1,37
2.	Фон + $N_{120}$	16,0	10,6	1,70
3.	Фон + $P_{120}$	14,7	10,9	1,61
4.	Фон + $K_{160}$	15,2	11,0	1,69
5.	Фон + $N_{120}P_{120}K_{160}$	17,4	10,8	1,88
6.	Фон + $N_{180}P_{180}K_{240}$	20,6	10,8	2,24
7.	Фон + $N_{240}P_{240}K_{320}$	21,9	10,5	2,31
8.	Фон + $N_{180}P_{120}K_{160}$	<b>20,1</b>	<b>10,5</b>	2,12
9.	Фон + $N_{240}P_{120}K_{160}$	21,5	10,0	2,14
10.	Фон + $N_{120}P_{180}K_{160}$	18,0	10,9	1,98
11.	Фон + $N_{120}P_{240}K_{160}$	18,0	11,0	1,99

12.	Фон + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>240</sub>	18,7	10,9	2,05
13.	Фон + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>320</sub>	18,7	10,8	2,05
14.	Фон + N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>160</sub>	17,2*	10,8*	1,90*

*Примечание: \* – в 14 варианте показатели продуктивности рассчитаны по двум годам – 2002, 2003. Показатели НСР<sub>05</sub> по урожайности составили: в 2001 г. – 2,2 ц/га, в 2002 – 1,5 и в 2003 – 2,4 ц/га. Средние расчетные значения НСР<sub>05</sub> за три года – 1,2 ц/га.*

Максимальная урожайность шишек хмеля (20,1 ц/га) в среднем за три года исследований была получена в варианте с внесением N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>. Увеличение доз элементов минерального питания более N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub> не оказывало существенного влияния на рост урожайности хмеля. Дальнейшее увеличение доз минеральных удобрений до N<sub>240</sub>P<sub>240</sub>K<sub>320</sub>, хотя и увеличивало урожайность шишек хмеля до 21,9 ц/га, однако, прибавка урожайности была ниже показателей наименьшей существенной разности по годам исследований.

Таким образом, оптимальными дозами минеральных удобрений для сорта Магунка при возделывании его на дерново-подзолистой супесчаной почве можно считать применение N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub> на фоне 30 т/га органических удобрений.

Одним из важнейших показателей качества шишек хмеля является содержание в них  $\alpha$ -кислот. Ценность шишек обусловлена тем, что они содержат горькие вещества, полифенольные соединения и эфирные масла. Горькие вещества в свежесобранном хмеле представлены, главным образом,  $\alpha$  и  $\beta$ -кислотами. Кроме кислот, содержатся  $\alpha$ - и  $\beta$ -мягкие и твердые смолы. Среди всех компонентов горьких веществ хмеля наиболее ценные  $\alpha$ -кислоты (гумулон, когумулон, адгумулон), которые в процессе охмеления суслу превращаются в изо- $\alpha$ -кислоты (изогумулоны). Изогумулоны являются основными носителями горечи пива. Гумулоны обладают горечью, а следовательно, участвуют в формировании горечи пива. В научной литературе, при описании основных процессов характеризующих мировое хмелеводство, используется упрощенная классификация сортов хмеля – все сорта условно делят на горькие (с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот) и ароматические (оцениваемые по аромату, а не содержанию  $\alpha$ -кислот). В шишках горьких сортов хмеля содержание

$\alpha$ -кислот достигает обычно 10–17%. На особенности аромата данных сортов хмеля обращается, как правило, мало внимания, так как такой хмель используется для придания пиву горечи и уничтожения бактерий, портящих вкус пива. Горький хмель является биржевым товаром, реализуемым в пересчете на процентное содержание или вес  $\alpha$ -кислоты. Поэтому, с практической точки зрения для производства важно не только содержание  $\alpha$ -кислот в шишках, но и их выход с единицы площади.

Из данных таблицы 5 видно, что на фоне 30 т/га органических удобрений содержание  $\alpha$ -кислот составило в среднем за три года 10,6%. При внесении на этом фоне минеральных удобрений в дозах  $N_{120}P_{120}K_{160}$  содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля увеличивалось на 0,2%, что ниже показателей наименьшей существенной разницы ( $HSP_{05}$  соответственно по годам составил 0,5; 0,4 и 0,6%). Из применявшихся видов минеральных удобрений наиболее выраженная тенденция к увеличению содержания  $\alpha$ -кислот отмечена при внесении калийных удобрений, где, в среднем за три года этот показатель увеличился на 0,4%. Однако достоверное влияние  $K_{160}$  на содержание  $\alpha$ -кислот проявилось только в условиях 2003 года. Повышение доз минеральных удобрений до  $N_{180}P_{180}K_{240}$  практически не изменило содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля. Дальнейшее увеличение доз минеральных удобрений до  $N_{240}P_{240}K_{320}$  способствовало существенному снижению этого показателя до 10,5%, особенно в 2001 и 2002 годах (9,7–10,0%). В этом случае проявилось неблагоприятное влияние высоких доз азотных удобрений.

Увеличение доз азотных удобрений от 180 до 240 кг/га д.в. на фоне 30 т/га органических удобрений и  $P_{120}K_{160}$  приводило к достоверному снижению содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля на 0,8%. Поэтому оптимальной дозой азота для сорта Магунка с учетом показателей качества и урожайности, является 180 кг/га по д.в. При внесении фосфорных и калийных удобрений в дозах, превышающих  $P_{120}K_{160}$ , отмечалась тенденция к повышению содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля соответственно на 0,10-0,11% и 0,17%, однако, это влияние было недостоверным.

Как уже отмечалось, важным производственным показателем является выход  $\alpha$ -кислот с единицы площади. Анализ данных, представленных в таблице 5 показал, что более существен-

ное влияние на этот показатель оказывают в порядке убывания: азот, калий и фосфор. Максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади получен в варианте опыта с внесением  $N_{180}P_{120}K_{160}$  на фоне 30 т/га органических удобрений. Влияние более высоких доз минеральных удобрений или их соотношений по влиянию на выход  $\alpha$ -кислот с гектара было не достоверным.

Таким образом, для получения максимальной продуктивности шишек хмеля с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот для сорта Marynka в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы оптимальные условия минерального питания обеспечиваются при внесении минеральных удобрений в дозах  $N_{180}P_{120}K_{160}$  на фоне 30 т/га органических удобрений.

Исследования с более позднеспелым сортом Hallertauer Magnum (Германия), проведенные на дерново-подзолистой супесчаной почве КО СПК «Путришки» Гродненского района, показали, что влияние видов и доз минеральных удобрений на урожайность и качество шишек было примерно таким же, как и в исследованиях с более раннеспелым сортом Marynka. При анализе урожайных данных установлено, что элементы минерального питания оказывают существенное влияние на увеличение урожайности шишек хмеля, причем более выраженным было действие азота и калия и несколько ниже – фосфора (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние уровня минерального питания на продуктивность шишек хмеля (сорт Hallertauer Magnum, УО СПК «Путришки» Гродненского района, 2001–2003 гг.)

N п/п	Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Содержание $\alpha$ -кислот, %	Выход $\alpha$ -кислот, ц/га
1.	Фон - 30 т/га орг. уд.	10,8	10,6	1,15
2.	Фон + $N_{120}$	14,2	11,0	1,56
3.	Фон + $P_{120}$	12,4	11,6	1,44
4.	Фон + $K_{160}$	13,5	11,8	1,59
5.	Фон + $N_{120}P_{120}K_{160}$	15,7	11,8	1,85
6.	Фон + $N_{180}P_{180}K_{240}$	18,0	12,1	2,18
7.	Фон + $N_{240}P_{240}K_{320}$	18,6	10,9	2,03
8.	Фон + $N_{180}P_{120}K_{160}$	<b>17,7</b>	<b>12,0</b>	<b>2,12</b>

9.	Фон + N <sub>240</sub> P <sub>120</sub> K <sub>160</sub>	18,5	10,0	1,85
10.	Фон + N <sub>120</sub> P <sub>180</sub> K <sub>160</sub>	16,4	12,0	1,97
11.	Фон + N <sub>120</sub> P <sub>240</sub> K <sub>160</sub>	16,6	12,0	1,99
12.	Фон + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>240</sub>	17,2	12,2	2,10
13.	Фон + N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>320</sub>	17,2	12,4	2,13
14.	Фон + N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>160</sub>	11,6*	11,7*	1,38*

*Примечание \* – в 14 варианте показатели продуктивности рассчитаны по двум годам – 2002 и 2003. Показатели НСР<sub>05</sub> по урожайности составили: в 2001 г. – 2,4 ц/га, в 2002 – 0,8 и в 2003 – 1,7 ц/га. Средние расчетные значения НСР<sub>05</sub> за три года – 0,9 ц/га.*

Анализ урожайных данных сорта хмеля Hallertauer Magnum показал, что оптимальными дозами азотно-фосфорно-калийных удобрений являются N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub> на фоне 30 т/га органических удобрений, как и для более раннего сорта Магунка. При определении оптимальных доз НРК для хмеля длина его вегетационного периода не имела особого значения. По-видимому, это связано с особенностями строения его корневой системы, проникающей глубоко в почву и широко охватывающей пахотный горизонт. В среднем, за три года исследований, урожайность шишек в этом варианте (N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>) составила 17,7 ц/га. Повышение доз отдельных видов минеральных удобрений по сумме действующего вещества до 800 кг/га (вариант N<sub>240</sub>P<sub>240</sub>K<sub>320</sub>) увеличивало урожайность шишек по отношению к оптимальному варианту на 0,9 ц/га, но эта прибавка недостоверна, так как не превышала показатели наименьшей существенной разности.

Следует отметить, что на урожайность хмеля сорта Hallertauer Magnum существенное влияние оказали погодные условия периодов вегетации. Хмель весьма требователен к оптимальному обеспечению влагой (с середины июля до середины августа). Лучшие условия развития растений создаются при выпадении 90-100 мм осадков в этот период [313].

В процессе проведения исследований (2001–2003 гг.) обеспеченность влагой по годам исследований заметно отличалась. Наиболее благоприятные условия по обеспеченности влагой сложились в 2001 году, когда был сформирован наиболее высокий уровень урожайности хмеля. В 2003 году урожай был не-

сколько ниже, по сравнению с 2001 годом, что связано с малым количеством выпадающих осадков в начале августа, когда началось формирование шишек. Хотя острого дефицита влаги в почве в этот период хмель не испытывал, так как в конце июля осадков было достаточно, а хмель обладает мощной корневой системой. Неблагоприятные условия по обеспеченности влагой сложились для хмеля в 2002 году, когда отмечался острый дефицит влаги в почве в конце июля – начале августа по причине небольшого количества выпавших осадков. Именно в этот период хмель наиболее требователен к оптимальной обеспеченности влагой. Это явилось основной причиной формирования низкой урожайности шишек, которая в 2002 году не превышала 7,1–7,7 ц/га. В то же время в 2001 году, который характеризовался оптимальными погодными условиями, как по количеству выпавших осадков, так и по температуре воздуха, урожайность шишек хмеля на фоновом варианте с внесением 30 т/га органических удобрений составила 17,7, а варианте с внесением  $N_{180}P_{120}K_{160}$  – 28,7 ц/га.

Анализ содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля показал, что минеральные удобрения оказывали на этот показатель у сорта Hallertauer Magnum более существенное влияние, чем у сорта Marynka. Так, применение калийных удобрений в дозе 160 кг/га д.в. увеличивало содержание  $\alpha$ -кислот на 1,2% по отношению к фону с внесением органических удобрений и составило 11,8%.

В оптимальном по урожайности варианте  $N_{180}P_{120}K_{160}$  содержание  $\alpha$ -кислот было наиболее высоким – 12,0%. При применении повышенных доз фосфора и калия отмечалась тенденция к росту содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля сорта Hallertauer Magnum, однако, эти прибавки были недостоверны, так как не превышали показатели наименьшей существенной разницы. Что касается действия азотных удобрений, то если для раннеспелого сорта Marynka при увеличении доз азота более 120 кг/га отмечалась тенденция к снижению содержания  $\alpha$ -кислот в шишках, то для сорта Hallertauer Magnum некоторое снижение содержания  $\alpha$ -кислот отмечалось лишь при внесении азотных удобрений в дозах более 180 кг/га д.в.

Таким образом, для получения шишек хмеля с максимальным содержанием  $\alpha$ -кислот для позднего сорта хмеля Hallertauer

Magnum рекомендуется внесение  $N_{180}P_{120}K_{160}$  на фоне 30 т/га органических удобрений.

Погодные условия периодов вегетации в годы проведения исследований не оказывали существенного влияния на содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля сорта Hallertauer Magnum. Однако, в связи с колебаниями урожайности, они обусловили различный выход их с одного гектара. Максимальный выход  $\alpha$ -кислот с единицы площади (2,12 ц/га) получен также в варианте с внесением  $N_{180}P_{120}K_{160}$  на фоне 30 т/га органических удобрений.

В исследованиях, проведенных в СП «Бизон» Малоритского района Брестской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, которая характеризовалась более низким содержанием в пахотном слое подвижных форм фосфора и калия, определяющую роль в повышении продуктивности хмеля сорта Hallertauer Magnum играли калийные и азотные удобрения (табл. 7).

Таблица 7 – Влияние уровня минерального питания на продуктивность шишек хмеля (сорт Hallertauer Magnum, СП «Бизон» Малоритского района, 2001–2003 годы)

№ п/п	Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Содержание альфа-кислот, %	Выход альфа-кислот, ц/га
1.	Фон - 30 т/га орг. уд.	7,0	11,1	0,77
2.	Фон + $N_{120}$	9,4	11,5	1,08
3.	Фон + $P_{120}$	8,2	11,6	0,95
4.	Фон + $K_{160}$	10,0	12,5	1,25
5.	Фон + $N_{120}P_{120}K_{160}$	10,9	12,4	1,35
6.	Фон + $N_{180}P_{180}K_{240}$	<b>13,9</b>	<b>13,0</b>	<b>1,81</b>
7.	Фон + $N_{240}P_{240}K_{320}$	14,0	12,9	1,81
8.	Фон + $N_{180}P_{120}K_{160}$	12,5	12,5	1,53
9.	Фон + $N_{240}P_{120}K_{160}$	13,7	12,1	1,66
10.	Фон + $N_{120}P_{180}K_{160}$	11,7	12,8	1,50
11.	Фон + $N_{120}P_{240}K_{160}$	11,8	12,9	1,52
12.	Фон + $N_{120}P_{120}K_{240}$	13,7	13,0	1,78
13.	Фон + $N_{120}P_{120}K_{320}$	13,7	13,0	1,78

14.	Фон + N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>160</sub>	10,9*	12,4*	1,36
15.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>200</sub>	12,9*	12,9*	1,68
16.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>150</sub> K <sub>240</sub>	12,1*	12,7*	1,54

*Примечание: \* – показатели продуктивности в 14, 15 и 16 вариантах рассчитаны по двум годам исследований (2002-2003гг.). Показатели НСР<sub>05</sub> по урожайности составили: в 2001 г. – 1,2 ц/га, в 2002 – 0,8 и в 2003 – 1,1 ц/га. Средние расчетные значения НСР<sub>05</sub> за три года – 0,6 ц/га.*

Раздельное внесение азота, фосфора и калия повышало урожайность шишек, в среднем за 3 года, соответственно на 2,4; 1,2 и 3,0 ц/га по отношению к фону с внесением 30 т/га органических удобрений. При совместном внесении этих элементов (N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>) урожайность составила 10,9 ц/га.

Применение возрастающих доз азотных удобрений от 120 до 240 кг/га д.в. на фоне P<sub>120</sub>K<sub>160</sub> способствовало достоверному повышению урожайности на 1,6 ц/га в интервале до 180 кг/га д.в., и на 2,8 ц/га при внесении N<sub>240</sub>.

Возрастающие дозы фосфорных удобрений от 120 до 240 кг/га д.в. на фоне N<sub>120</sub>K<sub>160</sub> не оказывали существенного влияния на урожайность хмеля, которая в соответствующих вариантах составила 10,9; 11,7 и 11,8 ц/га. Изучение возрастающих доз калийных удобрений от 160 до 320 кг/га д.в. показало, что наиболее эффективной дозой является K<sub>240</sub> (13,7 ц/га), поскольку дальнейшее увеличение доз до 320 кг/га д.в. не обеспечивало дальнейшего роста урожайности.

Максимальная урожайность шишек хмеля (13,9 ц/га), в наших исследованиях, была получена в варианте с внесением N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>240</sub>. Дальнейшее повышение доз минеральных удобрений не приводило к увеличению урожайности хмеля, в связи с чем, при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием подвижных форм фосфора и калия на уровне 157-160 мг/кг почвы в качестве оптимальной для этой культуры можно считать дозу N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>240</sub>.

На формирование урожайности хмеля существенное влияние оказывали погодные условия периодов вегетации. Так, в условиях 2002 года урожайность шишек хмеля была наиболее низкой, что связано с дефицитом влаги в почве в конце июля – на-

чале августа. Однако, даже при неблагоприятных погодных условиях 2002 года в варианте с оптимальными условиями минерального питания ( $N_{180}P_{180}K_{240}$ ) урожайность хмеля была выше по сравнению с другими вариантами и составила 11,3 ц/га.

В результате проведенных исследований была установлена зависимость содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля от доз применяемых удобрений. Из данных таблицы 7 видно, что отдельное внесение калия и фосфора (варианты 3,4) существенно повышало содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля. Наиболее существенное влияние на этот показатель оказал калий. При внесении одного азота ( $N_{120}$ ) отмечается лишь тенденция к росту этого показателя.

При внесении  $N_{120}P_{120}K_{160}$  содержание  $\alpha$ -кислот значительно выше, чем на фоне органических удобрений, но находится на том же уровне, что и при внесении одного калия (вариант 4). Максимальное содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля (13,0%) получено в варианте опыта с внесением  $N_{180}P_{180}K_{240}$ . Изменение доз и соотношений минеральных удобрений не привело к существенному изменению величины этого показателя.

Одностороннее увеличение доз азотных и фосфорных удобрений также не отразилось на содержании  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля изучаемого сорта. Более существенное влияние как на содержание  $\alpha$ -кислот, так и на выход их с одного гектара, оказывали погодные условия периодов вегетации и, в первую очередь, обеспеченность влагой в июле-августе.

В соответствии с полученной урожайностью и содержанием  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля, максимальный выход их с одного гектара в СП «Бизон» Малоритского района установлен в варианте  $N_{180}P_{180}K_{240}$  на фоне 30 т/га органических удобрений – 1,81 ц/га (табл. 7). В неблагоприятном по погодным условиям 2002 году выход  $\alpha$ -кислот был значительно ниже и в оптимальном варианте этого года составил 1,38 ц/га [155].

Таким образом, в исследованиях, проведенных на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком, в западном регионе Республики Беларусь установлено, что максимальная продуктивность хмеля раннего сорта Marynka, и позднего сорта Hallertauer. Magnum в зависимости от содержания элементов минерального питания в почве, обеспечивается

при внесении  $N_{180}P_{120-180}K_{160-240}$  на фоне 30 т/га органических удобрений.

Следующей задачей исследований являлось решение вопросов оптимизации минерального питания в конкретных почвенно-климатических условиях фермерского хозяйства «Магнум-Хмель» Пружанского района. В производственных условиях хозяйства «Магнум-Хмель» Пружанского района Брестской области, в связи с дефицитом фосфорных удобрений, была поставлена задача конкретизировать их дозы для конкретных почвенно-климатических условий. В задачу исследований входило установить, для дерново-подзолистых супесчаных почв хозяйства, оптимальные дозы фосфорных и калийных удобрений, а также выявить связь между урожайностью и качеством продукции хмеля в зависимости от доз этих удобрений.

Азот вносили в дозе  $N_{180}$  по 60 кг/га д.в. в три срока: 1 – весной, в начале вегетации хмеля, 2 – в начале образования боковых побегов и 3 – в начале цветения хмеля. Дозы фосфора составили – 120, 140, 160, 180, 200 кг/га по д.в., дозы калия – 200 и 240 кг/га д. в. В период проведения исследований (2004–2005 гг.) температура в основной период цветения и формирования шишек (июль–август) была благоприятной для роста и развития хмеля. Однако обеспеченность растений влагой по годам исследований отличалась. Наиболее благоприятные условия по влагообеспеченности сложились в 2005 году, когда был сформирован более высокий уровень урожайности хмеля.

Результаты исследований показали, что внесение минеральных удобрений на фоне органических существенно повышало продуктивность хмеля сорта Hallertauer Magnum на 5,5–8,0 ц/га или на 52–75% (табл. 8), однако, основной задачей наших исследований являлась конкретизация доз фосфора.

Таблица 8 – Влияние минеральных удобрений на урожайность шишек хмеля, ц/га (сорт Hallertauer Magnum, ФХ «Магнум-Хмель» Пружанского района), 2004–2005 гг.

N п/п	Вариант опыта	Урожай- ность ши- шек, ц/га	Содержание $\alpha$ -кислот в шишках	Сбор $\alpha$ - кислот, ц/га
----------	------------------	-----------------------------------	--	------------------------------------

1.	Фон – 30 т/га орг. уд.	10,6	10,1	1,07
2.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>240</sub>	16,1	10,8	1,73
3.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>140</sub> K <sub>240</sub>	16,6	11,0	1,81
<b>4.</b>	<b>Фон + N<sub>180</sub>P<sub>160</sub>K<sub>240</sub></b>	<b>17,8</b>	<b>11,7</b>	<b>2,07</b>
5.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>240</sub>	18,4	11,7	2,13
6.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>200</sub> K <sub>240</sub>	18,6	11,7	2,16
7.	Фон + N <sub>180</sub> P <sub>160</sub> K <sub>200</sub>	16,7	11,1	1,84

*Примечание – Показатели НСР<sub>05</sub> по урожайности составили: в 2004 г. – 0,9 ц/га, в 2005 – 1,1*

Внесение минеральных удобрений, с минимальной дозой фосфорных удобрений (N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>240</sub>), на фоне 30 т/га органических, повысило урожайность шишек хмеля до 16,1 ц/га, что обеспечило прибавку к фону 5,5 ц/га или 52% (2 вариант). При увеличении дозы фосфора до P<sub>140</sub> урожайность шишек, с учетом показателей наименьшей существенной разницы, осталась на том же уровне (3 вариант) – 16,6 ц/га. Дальнейшее увеличение дозы фосфора до P<sub>160</sub> существенно повысило урожайность шишек хмеля до 17,8 ц/га, что обеспечило прибавку к фону на 7,2 ц/га или 68% (вариант 4).

При снижении дозы калия с K<sub>240</sub> (вариант 4) до K<sub>200</sub> (вариант 7) урожайность шишек уменьшилась с 17,8 до 16,7 ц/га. Это говорит о том, что оптимальной следует считать дозу калия – 240 кг/га по д. в. и ее снижение до K<sub>200</sub> нецелесообразно.

Максимальная урожайность шишек хмеля (18,6 ц/га), в среднем за два года исследований, получена в варианте 6 с внесением N<sub>180</sub>P<sub>200</sub>K<sub>240</sub> на фоне 30 т/га органических удобрений. Однако, этот вариант не имел преимуществ по урожайности шишек в сравнении с вариантами 4 и 5, так разница между урожайностью шишек в этих вариантах не превышает значений наименьшей существенной разницы. Внесение фосфора в диапазоне доз P<sub>160-200</sub> равноценно по влиянию на урожайность шишек. Поэтому оптимальной следует считать дозу фосфора – 160 кг/га. Более высокие дозы не имели преимуществ по влиянию на урожайность шишек.

Таким образом, для получения максимальной урожайности шишек хмеля (17,8 ц/га) рекомендуется внесение P<sub>160</sub> на фоне

$N_{180}K_{240}$ . При дальнейшем увеличении доз фосфорных удобрений до  $P_{200}$  хотя и наблюдалась тенденция к росту урожайности шишек хмеля до 18,6 ц/га, однако прибавка урожайности была недостоверной.

Одним из важнейших показателей качества шишек хмеля является содержание в них  $\alpha$ -кислот. Из данных таблицы 8 видно, что на фоне 30 т/га органических удобрений содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля составило, в среднем за два года, 10,1%. Внесение минеральных удобрений ( $N_{180}P_{120-140}K_{240}$ ) на фоне 30 т/га органических повысило содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля до 10,8–11,7%, что обеспечило существенную прибавку к фону. Максимальное содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля (11,7%) получено в варианте 4 с внесением  $N_{180}P_{160}K_{240}$ . Увеличение доз фосфора до  $P_{180-200}$  не привело к существенному изменению этого показателя. Калий оказывает значительное влияние на содержание в шишках  $\alpha$ -кислот и снижение его дозы с 240 (вариант 4) до 200 кг/га по д.в. (вариант 7) существенно снизило содержание в шишках  $\alpha$ -кислот с 11,7 до 11,0%.

Таким образом, для получения максимального содержания в шишках  $\alpha$ -кислот (11,7%) рекомендуется внесение  $N_{180}P_{160}K_{240}$  на фоне органических удобрений.

Важнейшим производственным показателем продуктивности хмеля является выход  $\alpha$ -кислот с единицы площади. Это связано с тем, что оплата за хмель производится с учетом содержания в шишках  $\alpha$ -кислот, а при производстве пива важна не столько масса шишек, сколько общее содержание  $\alpha$ -кислот в этой массе. Расчетные данные показали, что внесение минеральных удобрений заметно повышает сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади. В соответствии с полученной урожайностью и содержанием  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля, максимальный выход их с одного гектара установлен в вариантах 4, 5 и 6 при внесении  $N_{180}P_{160-200}K_{240}$  на фоне 30 т/га органических удобрений – соответственно 2,07; 2,13 и 2,16 ц/га. На основании того, что варианты 5 и 6 по урожайным данным и содержанию в шишках  $\alpha$ -кислот, как было установлено ранее, не имеют преимуществ по сравнению с вариантом 4, оптимальным по сбору  $\alpha$ -кислот с единицы площади следует считать вариант 4 (Фон +  $N_{180}P_{160}K_{240}$ ).

Наиболее высокие показатели окупаемости 1 кг НРК сбором  $\alpha$ -кислот (0,357 кг) получены в варианте 4 с внесением  $N_{180}P_{160}K_{240}$ . Этот показатель снижается при уменьшении доз фосфора до  $P_{120-140}$  (0,320-0,323 кг) и при их возрастании до  $P_{180-200}$  (0,348-0,355 кг). Уменьшение дозы калия до 200 кг/га в 7 варианте ( $N_{180}P_{160}K_{200}$ ) снижает показатель окупаемости 1 кг НРК до 0,341 кг  $\alpha$ -кислот.

Таким образом, оптимальными дозами минеральных удобрений для получения наибольшей продуктивности сорта Hallertauer Magnum при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве фермерского хозяйства «Магнум-Хмель» Пружанского района Брестской области следует считать применение  $N_{180}P_{160}K_{240}$  на фоне 30 т/га органических удобрений.

В заключение отметим, что в исследованиях, проведенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах, подстилаемых моренным суглинком в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь установлено, что максимальная продуктивность сорта Hallertauer Magnum, введенного в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород, в зависимости от содержания элементов минерального питания в почве, обеспечивается при внесении  $N_{180}P_{120-180}K_{160-240}$  на фоне 30 т/га органических удобрений [155, 161, 168].

### **6.3. Особенности применения азотных удобрений**

Азот – один из основных питательных элементов, обеспечивающих вегетативный рост и формирование урожая хмеля. Элемент этот входит в состав всех простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла, ферментов, большинства витаминов и других органических веществ. Эти органические азотные соединения служат структурными элементами клеток растений, а также играют важную роль в процессах обмена веществ [54, 56, 121, 123]. Доза азота зависит от содержания гумуса и уровня запланированного урожая. Так, на почвах, содержащих 2–3 % гумуса, при урожайности хмеля в 1–1,5 т/га доза азота составляет 160 кг действующего вещества на 1 га, при урожайности 1,5–2 т – 200, при 2–2,5 т – 240 кг. При более высоком содержании гумуса эти дозы уменьшают на 10-15 %, а при более низком — повышают на такую же величину [313, 323]. Вносимое количество азота долж-

но обеспечить потребность растений в нем в течение всего периода вегетации. В основном, азотные удобрения вносятся непосредственно в почву. При этом они делятся на дозы и равномерно вносятся по всей поверхности почвы хмельника в течение вегетации. Почвенное внесение осуществляется равными частями в два срока: 1 – в начале весеннего отрастания побегов и 2 – после заводки побегов растений на поддержки [58, 346]. Однако анализ динамики поступления азота в растения показывает необходимость более конкретной дифференциации сроков и доз внесения азота после заводки на поддержки [68, 154, 169].

Полевые исследования проводились в 2004–2006 годах на опытном участке УО СПК «Путришки» Гродненского района. В задачу исследований входило установить зависимость урожайности и качества шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum от сроков внесения азотных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве, характеризующейся следующими агрохимическими показателями: рН солевой вытяжки – 5,8, содержание гумуса – 1,95;  $P_2O_5$  – 172 и  $K_2O$  – 197 мг/кг почвы.

Из данных таблицы 9 видно, что в контрольном варианте, на фоне фосфорных и калийных удобрений, урожайность шишек сорта Hallertauer Magnum составила в среднем 14,2 ц/га.

Таблица 9 – Влияние сроков внесения азотных удобрений на продуктивность хмеля (сорт Hallertauer Magnum, УО СПК «Путришки» Гродненского района, 2004-2006 гг.)

Варианты	Урожайность шишек, ц/га	Масса 100 шишек, г	Содержание $\alpha$ -кислот в шишках, %	Сбор $\alpha$ -кислот, ц/га
1. Фон (30 т/га орган.. удобр. + $P_{120}K_{160}$ )	14,2	12,6	11,0	1,57
2. Фон + $N_{180}$ (60 + 60 + 60)	16,2	13,7	11,1	1,81
3. Фон + $N_{180}$ (110 + 35 + 35)	15,9	13,6	11,3	1,84
4. Фон + $N_{180}$ (35 + 110 + 35)	<b>17,3</b>	<b>14,4</b>	<b>11,6</b>	<b>2,01</b>
5. Фон + $N_{180}$ (35 + 35 + 110)	17,6	14,5	11,1	1,98

*Примечание – Показатели НСР<sub>05</sub> по урожайности составили: в 2004 г. – 1,0 ц/га, в 2005 – 1,2 и в 2006 – 0,8*

Внесение на этом фоне азота (N<sub>180</sub>) оказало существенное влияние на увеличение урожайности шишек, но его действие зависело от сроков внесения. Так, при равномерном его внесении по 60 кг/га д.в. в три срока (1 – после заводки хмеля на подержки, 2 – в начале образования боковых побегов и 3 – в начале цветения хмеля) отмечалось существенное увеличение урожайности шишек хмеля до 16,2 ц/га.

Однако, максимальный уровень урожайности шишек хмеля (17,3–17,6 ц/га) был получен в 4 и 5 вариантах при внесении основной части азота (60% или 110 кг/га д.в.) во вторую подкормку, в начале образования боковых побегов (N<sub>180 (35 + 110 + 35)</sub>) или в начале цветения (N<sub>180 (35 + 35 + 110)</sub>).

Следует отметить, что в 4 варианте в 2004 и 2006 годах получены существенные прибавки урожайности относительно 2 варианта (с равномерным внесением азота), а в 2005 году отмечалась лишь тенденция к росту урожайности шишек. Более низкая эффективность азота в 2005 году связана с потерями азота из почвы вследствие ливневых осадков в начале августа этого года. При смещении сроков внесения основной доли азота к началу вегетации (3 вариант – после заводки побегов хмеля) – отмечалось существенное снижение урожайности шишек хмеля относительно наиболее оптимального 4 варианта. При смещении срока внесения основной доли азота к более поздним срокам внесения – в начале цветения (5 вариант) урожайность шишек, с учетом данных НСР<sub>05</sub>, практически осталась на том же уровне, что и в 4 варианте.

В процессе исследований определялась масса 100 шишек как один из важнейших элементов структуры урожая хмеля. Из данных таблицы 9 видно, что в контрольном варианте 1 на фоне 30 т/га органических и фосфорно-калийных (P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>) удобрений масса 100 шишек составила, в среднем, 12,6 г. Внесение на этом фоне азотных удобрений существенно повысило массу 100 шишек. Однако, степень влияния азотных удобрений на величину этого показателя определялась сроками внесения основной доли азота в подкормку. При равномерном внесении азота в 3 приема

по 60 кг/га д.в. (вариант 2) средняя масса 100 шишек составила 13,7 г.

Однако, максимальная масса 100 шишек (14,4–14,6 г) получена в 4 и 5 вариантах при внесении основной доли азота во вторую подкормку  $N_{(35+110+35)}$  в начале образования боковых побегов (высота растений 4–5 м) и в начале цветения (вариант 5). Смещение сроков внесения основной доли азота к началу вегетации (вариант 3) приводит уже к существенному снижению массы 100 шишек относительно варианта с внесением этого количества азота в начале образования боковых побегов (вариант 4).

В результате исследований была установлена зависимость содержания в шишках  $\alpha$ -кислот от сроков внесения азотных удобрений. Из данных таблицы 9 видно, что в контрольном варианте, на фоне органических и фосфорно-калийных удобрений, содержание в шишках  $\alpha$ -кислот составило 11,0%. Применение на этом фоне азотных удобрений при равномерном их внесении ( $N_{60+60+60}$ ) не оказало существенного влияния на содержание в шишках  $\alpha$ -кислот. Однако, максимальное их содержание получено в варианте 4 при внесении основной доли в начале образования боковых побегов (11,6%). При этом существенное увеличение содержания  $\alpha$ -кислот получено в 2004 и 2006 годах (соответственно 11,7 и 11,1%).

Анализ показателей сбора  $\alpha$ -кислот с единицы площади для сорта Hallertauer Magnum показал, что максимальный их выход получен в варианте 4 (2,01 ц/га) – при внесении основной доли азота в начале образования боковых побегов и в варианте 5 (1,98 ц/га) – в начале цветения (таблица 9).

Таким образом, для получения максимальной урожайности шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum (14,9–15,0 ц/га) и максимального сбора  $\alpha$ -кислот с единицы площади (2,01–1,98 ц/га) рекомендуется и внесение основной доли азота ( $N_{35+110+35}$ ) в начале образования боковых побегов или в начале цветения ( $N_{35+35+110}$ ). Однако, для получения шишек с максимальным содержанием  $\alpha$ -кислот, рекомендуется основную часть азота вносить в начале образования боковых побегов (вариант 4).

В процессе исследований проводился анализ структуры урожая хмеля (табл. 10).

Определялись листовая масса, площадь ее поверхности, рассчитывалось соотношение массы шишек к листовой массе и масса 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности. Внесение на этом фоне азотных удобрений существенно повысило листовую массу и площадь ее поверхности. Однако, влияние азотных удобрений на эти показатели определялось сроками внесения основной доли азота в подкормку. При равномерном внесении азота в 3 приема по 60 кг/га д.в. (вариант 2) получена листовая масса – 15,9 ц/га с площадью 47,0 тыс. м<sup>2</sup>/га.

При смещении срока внесения основной доли азота к началу образования боковых побегов (вариант 4) и цветению (вариант 5), листовая масса существенно возрастала в погодноклиматических условиях 2005 и 2006 годов. При внесении основной доли азота в начале вегетации (вариант 3) получена листовая масса на том же уровне, что и при равномерном внесении азота (вариант 2).

Таблица 10 – Влияние азотных удобрений на структуру урожая хмеля (сорт Hallertauer Magnum)

Варианты	Листовая масса, ц/га	Площадь листовой поверхности, тыс. м <sup>2</sup> /га	Соотношение: шишки/листовая масса	Масса 1 м <sup>2</sup> листовой поверхности, г/м <sup>2</sup>
1. Фон (30 т/га орган.. удобр. + P <sub>120</sub> K <sub>160</sub> )	14,2	44,9	1,00	31,6
2. Фон + N <sub>180</sub> (60 + 60 + 60)	15,9	47,0	1,02	33,8
3. Фон + N <sub>180</sub> (110 + 35 + 35)	15,8	47,4	1,01	33,3
4. Фон + N <sub>180</sub> (35 + 110 + 35)	<b>16,7</b>	<b>48,0</b>	<b>1,04</b>	<b>34,8</b>
5. Фон + N <sub>180</sub> (35 + 35+ 110)	16,8	48,4	1,05	34,7

Следует отметить отсутствие выраженной зависимости площади листовой поверхности от сроков внесения основной доли азота в подкормку, так как разница между вариантами не превышала значений наименьшей существенной разницы. Хотя при смещении внесения основной доли азота к началу образования побегов и цветению, отмечалась слабая тенденция к росту

площади листьев. Если основная доля азота вносилась в начале вегетации (вариант 3), после заводки хмеля, то площадь листовой поверхности проявляла тенденцию к снижению при одновременном снижении ее весовой массы. Это говорит о том, что при более позднем внесении основной доли азота (в начале образования боковых побегов или в начале цветения) масса листьев возрастала быстрее, чем их площадь.

В опытах определялись расчетные показатели структуры урожая хмеля. Полученные данные позволили рассчитать соотношение массы шишек к листовой массе, которое выражает направление физиологических процессов формирования биомассы в пользу генеративных (шишек) или вегетативных органов (листовой массы). Увеличение показателя соотношения массы шишек к листовой массе говорит о накоплении органических веществ преимущественно в шишках хмеля, что является положительным моментом, так как косвенно выражает преимущественный рост их урожайности. Максимальные значения этого показателя (1,04–1,05) получены в вариантах 4 и 5 с внесением основной доли азота в начале образования боковых побегов и в начале цветения. В этих вариантах масса шишек растет быстрее, чем листовая масса, что в итоге подтверждает увеличение данного соотношения до 1,04–1,05. Смещение сроков внесения основной части азота к началу вегетации уменьшает данное соотношение в пользу листовой массы.

Таким образом, внесением основной доли азота в начале образования боковых побегов мы направляем физиологические процессы в сторону увеличения весовой массы листьев и шишек, причем, рост массы шишек идет опережающими темпами.

В опытах также рассчитывалось соотношение листовой массы к ее площади или масса  $1 \text{ м}^2$  листовой поверхности. Установлено, что в контрольном варианте на фоне органических и фосфорно-калийных удобрений это соотношение было минимальным ( $31,6 \text{ г/м}^2$ ). При внесении азотных удобрений проявилась тенденция к росту этого показателя, максимальное значения которого ( $34,8$ ) было получено в 4 варианте при внесении основной доли азота в начале образования боковых побегов. Как видим, имеется прямая связь основных показателей продуктивности хмеля (урожайность шишек, содержание и сбор  $\alpha$ -кислот с

единицы площади) и морфологических показателей структуры урожая (соотношение массы шишек к листовой массе и масса 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности). Образование мощного листового аппарата (по массе листьев) способствует формированию высокого и качественного урожая шишек.

В заключение следует отметить, что на основании проведенных исследований рекомендуется внесение азота в почву в три срока: 1 – после заводки хмеля на поддержки, 2 – в начале образования боковых побегов и 3 – в начале цветения хмеля. Для сорта Hallertauer Magnum наиболее благоприятные условия азотного питания, способствующие формированию максимального урожая шишек хмеля и наибольшего содержания в шишках  $\alpha$ -кислот и их сбора с единицы площади, складываются при внесении основной доли азота в начале образования боковых побегов N<sub>180(35+110+35)</sub> на фоне 30 т/га органических и фосфорно-калийных (P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>) удобрений. При перенесении сроков внесения азота на более поздние сроки (в начале цветения) урожайность шишек хмеля, с учетом данных наименьшей существенной разницы, практически остается на том же уровне, однако, в 2004 и 2006 годах отмечалось существенное снижение содержания в шишках  $\alpha$ -кислот и их сбора с единицы площади. Внесением основной доли азота в начале образования боковых побегов мы направляем физиологические процессы в сторону увеличения весовой массы листьев и шишек, причем рост массы шишек идет опережающими темпами. [154, 169].

#### **6.4. Применение микроудобрений**

Хмель относится к культурам, требующим достаточно высоких норм минеральных удобрений. Большую роль в повышении продуктивности хмелеводства Беларуси играет оптимизация минерального питания хмеля и, в частности, применение микроудобрений. Микроэлементы также необходимы растениям хмеля, как и макроэлементы. Необходимыми микроэлементами считают следующие: В, Сu, Zn, Мо, Fe, Mn. Роль каждого микроэлемента в жизни растений еще до конца не изучена. Большинство из них это тяжелые металлы, регулирующие активность ферментов, которые участвуют в основных процессах жизнедеятельности растения.

Внесение микроудобрений обеспечивает значительное повышение эффективности удобрений, содержащих основные элементы питания растений. Совместное применение макро- и микроудобрений – это наиболее рациональный способ их эффективного использования. Они не могут быть заменены другими веществами и их недостаток обязательно должен быть восполнен с учетом формы, в которой они будут находиться в почве. Растения могут использовать микроэлементы только в водорастворимой форме (подвижной форме микроэлемента), а неподвижная форма может быть использована растением после протекания сложных биохимических процессов с участием гуминовых кислот почвы. В большинстве случаев эти процессы протекают очень медленно, а при обильном увлажнении грунта значительная часть подвижных форм микроэлементов вымывается [14, 18, 72, 74, 89, 179, 208, 222].

По данным ученых многих стран, при применении интенсивных технологий возделывания, урожайность возрастает благодаря использованию удобрений на 30–35% [56, 267]. При научно-обоснованном применении микроудобрений, с учетом содержания микроэлементов в почве и отзывчивости сельскохозяйственных культур, прибавка урожая от применения многих из них достигает 10–15%, а кроме того, улучшается качество продукции [1, 81].

В настоящее время нехватка микроэлементов становится обыденным явлением. Трудность заключается в том, что недостаток микроэлемента обнаруживается, когда большая часть урожая и его потребительские свойства уже потеряны и не могут быть восстановлены [181, 224, 261]. В последние годы возрос интерес к микроэлементам, необходимым для растений хмеля, что обусловлено следующими причинами:

1. За период вегетации хмель наращивает зеленую массу до 30 т/га с высокой концентрацией в ней микроэлементов. Это позволяет предположить, что потребность хмеля в микроэлементах также высока.

2. Возделывание хмеля на одном месте в течение многих лет приводит к истощению почвы некоторыми элементами питания.

3. Интегрированная защита хмеля (включающая 3-10 опрыскиваний за сезон), при которой для борьбы с болезнями хмеля применяют фунгициды, производимые на основе соединений Cu и Zn создает условия для накопления этих элементов в почве и растениях.

Теоретический баланс микроэлементов на дерново-подзолистых почвах показал, что, в основном, наблюдается нехватка бора. На плантациях хмеля, где систематически не применяются навоз и известь, может также наблюдаться нехватка Mn и Zn [15, 234, 257].

Признаки нехватки некоторых микроэлементов имеют ярко выраженный специфический характер. Часто по ним можно определить какого элемента не хватает.

Бор. Для многих растений этот элемент необходим в течение всего вегетационного периода. Большая часть бора локализована в стенках клеток растений, а также он необходим для развития меристемы. Бор входит в состав пектиновых веществ, со многими органическими веществами дает комплексные соединения, особое значение среди которых имеют углеродгидратные комплексы. Исключительно важную функцию выполняет бор в углеводном обмене, он влияет и на белковый обмен. При его нехватке у растений наблюдается слабый рост. Молодые стебли грубеют и имеют слабую облиственность. Верхушечные точки роста молодых боковых побегов отмирают и постепенно засыхают, а при сильной нехватке бора происходит их скручивание и полное усыхание. Это явление усиливают засуха, сильная солнечная инсоляция и применение высоких доз фосфорных и калийных удобрений. Этот элемент необходим растениям в течение всего периода их жизни. Невозможность его реутилизации в растениях обуславливает обязательность его внесения с удобрениями. При недостатке бора особенно сильно страдают молодые, растущие органы. Прежде всего, отмечается отмирание точек роста и усиливается поражаемость растений бактериозом, сухой и коричневой гнилями. При высоких дозах бора возможен и токсикоз, проявляющийся в ожоге нижних листьев, в краевом некрозе, пожелтении, отмирании и их опадении [11, 12, 150, 226, 273].

Медь необходима для жизни растений в небольших количествах. Однако без меди погибают даже всходы. Несмотря на

то, что ряд других макро- и микроэлементов оказывает большое влияние на скорость окислительно-восстановительных процессов, действие меди в этих реакциях является специфическим. Она не может быть заменена каким-либо другим элементом. Под влиянием меди повышается как активность пероксидазы, так и наблюдается снижение активности синтетических центров. Это ведет к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических веществ. Медь является составной частью ряда важнейших окислительных ферментов – полифенолоксидазы, аскорбинатооксидазы, лактазы, дегидрогеназы и др. Все указанные ферменты осуществляют реакции окисления переносом электронов с субстрата к молекулярному кислороду, который является акцептором электронов. В связи с этой функцией валентность меди в окислительно-восстановительных реакциях изменяется от двухвалентного до одновалентного состояния и обратно [23, 109, 113, 151, 263].

Из всех форм соединений меди в почве доступными для растений являются водорастворимая (менее 1%) и поглощенная поверхностью коллоидов почвы. При вхождении меди в комплексные органические соединения подвижность ее резко снижается. Часть меди входит в кристаллическую решетку минералов. По содержанию подвижной меди в почвах определяют степень ее обеспеченности этим элементом и необходимость внесения медных удобрений. Недостаток меди часто совпадает с недостатком цинка, а на песчаных почвах также и с недостатком магния. Медь, в основном, содержится в семенах и растущих частях растений. Этот элемент обязательно входит в состав хлоропластов. Важные функции в растениях выполняет и медьсодержащий белок — пластоцианин. Недостаток меди нарушает азотный обмен, вызывает задержку роста и цветения, хлороз, потерю тургора и увядание растений. Наиболее бедны медью дерново-карбонатные супесчаные почвы. Потребность в меди возрастает в условиях применения высоких доз азотных удобрений [230, 233].

**Цинк.** Физиологическая роль цинка в растениях очень разнообразна. Он оказывает большое влияние на окислительно-восстановительные процессы, скорость которых при его недостатке заметно снижается. Дефицит цинка ведет к нарушению

процессов превращения углеводов. Установлено, что при недостатке цинка в листьях и корнях томата, цитрусовых и других культур, накапливаются фенольные соединения, фитостеролы или лецитины, уменьшается содержание крахмала [2, 61, 87, 228, 256].

Все культурные растения по отношению к цинку делятся на 3 группы. Хмель относится к группе культур, очень чувствительных к недостатку цинка в почве. Нехватка цинка определяется после закладки растений на проводники и влияет на изменение окраски листьев. Листья становятся светлыми желто-зелеными, мелкими, а жилки на нижней стороне листа четко вырисовываются. Также наблюдается сужение некоторых листьев, главным образом средних, которые вытягиваются и становятся длиннее. При потряхивании растений можно услышать характерный шелест. Это явление в Западной Европе называют «листозвон хмеля». Сильно пораженные растения не достигают до вершины поддерживающей конструкции. Нехватка цинка связана с интенсивным применением фосфорных удобрений, с низкой температурой и высоким значением pH почвы. Цинк способствует лучшему усвоению фосфора растениями, повышает жаро- и морозоустойчивость растений. При недостатке цинка у растений обнаруживается высокая концентрация неорганического фосфора. Отмечается задержка роста растений [12, 323, 346].

Марганец. Из-за нехватки этого элемента нарушается развитие растений, удлиняется срок созревания. При его избытке наблюдается преждевременное усыхание шишек хмеля, особенно на одиночных, боковых побегах, что часто связано с токсичным действием избытка марганца на кислых почвах. Усвоение марганца снижается при уменьшении кислотности почв, низком уровне освещения, избыточном фосфорном питании, а также при высоком содержании в почве Fe и Cu. Марганец локализуется, главным образом, в листьях (в хлоропластах). Он участвует в фотосинтезе растений, входит в состав многих ферментов и ускоряет развитие растений. При недостатке марганца развиваются хлорозы [23, 262].

Молибден. Он обязательно присутствует в молодых, растущих органах, преимущественно в листьях. Этот микроэлемент

участвует в фиксации молекулярного азота атмосферы, в фотосинтезе, дыхании, синтезе нуклеиновых кислот, пигментов, витаминов и т. п. При дефиците молибдена резко тормозится рост растений, они приобретают бледно-зеленую окраску, листовые пластинки деформируются и листья преждевременно отмирают.

Визуальное обследование растений хмеля и в результате выявление по характерным признакам недостающих элементов питания, должно дать сигнал для проведения лабораторных анализов растений и почвы.

Следует помнить, что основным способом предупреждения нехватки микроэлементов при возделывании хмеля является интенсивное и систематическое применение органических удобрений. Через 2–3 года после прекращения внесения навоза может наблюдаться нехватка В, Мп, Мо.

Нехватка меди обычно не наблюдается, так как она частично вносится с фунгицидными препаратами на её основе. Определенное количество микроэлементов вносится с минеральными удобрениями.

Л. Migdal [313] подчеркивает, что если рН больше 6,0, то лучше вносить микроэлементы в некорневую подкормку, высокий эффект которой достигается при трехкратной обработке:

- 1) при высоте растений 1,5–2,0 м;
- 2) во второй половине июня;
- 3) в начале августа [313, 323].

Однако, эффективность микроэлементов зависит от конкретных почвенно-климатических условий, сортовых особенностей хмеля и многих других факторов. Дефицит микроэлементов является барьером, препятствующим получению наибольшего эффекта от применения основных минеральных удобрений. Однако исследований, в отношении поиска оптимальных условий минерального питания микроэлементами на фоне оптимальных доз макроэлементов для данной культуры, в республике до настоящего времени не проводилось.

Исследования проводились в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь на дерново-подзолистой супесчаной почве УО СПК «Путришки» Гродненского района (опыт I) и на дерново-подзолистой супесчаной почве ФХ «Магнум-Хмель» Пружанского района Брестской об-

ласти (опыт II). Установлено, что применение микроэлементов оказывает существенное влияние на урожайность шишек хмеля (табл. 11).

При внесении микроудобрений некорневым способом влияние микроэлементов на процессы роста и развития хмеля было более существенным по сравнению с их почвенным внесением. Однако, следует отметить, что погодные условия также оказывали определенное влияние на урожайность шишек хмеля при некорневой подкормке микроудобрениями.

Таблица 11 – Влияние микроудобрений на продуктивность шишек хмеля (2005–2007 гг.)

Вариант опыта	Опыт I			Опыт II		
	урожайность шишек ц/га	содержание α-кислот, %	сбор α-кислот, ц/га	урожайность шишек ц/га	содержание α-кислот, %	сбор α-кислот, ц/га
1.Контроль (без удобрений)	11,8	10,4	1,23	11,5	10,3	1,19
2.Фон –30 т/га орган. удобр. + N <sub>180</sub> P <sub>120-160</sub> K <sub>160-240</sub>	17,0	11,2	1,91	18,2	11,3	2,07
3.Фон+V <sub>1,5</sub>	18,1	11,4	2,07	19,1	12,3	2,35
4.Фон+Cu <sub>3,0</sub>	17,7	12,2	2,17	18,9	12,3	2,32
5.Фон+Zn <sub>3,0</sub>	18,4	12,0	2,27	19,5	11,7	2,30
6.Фон+V <sub>1,5</sub> Cu <sub>3,0</sub> Zn <sub>3,0</sub>	18,4	12,0	2,23	19,6	12,1	2,39
7.Фон + V <sub>(0,05+0,05+0,05)</sub>	18,4	11,5	2,13	19,5	11,7	2,28
8.Фон + V <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	19,3	11,8	2,28	20,4	12,2	2,48
9.Фон + V <sub>(0,15+0,15+0,15)</sub>	19,3	11,8	2,30	21,2	12,4	2,63
10.Фон Cu <sub>(0,05+0,05+0,05)</sub>	17,7	13,5	2,40	19,0	12,7	2,41
11.Фон + Cu <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	18,4	13,8	2,55	19,6	13,5	2,67
12.Фон + u <sub>(0,15+0,15+0,15)</sub>	19,1	14,3	2,74	20,4	13,9	2,86
13.Фон + n <sub>(0,05+0,05+0,05)</sub>	18,5	12,5	2,32	19,5	12,3	2,40
14.Фон + Zn <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	20,0	13,0	2,63	21,0	13,0	2,75
15.Фон + n <sub>(0,15+0,15+0,15)</sub>	20,6	13,2	2,73	21,4	13,0	2,79
16.Фон + V <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub> Cu <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	19,2	12,7	2,45	20,1	13,6	2,74
17.Фон + V <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub> Zn <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	20,7	13,2	2,76	21,9	13,7	3,00
18.Фон + Cu <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub> Zn <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	19,0	13,6	2,60	19,9	12,9	2,57

19.Фон + В <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub> Cu <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub> Zn <sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>	19,8	13,3	2,65	20,8	13,3	2,78
--	------	------	------	------	------	------

*Примечание – Показатели НСР<sub>05</sub> по урожайности составили в 2005, 2006 и в 2007 годах в опыте I соответственно 0,9; 1,0 и 1,1 ц/га, а в опыте II – 1,0; 0,9 и 1,0 ц/га*

Максимальная урожайность шишек хмеля была получена в 2007 году, когда в период цветения и формирования шишек (июль–август) сложились наиболее благоприятные условия по обеспеченности почвы влагой.

В 2005 году урожайность шишек была немного ниже по сравнению с 2007 годом. Минимальная прибавка урожайности от некорневого внесения микроэлементов за годы исследований была получена в 2006 году. Однако, следует отметить, что прибавка урожайности шишек хмеля от внесения микроэлементов в почву в этом году была выше, хотя этот год нельзя назвать благоприятным для роста и развития хмеля. Более высокая эффективность почвенного применения микроэлементов в 2006 г. связана с более высокой влагообеспеченностью почвы и, как следствие, лучшей их доступностью для растений. Снижению урожая в 2006 году сопутствовало также более интенсивное развитие грибковых болезней, что, в первую очередь, связано с избытком осадков в августе, в период формирования шишек хмеля.

Исследованиями установлено, что наиболее оптимальным сочетанием микроэлементов, по их влиянию на урожайность шишек, является совместное применение бора и цинка (Фон + В<sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>Zn<sub>(0,1+0,1+0,1)</sub>), что обеспечило прибавку 3,7 ц/га при средней урожайности 20,7 ц/га (опыт I) и 21,9 ц/га (опыт II). При этом следует отметить синергетическое взаимодействие этих элементов, когда их комплексное внесение дает более высокую прибавку, чем среднее арифметическое от их отдельного внесения, т.е. наблюдается усиление эффекта от их совместного применения.

С другой стороны, взаимодействие некоторых элементов может носить и антагонистический характер, снижая урожайность шишек. Примером такого взаимодействия является совместное внесение бора и меди в варианте 16 (Фон +

$B_{(0,1+0,1+0,1)}Cu_{(0,1+0,1+0,1)}$ ), меди и цинка в варианте 18 (Фон +  $Cu_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ).

При совместном внесении этих элементов отмечается антагонистическое действие этих элементов на урожайность шишек, когда совместное их внесение дает меньшую прибавку, чем среднее арифметическое от их раздельного внесения. Прибавка урожайности шишек, за три года, в вариантах 16 и 18 составила соответственно – 2,2 и 2,0 ц/га при средней урожайности 19,2 и 19,0 ц/га.

Некорневое внесение микроэлементов оказало более существенное влияние на содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля, по сравнению с их почвенным внесением. В опыте I внесение бора в трех различных дозах не оказало существенного влияния на содержание  $\alpha$ -кислот. Цинковые микроудобрения оказали существенное влияние на увеличение содержания  $\alpha$ -кислот, однако, не имели преимуществ по сравнению с внесением меди. В опыте II эффективность бора в отношении качества шишек возрастала. Максимальное содержание  $\alpha$ -кислот получено в опыте I – 14,3% и опыте II – 13,9%, при внесении максимальных доз меди (Фон +  $Cu_{(0,15+0,15+0,15)}$ ). При совместном внесении микроудобрений наибольшее содержание  $\alpha$ -кислот (13,6%) получено в варианте 18 (Фон +  $Cu_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ) в опыте I, а в опыте II – в варианте 17 (Фон +  $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ) – 13,7% и варианте 16 (Фон +  $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ) – 13,6%.

Медные микроудобрения во всех случаях существенно повышали содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля. Эффективность бора в отношении качества продукции заметно возрастала в опыте II, что связано с более низким содержанием подвижных форм бора в почве. Особенности количественного изменения содержания  $\alpha$ -кислот под влиянием бора, меди и цинка, а также их антагонистическое или синергетическое взаимодействие, связаны с качественным изменением фракционного состава  $\alpha$ -кислот.

Комплексным показателем, выражающим эффективность применения микроудобрений, является сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади, величина которого зависит как от урожайности шишек, так и от содержания в них  $\alpha$ -кислот.

Максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади в опыте I – 2,76 и в опыте II – 3,0 ц/га отмечался в варианте с совместным внесением бора и цинка (Фон +  $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ), что связано, в первую очередь, с существенным ростом урожайности шишек хмеля и, в меньшей степени, с содержанием в них  $\alpha$ -кислот.

Совместное внесение меди с цинком не имело преимуществ по сравнению с отдельным внесением этих элементов, что связано с их антагонистическим взаимодействием, когда при их парном внесении отмечалось взаимное угнетение действия этих элементов на изучаемый показатель, а совместное их внесение обеспечивало получение меньшей прибавки, чем среднее арифметическое при их отдельном внесении.

Наибольший сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади под влиянием меди в двух опытах связан, в первую очередь, с существенным увеличением содержания  $\alpha$ -кислот в шишках. Высокий сбор  $\alpha$ -кислот под влиянием цинка связан, в основном, с существенной прибавкой урожайности шишек и, в меньшей мере, зависело от содержания в них  $\alpha$ -кислот. Цинк повышал урожай шишек в большей степени, чем содержание в них  $\alpha$ -кислот.

Высокая эффективность цинка отмечалась при комплексном внесении его с бором (синергизм), что особенно проявилось в почвенно-климатических условиях фермерского хозяйства «Магнум-Хмель» Пружанского района Брестской области. На более бедных микроэлементами почвах этого хозяйства заметно возрастала эффективность борных микроудобрений.

Максимальное содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля в условиях УО СПК «Путришки» на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса – 2,0 %;  $P_2O_5$  – 184 и  $K_2O$  – 202 мг/кг (опыт I) получено в вариантах с внесением меди, а в условиях более бедной дерново-подзолистой супесчаной почве фермерского хозяйства «Магнум-Хмель» с содержанием гумуса – 1,88 %,  $P_2O_5$  – 171 и  $K_2O$  – 169 мг/кг почвы (опыт II) – при внесении меди и бора. Микроэлементы по степени их влияния на содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля можно расположить в следующем порядке:  $Cu > B > Zn$ , а по степени их влияния на рост урожайности шишек хмеля:  $Zn > B > Cu$ .

Максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади под влиянием меди в условиях обоих хозяйств, связан, в первую очередь, с существенным увеличением содержания  $\alpha$ -кислот в шишках, что особенно характерно для условий фермерского хозяйства «Магнум-Хмель» (опыт II), где содержание подвижных форм меди всего – 1,9 мг/кг почвы. Наиболее высокое содержание  $\alpha$ -кислот получено в вариантах с внесением меди.

Высокий сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади под влиянием цинка был связан, в первую очередь, с существенным увеличением урожайности шишек и в меньшей степени – с содержанием в них  $\alpha$ -кислот. Цинк повышал массу урожая в большей степени, чем содержание в шишках  $\alpha$ -кислот.

Наиболее высокая эффективность цинка в увеличении урожайности шишек и содержания в них  $\alpha$ -кислот отмечалась при комплексном внесении его с бором, что особенно проявилось в условиях фермерского хозяйства «Магнум-Хмель», где содержание подвижных форм бора и цинка в почве составило соответственно всего – 0,5 мг/кг и – 3,2 мг/кг. На более бедных микроэлементами почвах этого хозяйства, кроме цинка, заметно возрастала и эффективность борных микроудобрений.

Расчеты показали, что наиболее экономически выгодным в двух опытах являлось совместное некорневое внесение бора и цинка (Фон +  $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ), которое обеспечивало получение наибольшего дополнительного чистого дохода – 5375,3-5620,3 тыс. руб./га при максимальном уровне рентабельности – 161,9–182,8%.

Таким образом, при возделывании хмеля на дерново-подзолистой супесчаной почве для формирования максимальной урожайности шишек хмеля на уровне 20,7–21,9 ц/га с содержанием  $\alpha$ -кислот 13,2–13,7% при максимальном сборе  $\alpha$ -кислот 2,76–3,00 ц/га рекомендуются некорневые подкормки борными и цинковыми микроудобрениями ( $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ) на фоне – 30 т/га навоза +  $N_{180}P_{120-160}K_{160-240}$ .

Наиболее экономически эффективным является вариант, включающий совместное некорневое внесение борных и цинковых микроудобрений (Фон +  $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ), который обеспечивает получение максимального дополнительного чистого

го дохода – 5375,3–5620,3 тыс. руб./га при максимальном уровне рентабельности – 161,9–182,8% [158, 160, 163, 164].

### **6.5. Известкование почвы**

Кальций. Для нормального роста надземных органов и корней растений необходим кальций. Потребность в нем проявляется еще в фазе прорастания. В растениях хмеля кальций служит структурным элементом клеточных стенок растения. С наличием этого элемента в растениях тесно связан процесс фотосинтеза. Хотя кальций и не входит в состав хлорофилла, однако, зеленые растения всегда богаты этим элементом. В сочетании с калием кальций регулирует обмен веществ в растениях, в том числе, водный обмен, оказывает влияние на превращение азотистых веществ, участвует в построении нормальных клеточных оболочек и установлении благоприятного кислотно-щелочного равновесия в растениях, повышает устойчивость растений к болезням. При недостатке кальция страдает, прежде всего, корневая система. Рост и развитие корней приостанавливаются, они становятся тонкими, не образуют боковых корешков и корневых волосков, ослизняются и темнеют, поглотительная способность их ослабевает. При недостатке кальция ухудшается также развитие надземных органов. В частности, к характерным признакам кальциевого голодания относятся задержка роста листьев, появление светло-желтых пятен, а затем их отмирание. Старые листья содержат кальция больше, чем молодые. Повторно в растении кальций использоваться не может, поскольку он содержится, главным образом, в листьях и стеблях, а не в семенах. Большая часть его со временем возвращается на поля. Убыль кальция из почвы происходит не столько вследствие выноса его урожаем, сколько в результате выщелачивания. В большинстве почв содержится вполне достаточное количество кальция для питания даже самых требовательных к этому элементу культур. Однако, на бедных кальцием кислых песчаных и супесчаных почвах может возникнуть потребность в его внесении не только для нейтрализации кислотности, но и для улучшения обеспечения им как питательным элементом [123, 250].

Хмель относится к растениям, нуждающимся в большом количестве кальция. Каждый год с 1 га плантации отчуждается с

урожаем около 200 кг СаО. Хмель может возделываться на почвах с рН от 5,8 до 7,9, но оптимальное значение – 6,0–6,4 [313].

К важнейшим причинам увеличения кислотности почвы относятся:

- вымывание кальция за пределы досягаемости корневой системы осадками;
- отчуждение с урожаем;
- подкисление почвы минеральными удобрениями, главным образом, азотными (например, для нейтрализации 1 кг N содержащегося в  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  нужно 4-5 кг СаО).

Таким образом, эти причины и обуславливают потери кальция, которые достигают 1500 кг СаО с 1 га плантации в год. Поэтому на всех хмельниках кислотность почвы должна систематически контролироваться (через 4-5 лет), а падение рН почвы ниже оптимального – сигнал для проведения известкования [313, 323].

Кальций, внесенный в почву в составе известкового удобрения, способствует сохранению питательных веществ в почве и связывает образующиеся в почве кислоты, создавая комковатую структуру. Тяжелые почвы, в результате внесения кальция, приобретают более рыхлую структуру, лучше снабжаются воздухом и водой, быстрее прогреваются. Оптимальный уровень известкования почвы способствует активному развитию полезных почвенных организмов [16].

Основой для определения дозы известкового удобрения является рН солевой вытяжки почвы, определенной на основе агрохимического анализа. На более кислых почвах дозу известковых удобрений увеличивают. Считается, что для изменения рН на 0,1 следует внести на 1 га поля определенное количество известкового удобрения, зависящее от типа почвы (табл. 11) [313, 323].

Для пересчета дозы СаО на физический вес выбранного известкового удобрения следует учитывать процентное содержание в нем СаО. Вносимое количество СаО умножается на разность между оптимальным для хмеля значением рН (6,3) и фактическим, а полученное таким образом число и определяет дозу

известковых удобрений. Установлены примерные нормы СаО для изменения рН на 0,1 единицы (табл. 12).

Следует учитывать, что разовое изменение рН не может быть больше 1,0 (например, при фактическом значении рН – 4,7; однократное изменение рН не может превышать – 5,7). Следовательно, очень кислые почвы известкуются за несколько этапов. Оптимальным сроком внесения известкового удобрения считается ранняя осень (после уборки урожая хмеля), что позволяет добиться его равномерного перемешивания с почвой. Лучше вносить известь по всей поверхности почвы сразу же после уборки растительных остатков хмеля с последующей обработкой культиватором для равномерного перемешивания.

Таблица 12 – Нормы СаО для изменения рН на 0,1ед [313]

Тип почвы	Норма СаО, т/га
Дерново-подзолистые супесчаные	0,26
Дерново-подзолистые легкие суглинки	0,32
Дерново-подзолистые средние и тяжелые суглинки, глинистые	0,40

Нужно избегать совместного внесения минеральных и известковых удобрений, а также известкования и внесения навоза, разница во времени между ними должна быть не менее 20 дней. Если в каком-либо году совпадают сроки внесения навоза и известкового удобрения, то органику вносят через 3 недели после известкования [39, 52, 223, 313]. Наиболее универсальным известковым удобрением, применяемым на всех типах почв, является доломитовая мука, которая кроме кальция содержит и магний [14, 16, 123, 223].

Магний. Для нормального развития растений хмеля необходим магний, который играет важную роль в различных жизненных процессах растения. Он входит в состав молекулы хлорофилла и принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Участвует в передвижении фосфора по растению, активизирует некоторые ферменты, влияет на окислительно-восстановительные процессы в тканях растений, ускоряет образование углеводов. Вместе с фос-

фором он содержится во всех растущих частях растений и в семенах. Он подвижен и может использоваться повторно. Из старых листьев магний передвигается в молодые, а после цветения концентрируется в зародыше семян. При хорошем обеспечении магнием в растениях хмеля усиливаются восстановительные процессы, что способствует более активному образованию лупулина, накоплению эфирных масел, горьких веществ, жиров и др. Недостаток магния вызывает снижение содержания хлорофилла в зеленых частях растений. Листья, в первую очередь нижние, становятся пятнистыми, «мраморовидными», бледнеют между жилками. Со временем они желтеют, скручиваются с краев и преждевременно опадают. Рост растений и их развитие замедляются. Дефицит магния особенно ощущается на легких почвах, из которых он легко вымывается. Большие дозы калия, вносимые в почвы, недостаточно снабженные магнием, затрудняют поглощение магния в требуемом количестве. При внесении удобрений необходимо обеспечить правильное соотношение между калием и магнием. Чистые магниесодержащие минеральные удобрения применяются редко. В почву вносят такие удобрения, которые содержат магний в качестве компонента примеси. К числу таких удобрений относится, в частности, навоз, внесение которого на хмельнике крайне необходимо. Хотя на дерново-подзолистых почвах, недостаточно обеспеченных магнием, рекомендуется вносить магниесодержащие удобрения. При низком уровне содержания магния в почве доза внесения его составляет 50-60 кг, при среднем — 40-50, высоком — 30 и очень высоком — 20 кг действующего вещества на 1 га [14, 17, 123].

Низкое содержание легкодоступного Mg (менее 40 мг/кг почвы) на большей части плантаций хмеля в европейских странах (более 70%), говорит о необходимости внесения магния в почву (40-50 кг/га по д. в.). Эффективность действия магния зависит от степени растворимости применяемого химического соединения. Легкорастворимые  $MgSO_4$  и  $MgCl_2$  действуют кратковременно и вымываются в течение одного вегетационного периода. Карбонатные и кремниевые формы действуют более медленно и влияют на урожайность в течение нескольких лет [347].

Большинство минеральных магнийсодержащих удобрений, а также известковых, следует вносить с осени, что снижает потери. Удобрения, содержащие магний в форме  $MgSO_4$  вносят весной, после закладки растений на поддержки. Сульфат магния можно вносить и в некорневую подкормку. Для этого применяют 2% раствор  $MgSO_4$  и проводят 3-4 опрыскивания за период вегетации. Кроме навоза, основным источником магния являются известковые удобрения, содержащие этот элемент, в частности доломитовая мука [18, 229].

На кислых почвах со средней обеспеченностью магнием, доломитовую муку применяют каждый второй или третий раз в ротации известкования, а именно – каждые 6-8 или даже 10-12 лет. С дозой 2,5 т/га доломитовой муки, содержащей 15%  $MgO$  + 45%  $CaO$ , вносится однократно в почву около 375 кг  $MgO$ , что при систематическом применении навоза обеспечивает потребность хмеля в магнии на несколько лет [12, 18].

На нейтральных почвах, слабо обеспеченных легкодоступным магнием, рекомендуется применять  $MgSO_4$  (15%  $MgO$ ) – 500 кг/га; кизерит (20%  $MgO$ ) – 330 кг/га; кармаг (30%  $MgO$ ) – 250 кг/га и др. формы. Эти удобрения вносятся весной [313, 346].

## **6.6. Применение комплексных удобрений при возделывании хмеля**

Оптимизация минерального питания хмеля – важнейший фактор роста его продуктивности. Одним из рациональных путей повышения эффективности минеральных удобрений и уменьшения их негативного воздействия на почвы, воды и окружающую среду является применение новых видов и форм комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений пролонгированного действия [320]. Элементы питания из этих удобрений постепенно освобождаются в течение вегетационного периода при взаимодействии их с почвой, что имеет важные экологические, агрономические и экономические преимущества по сравнению со стандартными формами минеральных удобрений [80]. Исследований, по эффективности применения комплексных медленнодействующих удобрений с микроэлементами при воз-

дельвании хмеля в условиях нашей республики для данной культуры до настоящего времени не проводилось.

Одна из задач наших исследований – установить влияние комплексных минеральных удобрений с микроэлементами пролонгированного действия, вносимых в почву, не только на урожайность, но и на пивоваренные показатели качества шишек хмеля.

В 2006–2008 годах на хмельнике УО СПК «Путришки» Гродненского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 40 см моренным суглинком, изучалась эффективность комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками. Агрохимическая характеристика почвы: рН<sub>КС1</sub> – 6,0-6,1, содержание гумуса – 2,0 %; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 184-190 и K<sub>2</sub>O – 202-212 мг/кг почвы; по содержанию подвижных форм бора, меди и цинка почва относится к II (средней) группе обеспеченности. Сорт хмеля – Hallertauer Magnum (Германия).

Комплексные минеральные удобрения с микроэлементами с соотношением элементов питания 13:12:19 и 13:7:17 вносились в различных дозах ранней весной, до начала вегетации хмеля. Подкормка азотом проводилась во второй декаде июня при высоте растений 4,5–5,0 м, а также в начале образования и роста боковых побегов. За основу расчетов доз удобрений взята доза азота N<sub>180</sub>, на основании результатов предыдущих исследований, когда были установлены оптимальные для хмеля нормы азотно-фосфорно-калийных удобрений – N<sub>180</sub>P<sub>120–180</sub>K<sub>160–240</sub> (в зависимости от уровня плодородия почв) [155].

На втором этапе исследований проводился анализ образцов шишек хмеля в Республике Польша (г. Пулавы, в лаборатория Instytutu nawozow sztucznych). Определялось содержание в шишках α- и β-кислот и их компонентный состав (когумулон, гумулон, адгумулон, колупулон, адлупулон и лупулон).

Результаты исследований (2006-2008 гг.) показали, что применение комплексных минеральных удобрений пролонгирующего действия оказывает положительное влияние на рост урожайности шишек и увеличение массы 100 шишек (табл. 13).

Полученные данные показали, что внесение стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) на фоне орга-

нических, способствовало формированию урожая шишек хмеля 16,6 ц/га с массой 100 шишек 14,5 г и содержанием  $\alpha$ -кислот 11,6%, что обеспечило их выход с единицы площади 1,94 ц/га.

Применение на фоне органических удобрений комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с модифицирующими добавками, включающими серу, бор, цинк, марганец и железо, повысило урожайность шишек до 18,4 ц/га, однако, при этом, существенные прибавки относительно стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений получены только в 2007 и 2008 годах.

Таблица 13 – Влияние форм минеральных удобрений на урожайность и качество хмеля (УО СПК «Путришки» Гродненского р-на, 2006–2008 гг.)

Вариант опыта	Урожайность шишек, ц/га	Масса 100 шишек, г	Содержание $\alpha$ -кислот, %	Сбор $\alpha$ -кислот, ц/га
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	13,2	11,8	11,0	1,46
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений NPK) в основное внесение + N <sub>50</sub> в подкормку.	16,6	14,5	11,6	1,94
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> )* – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	18,4	15,6	11,6	2,16
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> )** – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	<b>19,3</b>	<b>16,6</b>	<b>12,2</b>	<b>2,37</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> )** – комплексное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	16,5	14,1	10,6	1,81

Примечание: \* – комплексное минеральное удобрение (NPK – 13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор,

цинк, марганец и железо +  $N_{50}$  в подкормку; \*\* – комплексное удобрение (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой, включающей серу, бор, цинк, железо, связующие и биологически активное вещество «гидрогумат» +  $N_{50}$  в подкормку; \*\*\* – комплексное бесхлорное удобрение (13:7:17) с 3-й модифицирующей добавкой, включающей серу, магний, бор, цинк, железо +  $N_{50}$  в подкормку [20, 21, 22].

Показатели  $HCP_{05}$  по урожайности составили в 2006, 2007 и в 2008 годах соответственно 1,1; 1,4 и 1,2 ц/га, а по содержанию  $\alpha$ -кислот – 0,6; 0,7 и 0,7%. Средние расчетные значения  $HCP_{05}$  за три года по урожайности – 1,1 ц/га, а по содержанию  $\alpha$ -кислот – 0,6%

Содержание  $\alpha$ -кислот осталось на том же уровне, что и при внесении стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (11,6%). Применение комплексных удобрений (13:12:19) способствовало увеличению массы 100 шишек до 15,6-16,6 г., особенно, при дополнительном введении в состав этого удобрения связующих (водорастворимые полимеры, полиакриламид и др.) и биологически активных веществ.

При внесении комплексного удобрения с добавками серы, бора, цинка, железа, связующих и биологически активных веществ (вариант 4 со 2-й модифицирующей добавкой) урожайность шишек и содержание в них  $\alpha$ -кислот существенно возросли по сравнению со стандартной смесью азотно-фосфорно-калийных удобрений (вариант 2) и составили соответственно – 19,3 ц/га и 12,2%, что обеспечило максимальный их сбор с единицы площади – 2,37 ц/га.

В опытах также изучались комплексные бесхлорные удобрения пролонгирующего действия с соотношением элементов питания 13:7:17 ( $N_{130}P_{70}K_{170}$ ), имеющих в своем составе серу, магний, бор, цинк и железо (вариант 5). Этот состав элементов имел преимущество перед вариантом 2 с внесением стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) в норме  $N_{180}P_{120}K_{190}$  в том, что при меньших дозах внесения фосфора получен одинаковый уровень урожайности шишек. С другой стороны, этот состав (13:7:17) не имел преимуществ перед соотношением NPK – 13:12:19 по показателям продуктивности хмеля. Из данных таблицы 12 видно, что в варианте 5 урожайность шишек составила всего 16,5 ц/га при содержании  $\alpha$ -кислот

10,6%. Это связано, главным образом, с недостаточным содержанием фосфора в составе комплексного удобрения. Применение бесхлорных удобрений обеспечивает получение такого же уровня урожайности, как и в варианте 2 при внесении смеси стандартных туков, хотя доза фосфора при этом составляет всего 70 кг/га по д.в.

В опытах рассчитывались элементы структуры урожая хмеля (табл. 14). Комплексные удобрения оказали заметное влияние на особенности формирования листовой массы и структуры урожая хмеля. Так, если на фоне органических удобрений площадь листьев составила 37,4 тыс. м<sup>2</sup>/га, а сбор листовой массы 12,7 ц/га, то при внесении на этом фоне стандартной смеси минеральных удобрений (вариант 2) эти показатели существенно возросли до 45,4 тыс. м<sup>2</sup>/га и 15,7 ц/га соответственно. Внесение комплексных удобрений с микроэлементами (варианты 3 и 4) способствовало заметному росту площади листьев до 48,9–49,6 м<sup>2</sup>/га и их массы до 17,1–17,6 ц/га. Особенно возростали они при внесении комплексного удобрения с добавками серы, бора, цинка, железа, связующих и биологически активных веществ (вариант 4) – соответственно до 49,6 тыс. м<sup>2</sup>/га и 17,6 ц/га.

Таблица 14 – Влияние форм минеральных удобрений на структуру урожая хмеля (2006-2008 гг.)

Вариант опыта	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	Листовая масса, ц/га	Соотношение: шишки/листовая масса	Масса 1 м <sup>2</sup> листовой поверхности, г/м <sup>2</sup>
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	37,4	12,7	1,04	34,0
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений НРК) в основное внесение + N <sub>50</sub> в подкормку.	45,4	15,7	1,06	34,6
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей	48,9	17,1	1,08	35,0

добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку				
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	<b>49,6</b>	<b>17,6</b>	<b>1,09</b>	<b>35,5</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> ) – комплексное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	45,6	15,6	1,06	34,2

Под влиянием комплексных удобрений (13:12:19) формирование листовой массы и ее площадь возрастали более быстрыми темпами, чем от внесения комплексных удобрений с соотношением NPK – 13:7:17. Это, в конечном итоге, сказалось и на величине урожая хмеля, так как развитие генеративных органов (шишек) во многом зависит от степени развития и особенностей формирования вегетативной массы. Полученные данные показывают, что применение комплексных удобрений (13:12:19) способствовало увеличению площади листовой поверхности, ее массы и доли шишек в структуре урожая с 1,06 до 1,09, особенно при дополнительном введении в состав этого удобрения связующих и биологически активных веществ. При внесении данных удобрений физиологические процессы протекают так, что масса шишек растет более быстрыми темпами, чем масса листьев хмеля.

В опытах рассчитывалось соотношение массы листьев к их площади или, образно говоря, массы единицы площади листа. Более высокие показатели массы 1 м<sup>2</sup> листовой поверхности (35,5 г/м<sup>2</sup>) получены при внесении комплексных удобрений (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой. Масса листьев хмеля при этом увеличивается быстрее, чем их площадь, о чем свидетельствует изменение этого показателя с 34,6 до 35,5 г/м<sup>2</sup>. Следует отметить, что опережающий рост листовой массы хмеля относительно ее площади имеет прямую связь с максимальной массой 100 шишек хмеля и содержанием в них α-кислот.

При внесении бесхлорных форм удобрений (вариант 5) снижается площадь и масса листьев до уровня варианта 2 с вне-

сением стандартной смеси азотно-фосфорно-калийных удобрений, однако, это связано, на наш взгляд, не с формой удобрения, а с меньшей дозой фосфора.

Эффективность комплексных удобрений с соотношением NPK – 13:12:19 частично объясняется введением в их состав цинка, что связано с высокой физиологической потребностью хмеля в этом элементе. Цинк входит в состав различных ферментов: карбоангидразы, триозофосфатдегидрогеназы, пероксидазы, оксидазы, полифенолоксидазы и др. Обнаружено, что большие дозы фосфора и азота усиливают признаки недостаточности цинка у растений и, что цинковые удобрения особенно необходимы при внесении высоких доз фосфора [40, 256, 302].

При проведении исследований рассчитывались элементы структуры урожая хмеля: количество листьев хмеля и средняя масса одного листа (табл. 15).

Таблица 15 – Влияние разных форм минеральных удобрений на особенности формирования листьев хмеля (2006-2008 гг.)

Вариант опыта	Количество листьев на 1 растение, шт.	Средняя масса 1 листа, г.
1. Фон (30 т/га органических удобрений)	4598	0,124
2. Фон + N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> (смесь стандартных удобрений NPK) в основное внесение + N <sub>50</sub> в подкормку.	4863	0,147
3. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) с 1-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	4943	0,156
4. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>120</sub> K <sub>190</sub> ) – комплексное (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку	5002	<b>0,158</b>
5. Фон + (N <sub>130</sub> P <sub>70</sub> K <sub>170</sub> ) – комплекс-	4870	0,148

ное (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N <sub>50</sub> в подкормку		
---	--	--

Полученные данные показали, что применение всех форм азотно-фосфорно-калийных удобрений способствовало увеличению количества листьев и средней массы одного листа. Наиболее крупные по массе листья (0,158 г) получены в вариантах с применением комплексных удобрений (13:12:19), особенно, при дополнительном введении в состав этого удобрения связующих и биологически активных веществ. Применение комплексных удобрений приводит к увеличению количества листьев на одном растении.

Полученные данные показали, что применение на фоне органических удобрений, комплексных минеральных удобрений (НРК – 13:12:19) с модифицирующими добавками, включающими серу, бор, цинк, марганец и железо, повышало количество листьев на одном растении хмеля до 4943 штук, а среднюю массу одного листа до 0,156 г. При внесении комплексного удобрения с добавками серы, бора, цинка, железа, связующих и биологически активных веществ (вариант 4) количество листьев увеличилось (до 5002 штук) и возросла средняя масса одного листа (до 0,158 г). Как видим, вариантам с максимальной урожайностью шишек хмеля соответствуют максимальные показатели соотношения массы шишек к листьям, наибольшая масса единицы площади листа и средняя масса одного листа.

Таким образом, максимальная урожайность хмеля и наибольший выход  $\alpha$ -кислот с единицы площади для сорта Н. Magnum получены при использовании комплексных удобрений (марка НРК – 13:12:19) с различными модифицирующими добавками серы, бора, цинка, железа, связующих и биологически активных веществ в дозе – N<sub>130</sub>P<sub>120</sub>K<sub>190</sub> (или 930 кг/га в физическом весе) с дополнительным внесением в подкормку N<sub>50</sub> (во второй декаде июня, в начале образования и роста боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м) на фоне 30 т/га органических удобрений.

В заключение следует отметить, что применение на фоне 30 т/га органических удобрений, комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с модифицирующими добавками, включающими серу, бор, цинк и железо, связующих и биологически активных веществ, способствует получению максимальной урожайности шишек хмеля (19,3 ц/га) и прибавки (2,7 ц/га) по сравнению с вариантом, где вносилась стандартная смесь минеральных удобрений. При этом, содержание  $\alpha$ -кислот возросло с 11,6% до 12,2%, что обеспечило их сбор 2,37 ц/га, а прибавку – 0,43 ц/га. Варианту, с максимальной урожайностью шишек хмеля и содержанием  $\alpha$ -кислот, где вносились комплексные минеральные удобрения (NPK – 13:12:19) с модифицирующими добавками, включающими серу, бор, цинк и железо, связующие и биологически активные вещества, соответствуют как максимальная масса 100 шишек, так и их доля в структуре урожая, наибольшая масса единицы площади листа и максимальная средняя масса одного листа. Применение данных комплексных удобрений способствовало смещению соотношения массы шишек к листовой массе в пользу шишек и соотношения листовой массы к ее площади в пользу листовой массы.

## **7. Защита хмеля от болезней, вредителей и сорной растительности**

Рациональная защита растений хмеля от болезней, вредителей и сорняков требует точной их идентификации, учета порогов их вредоносности, правильного выбора пестицидов и своевременное выполнение защитных мероприятий в соответствии с биологическими особенностями хмеля и особенностями развития вредителей, болезней и сорной растительности. Научно-обоснованная технология выращивания хмеля должна предусмотреть обязательную разработку программы химической защиты растений от болезней, вредителей и сорняков. В противном случае, как показал практический опыт хмелеводческих хозяйств Беларуси, игнорирование этого требования может привести к серьезным потерям урожая и его качества, а прибыль от реализации продукции может не превысить затрат на выращивание хмеля. Грамотное применение средств защиты требует согласования с экологическими факторами, влияющими на развитие болезней, вредителей и сорняков, предусматривает прогнозирование появления и развития болезней, вредителей и сорной растительности на хмельнике. Засоренность его – существенный негативный фактор, влияющий на уровень урожая и качество получаемой продукции. Сорняки, вынося элементы питания из почвы, ухудшают условия роста и развития хмеля. Урожайность может снижаться на 10-20%, а при нарушении агротехники эти потери могут возрастать до 30-40% [99, 100].

### **7.1. Экологические факторы, влияющие на развитие болезней, вредителей, сорняков**

Для грамотной защиты хмеля от болезней, вредителей и сорной растительности, предупреждения их появления и развития следует знать причины, влияющие на изменение численности этих видов. Необходимую информацию предоставляет наука экология, которая занимается изучением зависимостей и связей между живыми организмами и окружающей средой. Только на основе результатов экологических исследований можно изучить такие важные для практической деятельности проблемы, как географическое распространение и вредоносность отдельных видов патогенных организмов и количественные колебания в их популяциях, а также разработать основные элементы прогнозирования и сигнализации появления болезней и вредителей на хмельниках. Поэтому необходимо изучить взаимодействие между живыми организмами и окружающей средой и, на основании этих исследований, решить такие важные практические проблемы, как географическое распространение и вредоносность отдельных видов патогенных организмов, а также количественные колебания в их популяциях. Это даст возможность выработать рекомендации для прогнозов предупреждения развития болезней и распространения вредителей в конкретных почвенно-климатических условиях Беларуси. Совокупность факторов окружающей среды, воздействующих на возбудителей болезней и вредителей, можно разделить на факторы окружающей среды (абиотические) и биологические факторы (биотические).

**Факторами окружающей среды** (абиотическими) являются все явления неживой природы, воздействующие на живые организмы. К ним относятся, прежде всего:

- температура;
- влажность;
- свет;
- почва;
- движение воздуха (ветер);

Температура. Среди атмосферных факторов температура в большей степени влияет на развитие патогенных организмов и,

прежде всего, насекомых. У насекомых температура тела переменная и зависит от температуры среды. Поэтому температура является тем фактором, который регулирует обмен веществ в их организме и влияет на их поведение. В целом, более высокая температура способствует большей их подвижности, вызывая часто массовые перемещения вредителей. Каждый вид имеет свои температурные границы, в которых они могут жить. Если границы нарушены, наступает гибель насекомых.

Температура, как фактор, непосредственно воздействующий на патогенные грибы, в редких случаях может предотвратить эпидемии болезней. Изменение температуры в течение года, её суточные колебания в период вегетации растений редко переходят границы, за которыми не способен развиваться паразитирующий гриб. Очень низкая температура в зимний период не убивает возбудителей болезней, однако может приостановить их развитие, нарастающее в течение нескольких лет.

Температура оказывает существенное влияние на прорастание и развитие сорной растительности, особенно в ранневесенний период. При создании благоприятных температурных условий для развития сорняков следует предусмотреть мероприятия по борьбе с ними.

Влажность. Источником влаги для патогенных организмов являются осадки, роса и почва. От влажности среды зависят их основные жизненные функции. Недостаток влаги вызывает потерю её организмом вредителя, что в свою очередь вызывает замедление его развития, а при дальнейшем понижении влажности может привести и к его гибели. Особенно зависят от влажности почвенные вредители. Влажность почвы оказывает значительное влияние на развитие сорной растительности. Как правило, с увеличением влажности почвы возрастает прорастание семян сорняков, развитие многолетней сорной растительности, что, в конечном итоге, приводит к увеличению степени засоренности хмельника.

Развитие болезней растений хмеля в большей степени зависит от влажности воздуха и почвы, чем от осадков. В сухие годы многие болезни не представляют существенной угрозы для растений (например, ложная мучнистая роса). Однако, при избытке влаги весной и летом можно ожидать усиление степени их

развития. Высокая влажность играет решающую роль в развитии эпидемий, вызываемых грибами, споры которых прорастают только во влажной среде (например, *Pseudoperonospora humuli* Miy, et Tak). Частые дожди, вызывающие перемещение спор грибов, длительное увлажнение листьев и умеренная температура вызывают сильные эпидемии многих болезней растений, в том числе ложной мучнистой росы на хмеле, парши и серой плесени яблони, фитофтороза картофеля.

Влажность и температура совокупно влияют на развитие болезней и вредителей, что является так называемым, «агротермическим фактором» [313]. Большая зависимость развития болезней и вредителей от влажности и температуры используются в прогнозировании и предупреждении эпидемий болезней. Знание точной зависимости развития организмов вредителей от температурных условий и влажности позволяет предвидеть появление и вспышки развития вредителей и болезней. Благодаря этому можно своевременно спрогнозировать возможную вредоносность вредителей и болезней для хмеля, а также сорной растительности.

Свет. От этого фактора в меньшей степени зависит развитие грибных болезней, но он может оказать значительное влияние на усиление симптомов некоторых вирусных болезней, вызывающих местный хлороз. Интенсивное освещение усиливает чувствительность растений к болезням, вызванными не свойственными для них организмами, к которым относятся, в числе других, представители родов *Fusarium* и *Botrytis*.

Однако, свет довольно значим в жизни насекомых, которых можно разделить на дневных и ночных, то есть избегающих свет или летящих на него. Отдельно можно рассматривать и реакцию насекомых на длительность светового дня. Такие вредители, как блошки, проявляют самую большую прожорливость, плодовитость и подвижность в период наиболее длинных световых дней. С уменьшением продолжительности светового дня вредитель замедляет свое развитие, несмотря на возможность достаточного питания. Знание реакций вредителей на свет является важной составляющей в прогнозировании их появления и развития.

Почва. Она является местом существования многих патогенных организмов и вредителей. Многие из них проводят в почве часть, а некоторые всю жизнь. Условия их существования зависят от гранулометрического состава и структуры почвы. Именно эти параметры влияют на обеспеченность почвы влагой и определяют количество в ней воздуха. Потребности вредителей отличаются. Некоторые виды проволочника любят тяжёлые влажные почвы, а другие – лёгкие и структурные. На температуру и влажность почвы заметно реагируют патогенные организмы, развивающиеся в ней не постоянно, а в течение определенного периода. На развитие насекомых и патогенных организмов заметное влияние оказывают кислотность почвы (в кислых почвах фауна очень бедная), а также процентное содержание в ней кислорода и углекислого газа.

Движение воздуха или ветер. Многочисленные наблюдения подтверждают значимость ветра в распространении вредных организмов. Благодаря движению воздуха отдельные насекомые, а чаще целые популяции мелких организмов, переносятся на новые территории, где заселяют культурные растения. При сильном ветре насекомые могут перемещаться на сотни и даже тысячи километров. Такие перемещения и перелёты большого числа насекомых на значительные расстояния называются миграциями. Они могут стать причиной массового появления вредителей, носящего характер стихийного бедствия. Ветер разносит на значительные расстояния споры болезнетворных грибов. Так, в 60-х годах прошлого столетия, на плантациях табака в Польше неожиданно массово появилась мучнистая роса. Было установлено, что споры патогенного организма, вызывающего это заболевание, распространились с помощью ветра из юго-восточной Европы [313].

Развитие вредных организмов зависит от биологических факторов. Понятие «биологический фактор» вмещает в себя наличие всех живых организмов, растительных и животных, влияющих непосредственно или косвенно на развитие патогенных организмов и вредителей в данной среде.

Во-первых, одним из наиболее значимых биологических факторов является обеспеченность пищей грибных организмов и вредителей. Существуют вредители, которые питаются многими

видами растений и, в связи с этим, не испытывают трудностей с пищей. Эти виды называются многоядными. К ним относятся проволочники, личинки пластинчатоусых, гусеницы совок и другие. Вредители, развивающиеся на растениях, относящихся к одному роду, называются – олигофаги, а на одном виде растений – монофаги. Одноядные виды наиболее зависимы от корма, т. к. могут жить только там, где выращивается определенное растение – источник пищи. Когда оно исчезает, вредители гибнут либо перемещаются в другие районы.

Во-вторых, большое значение в регулировании численности вредных организмов играют явления паразитизма и хищничества. Паразитизм – это форма симбиоза, которая только одному из них – паразиту, приносит пользу и вызывает гибель или угнетение другого вида, за счет которого он питается. Хищничество – это уничтожение жертвы, прежде убитой или парализованной. Можно привести множество примеров паразитизма и хищничества из жизни растений и насекомых. К примеру, тля, вначале развивающаяся на сливе, являющаяся опасным вредителем хмеля, поедается божьими коровками и златоглазкой. Явление паразитизма и хищничества используется в борьбе со злостными вредителями культурных растений.

Одним из факторов, ограничивающих численность вредителей, является развитие вирусных и грибных болезней.

К **биологическим факторам** относится также деятельность человека, который воздействует на патогенные организмы и вредителей путем проведения агротехнических мероприятий. Неправильное применение удобрений, нарушение агротехники или плохо проведенная мелиорация почв могут стать причиной появления многих заболеваний и вредителей. Создание оптимальных условий для роста и развития растений часто предотвращает массовое развитие болезней и вредителей хмеля. Несомненно, наиболее радикальное влияние на развитие вредных организмов оказывает человек, путем применения химических средств для защиты растений. Это оказывает влияние на весь биоценоз, т.е. совокупность организмов, находящихся в состоянии динамического равновесия в данных условиях и обитающих на определенной территории с приблизительно одинаковыми условиями среды. Пестициды, уничтожая патогенные организмы

и вредителей, сохраняют значительную часть урожая. Однако, часто они (пестициды) вызывают нежелательные последствия для человека. Например, уничтожая тлю, человек уничтожает и божью коровку, которая поедает личинки этого вредителя. Кроме того, многократное и систематическое применение инсектицидов, содержащих одно действующее вещество, приводит к появлению устойчивости к нему многих вредителей и патогенных организмов. Этого допускать нельзя, необходимо чередовать фунгициды и инсектициды.

## **7.2. Прогнозирование появления и развития болезней и вредителей**

Прогнозирование – это предвидение появления патогенных организмов, определение степени угрозы и опасности их развития и, в конечном итоге, установление необходимости проведения защитных мероприятий на основании анализа состояния растений хмеля и степени развития болезни или вредителя.

Для эффективного использования системы прогнозирования необходимо провести ряд мероприятий:

- оценку количества вредных организмов и их естественных врагов в начале цикла развития;
- наблюдение за состоянием погоды и прогноз ее изменений в течение всего периода, охватываемого прогнозом.

Использование системы прогнозирования на хмеле оказывает влияние на решение следующих вопросов:

- проведение защитных мероприятий в наиболее оптимальные сроки, что гарантирует их максимальный экономический эффект и создает условия для получения высокого и качественного урожая шишек;
- уменьшение затрат труда и расходов на защиту растений;
- уменьшение загрязнения окружающей среды пестицидами и снижение до минимума их содержания в урожае, почве и грунтовых водах и, в некоторой степени, снижение дисбаланса биологической среды;

- недопущение привыкания возбудителей болезней и вредителей к химическим препаратам, так как некоторые виды грибов и вредителей достаточно быстро вырабатывают устойчивость к химическим препаратам при часто повторяющихся опыливаниях пестицидами, содержащих одинаковую активную субстанцию [313, 323].

### **7.3. Болезни хмеля и применение фунгицидов**

Болезнь растительного организма – это нарушение физиологического процесса, вызванное внешними факторами, проявляющимися в изменениях внешнего вида растения и угрожающего его существованию.

Физиологически процесс болезни возникает вследствие нарушения процессов роста, способности к размножению и питанию, плотности тканей, водного баланса внутри растения и дыхания.

Все болезни хмеля можно разделить на 2 группы: инфекционные и неинфекционные.

I. Инфекционные болезни, в свою очередь, делятся на 3 группы: грибные, бактериальные и вирусные.

Грибные болезни:

1) ложная мучнистая роса (*Pseudoperonospora humuli* Miy, et Tak);

2) мучнистая роса (*Sphaerotheca humuli* DC.(Burill);

3) серая плесень (*Botrytis cinerea* Pers);

4) вертициллез (*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth., *V. dahliae* Kleb);

5) фузариоз (*Fusarium sambucinum* Fuck и *Fusarium culmorum* W. G. Smith Sacc.);

6) черная гниль корней (*Phytophthora citricola* Sawada).

Бактериальная болезнь: шишковатость корней (*Agrobacterium tumefaciens* E.F.Smith и C.O. Townsend Conn.).

Вирусные болезни:

1) вирус мозаики хмеля (HMY);

2) латентный вирус (HLV);

3) латентный вирус американский (AHLV);

4) вирус мозаики (ArMV);

5) вирус некротической концентрической пятнистости сливы (PRNV).

Вироидные болезни.

II. Неинфекционные болезни:

1) «листозвон» – проявляется вследствие недостатка цинка и магния;

2) хлороз – вследствие недостатка железа, магния и азота;

3) деформация органов – вследствие недостатка фосфора и кальция;

4) прорастание шишек – вследствие избытка азота или влаги, интенсивных осадков;

5) усыхание шишек на растениях – проявляется вследствие неблагоприятных погодных условий;

6) приобретение шишками бронзового оттенка – вследствие сильного ветра или некачественного опрыскивания с нарушениями норм расхода пестицидов;

7) физиологические изменения в растениях хмеля вследствие повышенной или пониженной температуры воздуха;

8) механические и физиологические изменения органов хмеля вследствие поражения растений градом.

Ознакомление с данной группировкой болезней позволит избежать неправильного употребления некоторых их названий, например: *Pseudoperonospora humuli* в разговорном языке часто называют «ложной мучнистой росой». Однако, ложная мучнистая роса является проявлением болезни, вызываемой болезнетворным фактором – *Pseudoperonospora humuli*. Поэтому использование выражений типа “поражение ложной мучнистой росой” является неправильным, так как поразить растение может только болезнетворный фактор, а болезнь является проявлением воздействия данного фактора[36, 313, 325, 327].

### 7.3.1. Грибные болезни

Грибы – это важнейшая группа организмов, являющихся причиной возникновения и развития многих инфекционных болезней хмеля. Эти организмы развиваются на живых растениях (паразиты) или мертвых растительных остатках (сапротрофы). Кроме того, существуют паразитные грибы, которые в зависимости от внешних условий развиваются на живых или

мертвых растениях. Грибы размножаются, прежде всего, с помощью спор. Это специфически сформированные клетки или группы клеток, которые после отделения от материнских особей развиваются в новые особи. Споры могут возникать половым путем (сумчатые споры и др.) или бесполом и вегетативным (конидии и др.).

### **Ложная мучнистая роса (*Pseudoperonospora humuli* Miy, et Tak)**

Ложная мучнистая роса является одной из наиболее распространенных и вредоносных болезней на хмеле в почвенно-климатических условиях Беларуси. Впервые эта болезнь была обнаружена в Японии в 1905 году. В Европе эта болезнь появилась в 1920 году в Англии на дикорастущем хмеле, но уже в 1924 году массово проявилась по всей стране. В этом же году ее появление было зарегистрировано в некоторых европейских странах. В 1925 году ложная мучнистая роса была обнаружена в Польше и всех остальных европейских странах.

Ложная мучнистая роса является причиной серьезных потерь урожая в различных районах возделывания хмеля, так как поражает растения на протяжении всего вегетационного периода. Болезнь приводит к снижению урожая и технической ценности шишек. При сильном поражении урожай может снизиться на 70%, а содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля по сравнению со здоровыми растениями уменьшится на 50% [313, 323].

Гриб *Pseudoperonospora humuli* поражает растения хмеля в течение всего вегетационного периода и вызывает отмирание побегов, а также укорачивание междоузлий. Возбудитель ложной мучнистой росы — низший гриб, зимует в корневище. В начале инфекция проявляется на весенних побегах и носит название «первичная инфекция». Пораженные побеги значительно короче, чем нормальные здоровые, толще, бледно-зеленые с густо сближенными листьями. Нижняя сторона пораженных листьев покрыта обильным темно-фиолетовым войлочным налетом, где образуются споры гриба. Листья при этом недоразвиты и закручиваются книзу, приобретая светло-зеленую окраску. Это так называемые весенние «колосовидные побеги», являющиеся основой для проявления вторичной инфекции, которая распространяется в основном в период влажной, дождливой и ветреной

погоды. Ее проявление отмечается вначале на листьях, расположенных вблизи поверхности почвы. Затем болезнь поражает боковые побеги, цветки и шишки. Поражение листьев носит локальный характер. На наиболее старых листьях нормально развивающихся побегов сначала появляются светло-бурые, позже – темно-бурые, угловатые, обычно небольшие пятна, на которых снизу проступает темно-фиолетовый войлочный налёт, но менее обильный [227].

Поражённые боковые побеги напоминают весенние «колошвидные» побеги, замедляются в росте, имеют желтоватую окраску и укороченные междоузлия. Одно–два нижних междоузлия побегов – нормально развитые, а выше расположенные – сильно сжаты. Часто наблюдается рост больных и здоровых ростков из одного узла. Плодоносящие побеги тоже подвергаются деформации.

Ложная мучнистая роса вызывает побурение, увядание и усыхание цветков. Пораженные цветы приобретают темно-фиолетовый, бурый оттенок, а затем засыхают и опадают. Признаки появляющиеся на шишках – это бурые полосы вдоль покровных лепестков шишки (пёстрая шишка). Шишки перестают расти, становятся твердыми, покрываются густым фиолетовым налетом и опадают. При более позднем поражении шишек они не опадают, но большая часть чешуек теряет упругость. Если погодные условия благоприятствуют развитию гриба, то листья полностью становятся темно-бурыми.

По результатам наших наблюдений, ложная мучнистая роса (псевдопероноспороз) хмеля в условиях Беларуси проявляется типичными признаками, описанными в зарубежных источниках. Наиболее интенсивное развитие болезни отмечается в августе на молодых листьях верхушек побегов хмеля. В этот период происходят резкие перепады ночной и дневной температур воздуха, которые приводят к обильному увлажнению листьев в утренние часы. Это способствует массовому размножению патогена и заражению молодых тканей растений. Во время вегетации поражаются также корневища и корни. Такое случается, когда уже поражены главные стебли у основания и нижние боковые побеги. Поражение корневища проявляется в форме темно-коричневой пигментации и коричневых засыхающих пятен в

тканях коры и сердцевины. В тканях растений хмеля гриб образует вегетативное тело (грибницу), ответвления которого (гаустории) проникают в клетки и извлекают из них питательные вещества [41, 123, 250]. В почвенно-климатических условиях Гродненской области отмечено более сильное поражение корней хмеля, чем в Брестской.

Размножается гриб бесполом и половым путем. На поверхности растения (обычно на нижней стороне листа) гриб формирует бесполое спороношение — зооспорангиеносцы с зооспорангиями. Гриб распространяется от растения к растению зооспорангиями, переносимыми ветром и каплями дождя.

При наличии влаги в зооспорангиях формируются зооспоры, то есть подвижные споры с двумя жгутиками. С помощью жгутиков зооспоры активно передвигаются. Попадая в устьица листа, они теряют подвижность и через ростковую трубку внедряются в ткань растения, где разрастаются в грибницу. Грибница развивается между клетками и проникает в периферийные слои цитоплазмы растительной клетки. За время вегетации растений в условиях западной Беларуси гриб может дать от 5 до 16 поколений. Особенно способствуют распространению болезни обильные туманы и продолжительные росы.

Половым путем гриб размножается в тканях зараженных растений, образуя зиготу, или ооспору. Шаровидные ооспоры имеют многослойную толстую оболочку и зимуют в опавших листьях и шишках хмеля. Весной (после разрушения тканей листьев и шишек) ооспоры прорастают, образуя зооспорангии. Они разносятся ветром и, попав в капли воды, прорастают, образуя зооспоры, которые являются источником первичного заражения растений.

Также гриб может зимовать и в виде мицелия в подземных частях стеблей, чаще в почках подземных побегов. Весной грибница из подземных частей стеблей распространяется в молодые побеги, которые деформируются и приобретают колосовидную форму вследствие недоразвитости междоузлий и скручивания листочков. Черенки хмеля от пораженных растений могут стать источником инфекции [25, 235].

*Условия, способствующие развитию псевдопероноспороза.* Фактором, необходимым для нормального развития спор, являет-

ся высокая влажность воздуха. Грибы образуют споры при относительной влажности воздуха 95-100 %. Необходимым условием для прорастания спор является влажная поверхность листа после дождевых осадков. Оптимальный диапазон температуры для развития гриба составляет 15-23<sup>0</sup>С. Само растение – донор, имеет часто слабую и тонкую листовую ткань, что проявляется обычно при чрезмерном внесении азота. Развитие грибницы *Pseudoperonospora humuli* в соответствующих условиях происходит сразу же после попадания спор на листья, а заражение листьев происходит в течение 2-4 часов после контакта споры с влажной поверхностью листа [182].

Практический опыт выращивания хмеля в Гродненской области показывает, что в загущенных посадках (более 6 побегов на одно растение хмеля) развитие болезни усиливается. Способствует ее распространению и несвоевременная заводка побегов на поддержки, а также избыточное внесение азотных удобрений – более 180 кг/га по д. в. Полное минеральное питание с оптимальным соотношением азота, фосфора, калия и микроэлементов (в первую очередь – меди) повышает устойчивость растений к болезни [167].

*Меры защиты.* Защита хмеля от ложной мучнистой росы заключается, главным образом, в проведении химических и агротехнических мероприятий. Одним из элементов борьбы с этой болезнью является выращивание сортов, более стойких к поражению этим грибом. Е.П.Либацкий (1993) рекомендует первое опрыскивание хмельников проводить при обнаружении признаков болезни на листьях хмеля, второе – перед цветением, третье – в период формирования шишек (за 2–3 недели до уборки урожая), но в условиях западной Беларуси этого недостаточно. Правильная организация защитных мероприятий в соответствии с прогнозами позволит значительно ограничить количество опрыскиваний и обеспечить эффективную защиту хмеля [123].

В почвенно-климатических условиях Беларуси, при появлении ложной мучнистой росы, необходимо более широко использовать прогнозирование и оповещение с учетом погодных факторов и численности спор гриба в воздухе, либо при проявлении первых признаков заболевания на хмеле.

В сухой период, без дождей, можно сократить количество химических обработок и вносить фунгициды в минимальных дозах. Однако, практический опыт возделывания хмеля в хозяйствах Гродненской и Брестской областей показывает, что первую химическую обработку, в период закладки растений на поддержки, желательнее проводить с использованием полной дозы системного фунгицида независимо от погодных условий, так как весенний период является наиболее опасным для растений и благоприятным для развития болезни.

Кроме того, следует применять и организационно-хозяйственные фитосанитарные мероприятия, ограничивающие распространение гриба:

- внедрение в производство сортов хмеля, устойчивых к болезни;
- для посадки следует использовать только здоровый посадочный материал;
- не закладывать хмельники на низких, влажных местах;
- своевременно заводить хмель на поддержки;
- по мере появления колосовидных побегов срезать их и сжигать;
- правильно проводить обрезку корневища, заключающуюся в удалении всех лишних побегов-усов;
- тщательно очищать плантации от лишних побегов в период закладки растений на поддерживающие конструкции [5, 24, 235].

Для эффективной защиты хмеля в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь рекомендуются препараты, включенные в Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: Браво, СК и Акробат МЦ, 69% с.п. Однако, практический опыт работы хозяйств республики показывает, что применение этих фунгицидов не обеспечивает эффективной защиты от псевдопероноспороза [167]. По данным исследований, проведенных в почвенно-климатических условиях Беларуси, эффективную защиту хмеля от болезни обеспечивает применение фунгицида Ридомил Голд

МЦ, ВДГ при обработке хмеля в начале отрастания и в середине вегетации или конце вегетации. Целесообразно предложить фирмам производителям включить Ридомил Голд МЦ, ВДГ в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) ...» [177].

Проведенные исследования и практический опыт работы хмелеводческих хозяйств Беларуси показывают, что первую химическую борьбу с болезнью следует проводить весной, в период появления побегов в (апреле), если из 100 произвольно выбранных растений больше чем 10 имеют колосовидные побеги. Их рекомендуется опрыскивать одним из фунгицидов системного действия [177, 313]. В более поздние сроки критическое развитие болезни отмечается при появлении на 100 листьях – 100 и более пятен грибницы [313].

Установлено, что максимальная продуктивность хмеля обеспечивается при проведении 5 обработок фунгицидами: 1-ая обработка – после заводки стеблей на поддержки при высоте растений 1,0-1,5 м (1-2 декада мая); 2-ая обработка – через 2 недели при высоте растений 2,0-2,5 м (3 декада мая-1 декада июня); 3-ая обработка – в начале образования боковых побегов при высоте растений 4,5 м (2 декада июня); 4-ая обработка – в начале цветения (2-3 декада июля); 5-ая обработка – в начале формирования шишек (1-2 декада августа, не позже 10-15 августа). Максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади отмечался при блочном применении (двойном или тройном) Ридомила Голд в начале или середине вегетации, а также фунгицидов Браво, СК и Акробат МЦ, 69% с.п. [177].

### **Мучнистая роса (*Sphaertheca macularis* P. Magn. f. *humuli* Lev.**

В нашей республике это заболевание встречается редко, главным образом, на сорте хмеля *Brewers Gold*. Нужно считаться с тем, что в связи с выращиванием новых сортов хмеля, болезнь может распространиться. Первые признаки можно наблюдать весной, в середине мая, в виде бугорков на верхней стороне листьев, отличающихся более светло-зеленой окраской. Вскоре они покрываются белым войлочным обильным налетом. При распространении заболевания вся верхняя сто-

рона листьев, их кончики, а также верхушки побегов могут быть покрыты войлочным налетом. Это ведет к усыханию и преждевременному опаданию листьев. Поражаются также боковые побеги, на которых появился белый налет. Особенно легко поражаются цветки. Инфекция в начальной фазе завязывания шишек ведет к их деформации. Пораженные шишки не растут, сжимаются в плотные комочки и теряют товарные качества. В период уборки пораженные шишки имеют красную окраску. Корневище не поражается.

Этот гриб (*Sphaerotheca macularis* P. Magn. f. *humuli* Lev.) относится к классу Ascomycetes. Грибница патогена располагается на поверхности пораженных органов растения и укрепляется аппресориями (присосками). В клетки растений проникают гаустории, при помощи которых гриб извлекает питательные вещества. Во время вегетации растений на грибнице формируется обильное конидиальное спороношение. Конидиями гриб распространяется от растения к растению. К осени грибница бурет и на ней формируются плодовые тела – клейстотеции с сумками и сумкоспорами. Клейстотеции – округлые черные, имеют простые придатки. Сумкоспоры созревают и выбрасываются из клейстотециев весной, разносятся ветром на листья молодых растений, прорастают и заражают их. Развивающийся мицелий проникает с помощью присосок в клетки верхней стороны листа. После заражения, первые признаки болезни проявляются на протяжении 5–20 дней. На листьях образуется мучнисто-белый налет. Ветер разносит легко отрывающиеся конидии, которые заражают другие растения.

Оптимальная температура для развития гриба составляет 10–20°C. Образованию конидий способствуют сухие и теплые весна и лето. Хотя процесс их образования проходит при температуре от 5 до 30°C, оптимальной является 20–25°C. Распространение инфекции возможно при температуре 7–30°C, а прорастание спор конидий происходит при температуре 3–30°C, при оптимуме 18–25°C и относительной влажности воздуха от 20 до 97% (оптимально 70–80%). Для прорастания спор нет потребности в капельной влаге. Развитию болезни содействует полутень, что часто бывает на плантациях хмеля [250, 313, 325].

В отдельные годы, в почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси, в июне на листьях появляется белый мучнистый налет, в июле — августе пятна сливаются в сплошной белый покров, который переходит на черешки и побеги. В южных районах Беларуси, в частности в Брестской области, данное заболевание проявляется чаще и более вредносно, чем в Гродненской.

*Меры защиты.* Большое значение для ограничения распространения данной болезни имеет уничтожение вблизи плантации дикорастущего хмеля, который может являться источником инфекции. После уборки хмеля необходимо тщательно собрать и сжечь все остатки растений и провести глубокую зяблевую обработку междурядий. В течение всего вегетационного периода следят за состоянием хмельников, собирая и уничтожая растительные остатки и пораженные нижние листья.

Применяется также и химический способ защиты, при котором рекомендуется проводить 2 обработки фунгицидами. Первую — в конце мая — начале июня для уничтожения сумкоспор, вторую — через 2–3 недели после предыдущей. Иногда может возникнуть необходимость еще 3-го опрыскивания в более поздние сроки, если погодные условия благоприятствуют развитию болезни (теплый, сухой год с кратковременным увлажнением). В странах Западной Европы применяются фунгициды из группы триазолов: байлетон СП (0,5 кг/га); тилт, КЭ (0,5 л/га); топаз, КЭ (0,5 л/га); топсин М, 70 % с.п. (1,0 кг/га); фоликур БТ, КЭ (1,0 кг/га) и др. [313, 323]. Однако, в Государственном реестре средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь отсутствуют фунгициды, разрешенные на хмеле для защиты от мучнистой росы.

### **Серая плесень (*Botrytis cinerea* Pers)**

В почвенно-климатических условиях Гродненской и Брестской областей эта болезнь не наблюдалась. Местами она появляется в Германии, где была впервые зарегистрирована в 1953 году. Считалось, что она возникает вместе с другими болезнями. Сейчас известно, что она может появиться самостоятельно.

Гриб *Botrytis cinerea* Pers живет чаще всего в почве в остатках растений, как сапротроф. Выделяет токсины, которые вызывают гибель клеток. Он поражает шишки, главным образом, верхние экземпляры. Пораженные места покрывает серый налет, который со временем становится красно-бурым, но менее развитым, чем при поражении возбудителем мучнистой росы. Иногда невооруженным глазом можно увидеть бахрому грибницы, которая в условиях высокой влажности может достигать длины до 1 см. Развитие болезни приводит к потемнению верхушки шишки [123, 325, 326].

*Условия, благоприятствующие развитию болезни.* Для прорастания необходима капельная жидкость, которая держится на поверхности листа или шишки не менее 2 часов. Развитие гриба зависит от температуры и влажности. Оптимальная температура прорастания конидий составляет 20–25<sup>0</sup>С.

*Меры защиты.* Химические способы борьбы применяются от начала цветения до конца периода вегетации хмеля. При появлении болезни обработки проводятся каждые 10-14 дней с использованием фунгицида эупарен, СП (дихлорфлуанид, 500 г/кг) (1,5–6,0 кг/га) [313, 323, ]. Однако, в условиях Беларуси он не относится к группе, разрешенных для обработки хмеля, хотя допустим к применению на яблоне, винограде, малине, женьшене и землянике.

### **Вертициллез (*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth., *V. dahliae* Kleb)**

Эта болезнь проявляется более, чем на 60 видах растений, например, картофеле, томатах, иногда на плодовых деревьях, кустарниках, лесных деревьях и др. В определенных условиях она может нанести серьезный вред и хмелю. Первый раз её появление было зарегистрировано в Англии в 1924 г., в Польше – в середине шестидесятых годов, а в середине семидесятых – появилась на хмельниках Беларуси.

Характерные симптомы заболевания появляются в период цветения и созревания хмеля, т.е. начиная с середины июля и до середины сентября. Однако, пик болезни приходится на период, предшествующий сбору. Наиболее типичные признаки в начальном периоде – пожелтение нижних листьев, а затем и их усыха-

ние. Пожелтение начинается от края листа и продвигается к середине. Такие листья легко обрываются и опадают. В случае сильного развития болезни растения быстро увядают без постепенных признаков пожелтения. Утолщается нижняя часть стеблей пораженного растения. К описанным признакам добавляется утолщение ткани сосудов. Увядание и гибель надземной части растения во многих случаях не означает гибели всего растения. Корневище может быть поражено частично, и весной из него появляются здоровые побеги. Растения погибают только в результате полного поражения корневища. Гриб проникает в растение через молодые корни, особенно через поврежденные вредителями или орудиями обработки. Далее он развивается в тканях сосудов.

На коротких бесцветных мутовчатых разветвленных конидиальных ножках гриб образует одноклеточные бесцветные эллипсоидальные или яйцевидные конидии. Стенки пораженных сосудов приобретают темно-коричневый оттенок.

Гриб поражает сосудистую ткань главного побега, затем боковых побегов и кончиков листьев на высоте 1,5 м. Пожелтение и гибель листьев растения наступает в результате выделения патогенным организмом токсичных веществ и замедления передвижения воды и минеральных веществ. Гриб создает на поверхности листьев и пораженных корней растения конидии, которые являются главным источником инфекции.

Вертициллез проявляется на тяжелых и плотных почвах, плохо прогреваемых, слабо аэрируемых. Одним из факторов, способствующих развитию болезни, является избыточное внесение азотных удобрений и дисбаланс микроэлементов. Это типичная болезнь для среды, где нарушены естественные почвенные условия в результате вмешательства человека [41, 250].

*Меры защиты.* Возможности защиты от болезни ограничиваются возделыванием сортов, устойчивых к болезни и применением агротехнических и профилактических мер. До сих пор в мире выведено несколько сортов хмеля, устойчивых к вертициллезу. К ним относится английский сорт Northern Brewer. Достаточно высокой устойчивостью к вертициллезу обладают сорта Marynka и Hallertauer Magnum. Однако, основную роль в борьбе с этой болезнью должна играть правильная агротехника,

способствующая созданию растениям оптимальных условий для роста и развития и неблагоприятных – для патогенного организма. Оптимизация минерального питания – один из важных элементов такой агротехники.

На плантациях, где наблюдается появление больных растений, необходимо уменьшить дозы азота. Следует учитывать сроки внесения азотных удобрений. Не рекомендуется применять высокие дозы азота в последнюю подкормку. Должно быть соблюдено соотношение:  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1,2$  [59, 123]. Исследования, проведенные в почвенно-климатических условиях Беларуси, показали, что завышение доз азота повышает риск появления этой болезни, особенно на сортах, относящихся к группе ароматических.

Чрезмерно частое, неоправданное применение средств защиты растений может нарушить биологическое равновесие естественной природной среды и повышает риск появления болезни. Частично равновесие может быть восстановлено за счет удобрения навозом, что ведет к увеличению количества микроорганизмов в почве и увеличения их активности. Органическое удобрение позитивно влияет на физико-химические свойства почвы и ее структуру. Как показали исследования, проведенные в почвенно-климатических условиях Гродненской и Брестской областей, положительное влияние на снижение заболеваемости растений вертициллезом оказывает оптимизация минерального питания не только макро-, но и микроудобрениями, особенно при внесении их некорневым способом.

К мерам, значительно ограничивающим и замедляющим развитие болезни, можно отнести:

- глубокая вспашка междурядий хмеля после его уборки;
- рыхление почвы культиватором в процессе вегетации хмеля, что улучшает глубокую аэрацию почвы;
- проведение известкования почвы для оптимизации кислотности почвы;
- выращивание в междурядьях хмельника ржи в качестве зеленого удобрения;
- очищение плантации от больных растений, сжигание их или их компостирование;

- уничтожение двудольных сорняков, которые позволяют патогенному организму сохраниться в почве

### **Фузариоз (*Fusarium sambucinum* Fuck и *Fusarium culmorum* W. G. Smith Sacc.)**

Эта болезнь по вредоносности менее значима по сравнению с вертициллезом. Проявление её наблюдается в различные периоды развития хмеля. Больные особи появляются на плантациях перед цветением – с середины июня. Заболевание можно распознать по раннему увяданию и засыханию листьев, а затем и целых побегов. В отличие от вертициллеза у растений, больных фузариозом, отсутствует потемнение сосудистых пучков, а наблюдается лишь гниение основания побега.

Эти побеги легко вынимаются из почвы, так как вследствие развития болезни подвергаются разрушению в месте их соединения с корневищем под поверхностью почвы. На растительных тканях, пораженных грибом, виден густой белый или розовый налет гриба. Часто обе болезни (фузариоз и вертициллез) поражают растение одновременно. В этом случае, у увядающих растений наблюдается некроз сосудистых тканей и гниение основы побега. Кроме того, фузариозом могут быть поражены черенки и саженцы хмеля, на которых болезнь проявляется в виде сухой гнили. Гниение основания побегов, вызванное *Fusarium sambucinum*, проявляется чаще на хмеле, выращиваемом на влажных почвах с избыточным внесением минеральных удобрений. Основными факторами среды, способствующими развитию этой болезни, является сухая и теплая погода [313].

*Меры защиты.* Основные меры защиты те же, что и при вертициллезе.

### **Черная гниль корней хмеля (*Phytophthora citricola* Sawada)**

Эта болезнь в Беларуси не наблюдалась, но она является большой проблемой в Англии, Югославии и Новой Зеландии. Черная гниль поражает корневище, корни и основание побегов. Первые признаки проявления болезни отмечаются в конце июля. Типичным для этой болезни являются свисание конуса нарастания главного побега, а позже – увядание конусов роста боковых

побегов, а затем и всего растения. Увядание предшествует общему пожелтению листы. Проявления первичных симптомов, а именно, увядание конусов роста зрелых растений, являются характерным признаком чёрной гнили корней.

Типичным признаком проявления болезни является темно-коричневое или чёрное окрашивание корней и корневища, поражённого растения. Эта болезнь часто идёт в паре с вертициллезом и фузариозом. Диагностический признак вертициллеза – потемнение сосудистых пучков побега. У растений, больных чёрной гнилью корней, сосудистые пучки не темнеют, а листья сильнее крепятся к стеблям. Определенные трудности вызывает установление отличий чёрной гнили корней от гнили основных побегов, вызванных грибами из вида *Fuzarium*. В последнем случае побеги с лёгкостью отрываются от корневища, в то время как при поражении чёрной гнилью корней, побеги сильнее крепятся к корневищу в течение всего периода болезни [123, 323, 326].

*Меры защиты.* Удаление с плантации поражённых особей вместе с корневищем и их сжигание. Для оптимизации влажности почвы, при необходимости, следует проводить мелиоративные мероприятия.

### **7.3.2. Бактериальные болезни**

#### **Бактериальный рак или шишковатость корней (*Agrobacterium tumefaciens* E.F.Smith и C.O. Townsend Conn.)**

Эта болезнь мало известна в Беларуси. Поражаются ею подземные части побегов и корни. На этих органах заболевание проявляется в виде шарообразных твердых деревянистых наростов, размер которых колеблется от величины гороха до большого яйца. Изначально наблюдается буйный рост растения, а затем его замедление. Позже опухоли начинают гнить. Процесс гниения переходит на главное корневище. Болезнь приводит к снижению, в 1,5-2,0 раза, массы корней. Угнетается рост хмеля. Причиной этого заболевания являются бактерии, которые проникают в корни и подземные побеги через раны. Благоприятные условия для поражения бактериями создаются на тяжёлых плотных почвах в период дождей. Источник инфекции – зараженная почва.

*Меры защиты.* Следует размещать хмельники только на незараженных участках. Посадочный материал необходимо брать только от здоровых растений, пораженные растения выкорчевывать и уничтожать, создавать оптимальную структуру почвы и оптимизировать минеральное питание растений хмеля.

### **7.3.3. Вирусные болезни**

Вирусы это нуклеопротеиновые частички ультрамикроскопической величины, размножающиеся за счёт живых клеток, которые впоследствии дезорганизуются и разрушаются.

Вирусные болезни хмеля стали известны раньше, чем причины их вызывающие, т.е. вирусы. Они относятся к группе дегенерирующих болезней, т.е. вызывающих вырождение растений путем уменьшения их способностей производить органическую массу.

Хмель поражают следующие вирусы:

- вирус мозаики хмеля (HNV) – (Hop mosaic virus), группа Carla-virus;
- вирус латентный (HLV) – (Hop latent virus), группа Carla-virus;
- латентный вирус американский (AHLV) – (American hop latent virus), группа Carla-virus;
- вирус некротической концентрической пятнистости сливы (PRNV) – (Prunus necrotic ringspot virus), группа Pa-virus;
- вирус мозаики (ArMV) – (Arabis mosaic virus), группа Nepo-virus;

Название вирусов кратко характеризует симптомы болезни и растения, на которых они проявляются. При определении вирусных болезней хмеля встречаются многочисленные трудности, так как симптомы их проявления не являются специфическими и иногда дают лишь возможность сделать предположение, указывающее на вирусное происхождение болезней. Кроме того, некоторые вирусы хмеля проявляются в скрытой форме. В диагностике вирусных заболеваний применяются методы, позволяющие идентифицировать вирусы, в том числе – серологический метод [106].

**Вирус мозаики хмеля (HMV) – (Hop mosaic virus), группа Carla-virus**

Болезнь, вызываемая этим вирусом, проявляется, главным образом, на хмельниках стран Европы и Соединенных Штатов. Этот вирус вызывает характерные симптомы, в основном, на сортах хмеля типа “Golding”. Но некоторые сорта являются его носителями без симптомов. Этот вирус наиболее вирулентен (т.е. обладает сильным болезнетворным воздействием на растение хмеля) и вызывает пожелтение жилок молодых листьев и едва заметную пятнистость на старых листьях, края которых сворачиваются к низу. У побегов укорочены междоузлия, а верхушки таких побегов утрачивают способность виться и свисают. Особи с такими симптомами образуют небольшое количество боковых побегов. В случае сильного поражения растения погибают в течение двух лет. В случае слабого протекания заболевания симптомы проявляются только на старых листьях в виде четко выраженных светлых и темных пятен. Рост таких особей заканчивается раньше, чем здоровых растений. Это приводит к заметному снижению урожайности шишек. Вирус мозаики хмеля распространяется с посадочным материалом и переносится тлей (*Phorodon Humuli* Schr.) [313].

**Латентный (скрытый) вирус (HLV) – (Hop latent virus), группа Carla-virus.**

Не имеет выраженных болезненных симптомов. Распространяется тлей, развивающейся на хмеле (*Phorodon Humuli* Schr.).

**Американский латентный вирус (AHLV) – (American hop latent virus), группа Carla-virus.**

Проявляется в виде тонкой и мелкой мозаики у некоторых американских сортов. Распространяется чаще тлей, развивающейся на хмеле (*Phorodon Humuli* Schr.).

**Вирус некротической концентрической пятнистости сливы (PRNV) – (Prunus necrotic ringspot virus), группа Pa-virus.**

Вирус получил название в связи с проявлением его на листьях некоторых плодовых деревьев. Чаще всего он не вызывает видимых симптомов на растениях хмеля. Однако, иногда вирус проявляется неоднородными симптомами в виде осветления жилок, а также в виде ленточной или кольцевой мозаики на листьях

хмеля в периоды понижения температуры после длительной жары (27-30<sup>0</sup> С).

Вредоносность этого вируса заключается в значительном снижении содержания  $\alpha$ -кислот в шишках. Распространяется неизвестным путём.

**Вирус мозаики (ArMV)** – (*Arabis mosaic virus*), группа Nepo-virus.

Вирус мозаики проявляется в виде следующих симптомов: желтая пятнистость листьев, появление трещин на листьях, закручивание листьев вверх, замедление роста побегов, потеря способности побегов виться, оголение стеблей. Вирус переносится с посадочным материалом, а также нематодами, с которыми следует проводить борьбу. Пораженные растения хмеля с явно выраженными симптомами необходимо выкорчевывать.

В Польше были проведены исследования по изучению степени распространения на хмельниках вирусных болезней с использованием метода Эллиса. Было установлено, что повсеместно на растениях хмеля присутствует вирусы некротической концентрической пятнистости сливы (PRNV) и мозаики хмеля (ArMV) [313, 323, 326].

*Защита от болезней, вызванных вирусами.* Существует методика оздоровления посадочного материала, полученного от больных растений. Для этого применяется термотерапия, т.е. прогревание черенков растений при температуре 35<sup>0</sup>С в течение 7 дней. Может использоваться и методика выращивания безвирусного посадочного материала из верхушечной меристемы, полученной из конусов роста. Эта методика основана на том факте, что вирусы медленнее проникают в клетки верхушек роста.

У растений, которые прошли термическую обработку, обрезаются верхушки меристемы в условиях стерильности, а затем они переносятся на основу, содержащую питательные вещества. В питательную среду добавляют субстанции, способствующие росту, стимулирующие разделение меристемы на ткани, а позже – органы. На конечном этапе растения переносятся в стерильную почву, предварительно проверенную на присутствие вируса. Такие растения являются матричным материалом, предназначенным для дальнейшего размножения. В некоторых западноевропейских странах в производстве используют саженцы,

подготовленные именно этим способом, гарантирующим получение безвирусного посадочного материала [105].

#### **7.3.4. Вироидные болезни**

Вироиды были обнаружены впервые в начале 70-х годов прошлого века. Они состоят из одониточной рибонуклеиновой части без белкового окружения (оболочки) и по размерам меньше вирусов в 100–1000 раз. Как и вирусы, они могут существовать только за счет живых клеток. Присутствие вироидов на хмеле впервые было установлено в Японии в 1977 году, когда был открыт **вироид карликовости хмеля (HSV)**. Оказалось, что он имеет строение похожее на вироид ранее обнаруженный на виноградной лозе. На основании этого был сделан вывод о том, что вироид, вызывающий карликовый рост хмеля (HSV), происходит от вироида, проявляющегося на виноградной лозе.

Исследования, проведенные в Германии в 1988 году, показали наличие в растениях хмеля вироида, похожего на вироид, вызывающий карликовый рост хмеля (HSV), но он не был идентичен с тем, который был обнаружен в Японии. Следует отметить, что на растениях пораженных вироидом, не отмечалось никаких внешне заметных признаков болезни. Поэтому вироид, впервые обнаруженный на хмеле в Германии был назван **латентным (скрытым) вироидом хмеля (HLV)**. Этот вироид был обнаружен на всех посадках хмеля Европы. Известно, что латентные формы вироидов в случае инфицирования другими болезнетворными факторами усиливают свой болезнетворный эффект. Современные исследования, проведенные в Англии, показали отрицательное влияние этого вироида на урожайность и содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля, некоторые сорта хмеля все же реагировали на данный латентный вироид проявлением симптомов болезни. В производстве хмеля следует учитывать, что при получении безвирусного посадочного материала необходимо обращать внимание не только на отсутствие в них вирусов и грибов, но также и вироидов [36, 313, 323].

#### **7.3.5. Неинфекционные болезни**

Это болезни, вызываемые факторами окружающей среды,

высокими или низкими температурами, а так же градом или ветром. Вследствие воздействия на растения хмеля высокой температуры (в июне или июле), чаще всего у растений, возделываемых на более легких почвах на высоте трех метров, листья между жилками приобретают темно-красно-коричневый цвет, скручиваются, засыхают и опадают. Это происходит тогда, когда после периода повышенной влажности и холода, наступают дефицит влаги и высокая температура при интенсивном солнечном освещении.

Симптомы появляются, в основном, на листьях среднего уровня, так как там отмечается наиболее высокая температура на хмельнике. В последующем, в течение вегетации, растение способно восстановить потерю листовой массы, вызванные действием данного фактора.

Поздней осенью и зимой, сильный мороз может принести значительный ущерб корневищу, если почва сильно увлажнена и подземная часть растения содержит много влаги. При резком снижении температуры до отрицательной может произойти замерзание корневища и корней. Вследствие распада тканей под действием мороза наступает их гибель.

Весенние заморозки могут привести к пожелтению верхних листьев, хотя нижние могут остаться зелеными. После потепления пожелтевшие листья обычно восстанавливают нормальный зеленый цвет. При сильных весенних заморозках, после начала отрастания побегов, верхушки стеблей могут повреждаться низкими отрицательными температурами, листья вянут и погибают. Если в период вегетации низкая температура держится длительное время, то это приводит к задержке роста и развития хмеля. Однако после повышения температуры до оптимального уровня, развитие хмеля ускоряется и отставание в темпах его роста обычно наверстывается.

Град, в зависимости от силы ветра, величины градин и продолжительности его выпадения, может нанести значительные повреждения листьям, шишкам и верхушкам главных и боковых побегов. Поврежденные градом шишки приобретают бронзовый или коричневый оттенок и отмирают. Сильный град может уничтожить все растение. Если град выпадет в начале сезона вегетации, то погибшие или сильно травмированные стебли

необходимо отрезать, убрать и сделать заводку новых побегов. Если повреждения от града произошли в июне или позже и при этом были уничтожены верхушки главных побегов, необходимо обрезать поврежденный стебель над наиболее высоким неповрежденным междоузлием, а вместо него навесить на поддержку наиболее развитый боковой стебель. Сразу после града, на плантации хмеля необходимо внести быстро действующие азотные удобрения и, по возможности, применить некорневую подкормку ими.

Прорастание шишек листьями может наблюдаться на плантациях избыточно удобренных азотом, а также в сезон с интенсивными осадками в период, предшествующий цветению хмеля. Такие шишки обычно имеют более крупные размеры, темно-зеленый цвет и низкое содержание альфа-кислот. Кроме того, прорастание шишек листьями является сортовой особенностью, присущей, например, сорту Northern Brewer.

Под влиянием ветра шишки могут приобрести бронзовый оттенок. При этом, под действием ветра, вследствие трения шишек, окончания покровных чешуек приобретают соответствующий оттенок. При сильных ветрах шишки формируются мелкими и недоразвитыми, с бронзовым оттенком. Кроме того, одной из причин таких повреждений шишек может быть повышенная концентрация химических препаратов и азотных удобрений, вносимых некорневым способом.

Усыхание основания шишек может происходить непосредственно перед созреванием хмеля. Эти симптомы, чаще всего, проявляются на немногочисленных шишках, расположенных у основания боковых побегов. Шишки становятся «взъерошенными» и приобретают цвет от светло-коричневого до красно-бурого или коричневого. Причиной таких изменений является недостаточное освещение, низкая температура, влажная погода, тяжелая и плотная почва, а также нарушение обмена веществ вследствие недостатка марганца в почве. В последующем поврежденные усыхающие шишки часто заселяются грибами рода *Cladosporium* [5, 36, 41, 134, 250, 313, 323].

В почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси в отдельные годы отмечалось пожелтение верхних листьев на отрастающих побегах, но после потепления они восста-

навливали свой естественный зеленый цвет. На ряде сортов (Izabella, Sybilla, Hallertauer Taurus) иногда отмечалось повреждение корневища и корней под действием мороза, но оно не приводило к гибели растений. В отдельные годы неблагоприятное влияние на развитие растений хмеля оказывал дефицит влаги в период активного роста растений и формирования шишек. Исследования, проведенные в 1997–2009 гг., показали, что климатические условия Республики Беларусь соответствуют биологическим особенностям хмеля и благоприятны для получения высококачественной продукции.

## **7.4. Вредители хмеля и применение инсектицидов**

### **7.4.1. Вредители, повреждающие надземную часть хмеля**

#### **Хмелевая тля (*Phorodon humuli* Schr.)**

*Распространенность и вредоносность.* Хмелевая тля распространена в Беларуси повсеместно. Она поселяется на нижней стороне листьев и молодых побегах хмеля, питаясь их соком. Это вызывает скручивание и деформацию листьев и верхних побегов. Чаще всего страдают молодые части растений. Тля поселяется также на цветах и шишках. Пораженные соцветия перестают развиваться, а поврежденные шишки становятся светло-зелеными, но иногда темнеют. При благоприятных условиях (температуре 17–20°C и относительной влажности воздуха более 60%) тля образует многочисленные колонии, заселяет всю пластинку листа и переходит на цветки и шишки, что приводит к потере до 25% урожая, вследствие резкого снижения физиологических процессов в листьях. Заметно снижается качество поврежденных шишек, так как между их чешуйками остаются личиночные шкурки тли.

*Биологические особенности.* Жизненный цикл тли – двудомный. Зимуют яйца на побегах и почках сливы, алычи, терна и других косточковых пород. Весной, когда распускаются почки косточковых культур, при среднесуточной температуре 8–10°C появляются личинки светло-зеленого цвета. Они поселяются вна-

чале на распускающихся почках, затем переходят на молодые листья, а через две недели превращаются во взрослых бескрылых живородящих самок длиной около 2 мм. Эти бескрылые формы вредителя питаются молодыми верхушечными листьями сливы, вызывая их скручивание. На сливах и других косточковых тля в течение апреля – мая дает 2–4 поколения. Во втором и третьем поколениях появляются крылатые особи и начинают перелетать на хмель. Их развитие зависит от погодных условий, но по средним многолетним данным происходит в условиях Брестской области – во второй декаде июня, Гродненской – третьей декаде. Эти самки отличаются светло-зеленым цветом тела и двумя парами перепончатых светлых крыльев. Они способны перелетать на расстояния до 1–1,5 км. Эти самки садятся обычно на молодые побеги хмеля, питаются их соком, рожают личинок, которые после нескольких линек становятся бескрылыми живородящими самками, закладывая начало нескольких бескрылых поколений. Продолжительность их жизни составляет 2–3 недели. Колонии тлей расположены на нижней стороне листьев, края которых вследствие повреждения слегка загибаются книзу. За вегетационный период может развиваться 7–8 поколений в условиях Гродненской области и 8–9 – Брестской. Продолжительность развития одного поколения при температуре 20<sup>0</sup>С составляет 7–10 дней. В конце лета появляются крылатые самки, которые перелетают на косточковые культуры. Крылатые самцы появляются поздно, в сентябре или октябре. Они перелетают на косточковые культуры и оплодотворяют находящихся там бескрылых самок, заканчивая цикл размножения. Оплодотворённые самки откладывают яйца вблизи почек на побегах косточковых растений. Яйца овальной формы, черного цвета, блестящие, длиной около 0,5 мм.

Этот вредитель предпочитает теплое сухое или умеренно влажное лето. Некоторые сорта хмеля особенно подвержены нашествию тли в условиях западного региона Беларуси (сорт Nuqget).

*Меры защиты.* Для защиты хмеля от тли применяют интегрированную систему. основополагающими принципами такой системы является управление фитосанитарной ситуацией в агроценозах, включающее агротехнические, биологические, хи-

мические, селекционно-генетические методы, учет экономического порога вредоносности и эффективность природных энтомофагов. В ограничении численности тли важная роль принадлежит божьим коровкам, златоглазкам, а также птицам, особенно – синицам. При соотношении хищник : жертва – 1:35-40 (не более) химические препараты не рекомендуется применять. Популяции естественных врагов тли охраняются путем подбора химических препаратов, не уничтожающих их. J.Migdal подчеркивает, что мероприятия интегрированной системы защиты предусматривают систематическое применение средств, вносимых в почву, которые, проникая через корневую систему хмеля, с соком растений попадают в организм тли, имеющей колюще-сосущий аппарат питания, уничтожают ее и не оказывают вредного влияния на ее естественных врагов [313]

Химическая борьба с хмелевой тлей начинается в период, когда количество бескрылых форм на одном листе достигает пороговой величины, т.е. такой, когда при ее превышении растению хмеля однозначно будет нанесен вред. В Российской Федерации защитные мероприятия рекомендуется проводить с учетом численности вредителя – экономического порога вредоносности (ЭПВ), который для хмелевой тли составляет 5-7 крылатых особей и 10 бескрылых на 1 лист. При превышении ЭПВ следует применять инсектициды [5, 24].

Растения хмеля, на которых поселилась тля, могут вообще не дать плодов, т.к. вредитель полностью уничтожает соцветие [31]. Первый критический период хмеля, когда тля может нанести ощутимый вред – цветение растений. Поэтому в начале цветения следует обязательно проводить опрыскивание при достижении ЭПВ.

Следующим критическим периодом вредоносности тли является фаза завязывания шишек. Если в этот период появится вредитель то необходимо обязательно произвести опрыскивание инсектицидами [25, 236, 239].

Рекомендуемые инсектициды: БИ-58 новый, 400 г/л к.э. (1,5-6 л/га); данадим, 400г/л к.э. (1,5–3 л/га); дурсбан, 40,8 % к.э. (1,5 л/га); пиринекс, 40,8 % к.э. (1,5 л/га); фуфанон, 570 г/л к.э. (1,8–6 л/га); карате КЭ (0,5 л/га); децис, КЭ (0,6–1 л/га); децис-экстра, КЭ (0,1 л/га); диазинон, КЭ (2 л/га); диазол, 60 % к.э. (2

л/га); золон, КЭ (1 л/га); суми-альфа, 5 % к.э. (0,5 л/га); сумицидин, 20 % к.э. (0,5-0,7 л/га) и др.

В условиях Гродненской и Брестской областей наиболее высокую биологическую эффективность обеспечили следующие инсектициды: Би-58 новый, 400 г/л к.э (4 л/га) (диметоат); дурсбан, 40,8% к.э. (1,5 л/га) (хлорпирифос) и фуфанон 570 г/л к.э. (4 л/га) (малатион) [162].

Однако, практический опыт работы хмелеводческих хозяйств Беларуси показал, что использование отдельных, даже высокоэффективных инсектицидов, не может долговременно подавлять вредителей. В то же время, частое их применение приводит к возникновению устойчивых популяций вредных организмов, накоплению химических препаратов в почве, водах и продуктах питания.

### **Паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch.)**

*Распространенность и вредоносность.* Паутинный клещ распространен повсеместно, многояден, питается соком растений из различных ботанических семейств. Это один из наиболее опасных вредителей хмеля. В результате питания этого вредителя на нижних листьях появляются желтые выпуклые пятна, которые со временем расширяются и становятся бурыми. Постепенно пятна появляются на верхних листьях, а при недостатке влаги в почве шишки буреют, а листья опадают. На нижней стороне поврежденных листьев хмеля наблюдается белый мучнистый налет, покрытый паутиной. Под лупой видны личинки и взрослые клещи. Мучной белый налёт образуется после линьки личинок. Поврежденный лист дышит интенсивнее, уменьшается содержание хлорофилла, нарушается работа устьиц и увеличивается транспирация. Питание клеща на листьях (высасывание соков), вызывает у хмеля нарушение обмена веществ. В итоге, листья рано засыхают и опадают. В результате снижаются урожай и качество шишек (резко уменьшается содержание горьких веществ) [37, 324].

*Биологические особенности.* Клещ имеет яйцевидную форму тела, длиной 0,25–0,5 мм. Его окраска летом зелено-желтая с темными пятнами по бокам, зимой — красная. Зимует в стадии взрослой особи. Перезимовка происходит колониями под комьями земли на хмельниках, в поверхностном (3–6 см) слое

почвы, под опавшими листьями на сорняках, в щелях столбов шпалер и в других защищенных местах. Морозные зимы переносят хорошо.

Самки зимуют уже оплодотворенными. Весной, при среднесуточной температуре 12–13°C они выходят из мест зимовки, начинают питаться, постепенно приобретая зелено-желтый цвет, и через 5–7 дней откладывают яйца на нижней стороне листьев. Каждая самка в течение жизни (28–30 дней) откладывает 100–200 яиц. Форма яиц шаровидная, величина 0,1 мм. Весной клещ развивается обычно на сорняках, с которых он переходит на сельскохозяйственные культуры. В климатических условиях Гродненской и Брестской областей через 7 дней из яиц появляются личинки. Личинки паутиного клеща – нимфы (особенно после первой линьки) внешне сходны со взрослыми особями. Они ведут сходный со взрослыми особями образ жизни, также питаются соками растений, интенсивно растут и развиваются. С переходом во взрослую фазу особи начинают активно размножаться и расселяться [313, 327].

В климатических условиях Гродненской и Брестской областей паутиный клещ в течение вегетационного периода дает 4 поколения. Какой-либо грани между отдельными поколениями провести нельзя. На листе всегда можно встретить все стадии развития клеща. Развитие одного поколения, в зависимости от температуры, длится от 10 до 28 дней. Плодовитость самки зависит от условий окружающей среды. Оптимальными условиями, которые способствуют развитию этого вредителя, является высокая температура – от 29 до 31°C и низкая относительная влажность воздуха – от 35 до 55%. В годы с ранней засушливой весной и сухим жарким летом паутиный клещ может уничтожить более половины урожая хмеля, а при массовом его размножении может погибнуть и вся плантация [162]. В августе–сентябре клещ готовится к зимовке, собираясь в больших количествах. После спаривания оплодотворенные самки переходят в места зимовки. Зимуют клещи колониями.

Питание клеща листьями хмеля (клеточным соком) вызывает резкое нарушение нормального обмена веществ и физиологических функций всего растения. Вследствие проколов эпидермиса и высасывания клещом клеточного сока на листьях появля-

ются желтые, а затем бурые пятна. Впоследствии такие листья засыхают и опадают. Шишки хмеля также буреют и засыхают.

Этот вредитель чаще появляется на легких и средних по гранулометрическому составу почвах. Особенно быстро поражаются края плантации хмеля, поблизости от которых растет крапива. Вредители легко переходят с крапивы на хмель.

*Меры защиты.* Следует уничтожать крапиву возле плантации хмеля и на соседних с ней полях. Осенью хмельники и прилегающие к ним площади очищают от листьев и других растительных остатков. Места распространения клеща (почва, послеуборочные растительные остатки, столбы, шпалеры) опрыскивают пестицидами. Для уничтожения вредителя проводят осеннюю вспашку и окучивание, а весной и на протяжении всей вегетации — рыхления междурядий и уничтожение сорняков. В марте-апреле, до выхода клеща из мест зимовки, проводят побелку шпалерных столбов (до высоты 3 м) крепким раствором извести.

При появлении клеща следует использовать химические препараты. В условиях Гродненской и Брестской областей срок первой обработки хмеля инсектицидами от паутинового клеща зависит от погодных условий. Если наблюдается сухая весна и жаркое лето, то уже во 2–3 декадах июня при обнаружении 5–7 особей клеща на листе проводят первую обработку. Если погода прохладная и влажная, то клещ на растениях хмеля появляется в 1 декаде июля. Через 10–14 дней обработку повторяют. Срок последней обработки — за 20–30 дней до сбора урожая, в зависимости от применяемого акарицида [165, 172].

В связи с тем, что вредитель постепенно переходит с нижней части растения хмеля к верхней, при его появлении важно тщательно обработать акарицидами нижнюю часть стебля хмеля [324].

Рекомендуемые препараты: Би-58 новый, 400 г/л к.э. (1,5–6 л/га); данадим, 400 г/л к.э. (1,5–3 л/га); дурсбан, 40,8 % к.э. (1,5 л/га); пиринекс, 40,8 % к.э. (1,5 л/га); фуфанон, 570 г/л к.э. (1,8–6 л/га); карате КЭ (0,5 л/га); омайт, 30 % с.п. (3 л/га).

В условиях Гродненской и Брестской областей наиболее высокую биологическую эффективность показали Би-58 новый, 400 г/л к.э. (4 л/га) (диметоат); дурсбан, 40,8% к.э. (1,5 л/га) (хлорпирифос). Необходимо помнить, что частое применение

одних и тех же пестицидов приводит к возникновению устойчивых популяций клеща [165].

**Хмелевая (конопляная) блошка**  
**(*Psylliodes attenuata* Koch).**

*Распространенность и вредоносность.* Распространена повсеместно. Это жук, длиной 1,8–2,6 мм, овальной формы, черный с зеленоватым оттенком. На хмеле жуки хмелевой блошки обитают с момента появления всходов и до конца июня, но наибольший вред растениям они причиняют в первые 2–4 недели, когда сильно повреждают верхушки молодых побегов и активно питаются мякотью листа, выгрызая сквозные отверстия. Помимо молодых побегов и листьев, жуки питаются корешками. Мочковатые корешки они обгрызают, а в более толстых корнях выгрызают ходы. Эти повреждения тормозят развитие растений, что может привести даже к отмиранию побегов. На листьях вредитель выгрызает дырочки и ямки, а на нежной кожице молодых стеблей – ранки-ямки. Летом похожие повреждения появляются на молодых верхних листочках и листьях боковых побегов, а так же на листьях, покрывающих шишки, что приводит к деформации шишек. Ценность поврежденных шишек для пивоварения резко снижается. Жуки нового поколения повреждают шишки хмеля, обгрызая края или выгрызая отверстия в покровных чешуйках. После этого шишки засыхают, а урожай их снижается на 30%.

*Биологические особенности.* Зимует хмелевая блошка в стадии жука в опавших листьях, сорняках, почве, под остатками растений. Весной, с наступлением температуры 10–12°C, жуки покидают места зимовок и до появления всходов хмеля питаются сорняками (крапива, лебеда, щирица). Вредитель чаще появляется в больших количествах в тех местах, где поблизости растут сорняки из семейства крапивных. В мае-июне самки откладывают в почву, на глубину до 8 см, от 150 до 200 яиц. Яйца овальные, светло-желтые, длиной 0,5 мм. Через 6–20 дней появляются личинки, которые живут в пахотном слое почвы на глубине до 10 см. Личинка тонкая, желтая, длина тела 3–3,5 мм. Они питаются молодыми корнями хмеля. После их окукливания (в июле-августе) появляется новое поколение жуков. Хмелевая блошка активно питается в солнечные и теплые дни, а в холодные – прячется в

почве и щелях столбов. Жуки, которые некоторое время после сбора урожая продолжают питаться растениями хмеля, переходят на сорняки, а с наступлением первых холодов (в сентябре–октябре) уходят в места зимовок. За год развивается одно поколение.

*Меры защиты.* Уничтожение сорняков из семейства крапивных, растущих вблизи плантации. Сбор и сжигание всех растительных послепосевных остатков на хмельниках, защитных полосах и смежных участках. Систематическое проведение в течение всего вегетационного периода рыхлений почвы и мер по уничтожению сорняков.

Химическая обработка инсектицидами против блошки и других листогрызущих вредителей в почвенно-климатических условиях России, Украины и Польши проводится, обычно, весной при превышении ЭПВ (3–5 экземпляров на 1 куст), перед появлением побегов хмеля [24, 36, 313]. В почвенно-климатических условиях Беларуси этот вредитель не получил широкого распространения.

### **Люцерновый долгоносик (*Otiorrhynchus ligustici* L.)**

*Распространенность и вредоносность.* Личинки съедают мелкие корешки хмеля, а затем обгрызают крупные корни. Живут они в течение года до превращения во взрослых жуков. Молодые жуки появляются в июле. Появление на хмельнике носит чаще всего очаговый характер. Жуки уничтожают молодые ростки хмеля, иногда даже до их выхода из почвы, а у появившихся всходов объедают молодые листья. Молодые поврежденные побеги гибнут. Если жуков много, то они объедают все ткани растений. Питание их происходит в основном в ночное время. Иногда на одном растении может насчитываться до 40 жуков.

При малом количестве долгоносика урожай хмеля снижается на 15–20%, при среднем и сильном поражении потери могут достигать 40–50%. При массовом размножении и отсутствии надлежащих защитных мер долгоносик за 1–2 года может полностью уничтожить плантацию хмеля [313, 327].

*Биологические особенности.* Зимуют жуки и личинки в почве на глубине 20–60 см. В условиях Гродненской и Брестской областей в апреле, когда температура повышается до 10–15°C,

жуки выходят из почвы и скапливаются около кустов. Жук яйцевидной формы, длиной 10–12 мм с черным телом, покрытым буро-серыми волосками и чешуйками. Голова вытянута в головотрубку. До появления всходов хмеля они питаются разными травянистыми растениями, а затем, в течение полутора месяцев, обитают на хмельниках. В утренние и вечерние часы, а также днем в солнечную погоду жуки прячутся в землю в непосредственной близости от растений. Долгоносик дает одно поколение в два года. Цикл развития проходит на хмельниках. Люцерновый долгоносик может питаться люцерной, донником, клевером, фасолью, реже свеклой, бобами и сорной травой — крапивой, лебедой и др.

В мае–июне начинается откладка яиц вблизи корневой системы хмеля. За одну кладку жук откладывает 20–30 яиц на глубину 5 см, всего до 400 яиц. Через 12–18 дней появляются безногие желто-белые личинки длиной 15–18 мм. Личинки питаются молодой корневой системой хмеля, затем зимуют и окукливаются [36, 313, 323].

*Меры защиты.* Защита от жука затрудняется в связи с тем, что он находится в почве и его невозможно уничтожить полностью. При небольшом количестве вредителя и незначительном повреждении хмеля, когда растения уже хорошо развиты, химических обработок следует избегать. В случае проведения химической обработки инсектицидами с экологической и экономической позиций возможен вариант ее проведения выборочно в местах локализации вредителя, а не на всей плантации. В Российской Федерации ЭПВ для люцернового долгоносика – 1–2 жука на 1 куст [24]. Как показали исследования, проведенные на хмельниках Гродненской и Брестской областей, вредитель эффективно уничтожается инсектицидами, когда находится в стадии личинок путем внесения в почву суперфосфата с инсектицидами в период обрезки корневищ и опрыскиванием инсектицидами при массовом выходе жуков. Следует отметить, что в почвенно-климатических условиях Беларуси люцерновый долгоносик существенно вреда хмелю не причиняет.

### **Картофельная совка (*Hydroecia micacea* Esp.)**

*Распространенность и вредоносность.* Вредитель многоядный, повреждает многие культурные и дикорастущие растения,

встречается почти во всех хмелеводческих районах, а в начале мая переходит на хмель. Гусеницы питаются вначале на злаковых сорняках, а после линьки проникают в стебли хмеля и повреждают их. Вред причиняют гусеницы (длина тела 40–50 мм, окраска варьирует от светло-желтой до красной). В почвенно-климатических условиях Гродненской и Брестской областей, начиная с первой декады мая и до первой декады июля, гусеницы совки повреждают молодые растения хмеля, в основном, прикорневую часть стебля, вследствие чего ранней весной наблюдается увядание, а потом и усыхание молодых побегов. Внизу виднеются отверстия, через которые личинки вгрызаются в стебель. Развивающиеся внутри стебля личинки задерживают поступление в растения воды и питательных веществ.

*Биологические особенности.* Яйца зимуют на сорняках и на поверхности почвы. Гусеницы появляются в апреле, проникают в стебель и могут передвигаться внутри стебля на высоту до 30 см, затем через 4–8 дней покидают поврежденные побеги, переходя на здоровые растения. Особенно опасна картофельная совка на молодых плантациях хмеля. Куколка желто-бурая. Бабочки летают с конца июля до середины октября в вечернее время и ночью, откладывая до 260–480 яиц, в основном, на листья пырея ползучего, картофеля, хмеля, озимых зерновых.

*Меры защиты.* Не допускать появления на плантации сорняков, особенно, пырея ползучего, на листьях которого, с первой половины июля до уборки, самки откладывают яйца. В сентябре–октябре, после уборки урожая, тщательно уничтожают все послеуборочные растительные остатки и сорняки. Осенью и ранней весной выжигают оставшуюся на краях плантации сухую траву, чтобы уничтожить отложенные на ней яйца. Выносят и уничтожают поврежденные побеги. Весной (апрель) проводят рыхление междурядий и подкормки. Во время рамовки, в апреле–мае, оставляют резервные побеги с целью заведения их на поддержки взамен поврежденных.

Химическую обработку инсектицидами в РФ рекомендуется проводить при превышении ЭПВ – 2–3 гусеницы на 1 куст [24]. Химическая обработка уже не даёт эффекта когда вредитель значительно распространился и явно видны многочисленные повреждения [313].

**Стеблевой мотылек (*Pyrausta nubilalis* Hbn) (*Ostrinia nubilalis* Hb.)**

*Распространенность и вредоносность.* Этот вредитель распространен во многих хмелеводческих районах мира. Урожай и качество шишек хмеля снижаются на 8–12%. Повреждает как культурные, так и сорные растения. Вред причиняют гусеницы, зимующие в стеблях хмеля и толстостебельных сорняков. Они проникают внутрь стебля, питаются его тканями и нарушают деятельность сосудисто-волокнистых пучков, вследствие чего сокодвижение приостанавливается, а отдельные ветви засыхают. В одном стебле может находиться до 30 гусениц. Поврежденные стебли и ветви легко ломаются. При сильном повреждении засыхают даже отдельные кусты. Шишки приостанавливают развитие или засыхают в начале их формирования.

*Биологические особенности.* Бабочки вредителя имеют размах крыльев 26–32 мм. Длина гусениц около 25 мм, окраска серо-желтая или розовая с темной полоской и красноватым оттенком вдоль спины. Признаки повреждения вредителем проявляются в торможении развития (роста) растений, а в последующем (конец июля) и в их увядании. На присутствие вредителя указывают также и отверстия в стебле, из которых высыпается мучной порошок. Гусеницы питаются внутри стебля. Вылет бабочек и кладка яиц происходят в июне. Через две недели после кладки яиц появляются личинки, которые врываются в стебли хмеля. Личинки остаются в старых стеблях или в почве до следующей весны.

Массовому размножению вредителя способствуют большая влажность и высокая температура воздуха. Снижение относительной влажности воздуха (менее 55%) вызывает гибель гусениц [38].

*Меры защиты.* Уничтожение зимующих гусениц, для чего осенью необходимо тщательно убирать и сжигать все послеуборочные остатки хмеля и толстостебельные сорняки. Вредитель появляется только на тех плантациях, на которых не убраны остатки старых растений, потому что около 95% гусениц зимуют в сухих стеблях хмеля.

В период яйцекладки применяют биологический метод борьбы, выпуская на плантации трихограмму из расчета 100 тыс. особей на 1 га. Некоторые птицы (малые дятлы и синицы) могут заметно ограничивать численность вредителя.

Как показали исследования в Гродненской и Брестской областях, основной упор в защите от стеблевого мотылька должен делаться на организационно-хозяйственные мероприятия по уничтожению растительных остатков. Практический опыт показывает, что химические препараты малоэффективны, но при массовом обнаружении гусениц вредителя (июль-август) проводят обработку инсектицидами.

#### **7.4.2. Вредители, повреждающие подземные органы хмеля**

##### **Жуки-щелкуны (проволочники) (*Elateridae*)**

*Распространенность и вредоносность.* Распространены повсеместно. Тело у них удлинненное, голова маленькая, ноги короткие. Личинки (проволочники) имеют длинное, упругое, напоминающее проволоку тело. Они многоядны, питаются частями стеблей, молодыми всходами, корнями и черенками. При повреждении корневой системы нарушается обмен веществ растений и значительно снижается урожай и качество шишек, а при наличии более пяти особей на 1 м<sup>2</sup> молодые побеги погибают. Повреждаются проростки, верхушки побегов (перед появлением их на поверхность) и корни. На поврежденных корнях и ростках появляются выгрызенные небольшие, но глубокие, ямки. Самый большой вред наносится молодым плантациям. Растения, поврежденные этим вредителем, слабо растут и хуже плодоносят. Случается, что сильно поврежденные растения погибают.

*Биологические особенности.* Жизненный цикл щелкунов тесно связан с почвой, где в течение нескольких лет происходит развитие личинок и окукливание молодых жуков. На поверхность почвы жуки выходят только для питания и спаривания. Из яиц, отложенных в почву, развиваются личинки желтого цвета с темной головой. Их цикл развития длится от двух до четы-

рех лет, в зависимости от вида. Потому встречаются личинки разной величины – от 2 до 25 мм длиной. Вначале они питаются органическими остатками, а затем переходят на живые растения. Окукливание личинок происходит в почве. Зимующие стадии шелкоунов — личинки разных лет жизни и молодые жуки [36, 123, 313].

*Меры защиты.* Осенью, в сентябре, после уборки хмеля проводится глубокая зяблевая вспашка. Практикуется систематическое проведение междурядных обработок в течение вегетационного периода и уничтожение сорняков.

Проволочники уничтожаются в период раскрытия и обрезки корневищ с использованием тех же химических препаратов, что и против люцернового долгоносика. Исследования на хмельниках Беларуси показали, что высокую биологическую эффективность обеспечивает применение КАС (N<sub>35</sub>) совместно с Би-58 новым, вносимыми в зону корневой системы хмеля.

### **Майский хрущ (жук) (*Melolontha melolontha L.*)**

*Распространенность и вредоносность.* Многоядный вредитель, распространен повсеместно. Жуки питаются молодыми побегами хмеля, которые от повреждений вянут и погибают. Наибольший вред для растений хмеля наносят личинки на 2-й и 3-й годы жизни. В результате повреждений урожай шишек хмеля может снижаться на 50%.

*Биологические особенности.* Длина жука 24–30 мм, тело черное, надкрылья светло-коричневые. Личинки белого цвета с желтым оттенком, дугообразно согнутые длиной 50–60 мм и покрыты поперечными морщинами с тремя парами ног. В условиях Гродненской и Брестской областей массовый лет жуков начинается в первой декаде мая и длится 2–3 недели. В это время происходит их спаривание. Самки откладывают яйца в почву междурядий хмельников на полях, примыкающих к садам, лесным полосам, в хорошо унавоженных местах на глубину 10–20 см. Плодовитость самки – 60–80 яиц. Через 4–5 недель (июль) появляются личинки. Они питаются органическими остатками и мелкими корешками и не причиняют большого вреда. Осенью личинки уходят вглубь почвы на зимовку. На следующий год при прогревании почвы они поднимаются вверх и находятся на

глубине 10 см. В условиях западной Беларуси развитие личинок длится 3–4 года, а полный цикл – 4–5 лет. Окукливаются личинки в почве на глубине 20–80 см, в зависимости от температуры и влажности. Фаза куколки – 3–4 недели. В августе появляются жуки, они остаются в почве и зимуют на глубине 30–60 см [41, 217, 250].

*Меры защиты.* В период обрезки корневищ (март-апрель) – уничтожение личинок при ручном сборе. В процессе вегетации – глубокая обработка междурядий.

### **Хмелевой (тонкопряд) мотылек (*Heptamelus humilis* L.)**

*Распространенность и вредоносность.* Личинки питаются на корнях, иногда у основания побегов. В корнях хмеля они образуют глубокие удлиненные повреждения. Поврежденная корневая система хмеля дает только слабые побеги, которые часто в конце июня – начале июля погибают. В корневой системе вянувших и погибающих растений находятся личинки вредителя.

*Биологические особенности.* Оплодотворенные самки-бабочки летают в конце мая в темноте и откладывают в почву одиночные яйца. Через 14 дней появляются личинки светло-соломенного цвета с буровато-коричневой головой и черными точками на теле, длиной 30–50 мм. Личинки зимуют в почве и корневищах. Они находятся там до апреля. Затем окукливаются, а в мае вылетают бабочки.

*Меры защиты.* Химическая обработка должна проводиться после обнаружения первых личинок. В условиях Беларуси вредоносность его невысокая. Используются разрешенные инсектициды.

### **Хмелевая нематода (*Heterodera humuli* Filipjev.)**

*Распространенность и вредоносность.* Нематода повреждает мочковатую корневую систему. При внешнем осмотре вредитель не обнаруживается. Больные растения слабо растут. Много побегов деформируется. При сильном развитии вредителя побеги погибают. На корнях образуются вздутия-клубеньки или галлы размером 0,4–0,7 мм, похожие на просяное зерно. В этих местах корни истончаются и темнеют. Пораженные растения имеют бледно окрашенные крапивоподобные листья, стебли не растут и не

вляются. Эти вредители содействуют появлению вертициллиоза хмеля, так как повреждает корни, которые становятся более подверженными инфекции, вызванной *Verticillium albo-atrum*.

*Биологические особенности.* Личинки проникают, в основном, в зону роста корня и проходят 4 личиночные стадии, каждая из которых длится около 10 дней. Во время последней 4 стадии личинка превращается в самку, которая в течение месяца откладывает 100-250 яиц. Ежегодно развивается одна генерация вредителя. Сильные дожди и низкая температура почвы способствуют быстрому размножению вредителя. При сильном поражении возможна гибель растений. Снижается урожай и его качество.

*Меры защиты.* Сбор и уничтожение растительных остатков. Во время обрезки корневищ, после обнаружения первых личинок, следует выкопать и уничтожить поврежденные корневища. Исключить заготовку посадочного материала с плантаций, пораженных нематодой.

#### ***Озимая совка. (Agrotis spp.)***

*Распространенность и вредоносность.* Гусеницы выгрызают слои поверхностных тканей на надземных и подземных побегах хмеля до 50 см высоты, что приводит к увяданию растений. Молодые, слабые растения погибают, а у старших происходит торможение развития. Они могут засохнуть и погибнуть. Гусеницы начинают питаться на сорняках, а позже переходят на растения хмеля (с середины июля до осени).

*Биологические особенности.* Бабочки вредителя откладывают яйца на сорняках в начале июня. Через две недели появляются гусеницы, которые питаются до осени. Гусеницы проходят пять линек, достигая во взрослом состоянии длины 4–5 см, и зимуют в почве. Весной они окукливаются, а в конце мая–начале июня появляются бабочки. Развитию вредителя и более раннему питанию способствует теплая и сухая погода.

*Меры защиты.* Необходимо уничтожать сорняки. Против гусениц следует проводить опрыскивания инсектицидами [24, 36, 313, 323, 326].

### **7.5. Защита хмеля от сорной растительности**

Опыт выращивания хмеля во многих странах показывает, что рентабельность возделывания этой культуры зависит не только от соблюдения элементов агротехники, эффективной борьбы с вредителями, но и в значительной мере определяется количеством сорной растительности. Для хмеля имеются периоды, когда засоренность почвы оказывает наиболее угнетающее действие на развитие растений. Критическими являются 2 периода: в начале роста – до образования боковых побегов и в конце цветения – до конца вегетации. Наиболее существенный вред сорняки наносят в начале роста хмеля. В это время может наблюдаться недостаток элементов питания в почве, особенно азота, что связано с интенсивным ростом хмеля [298, 305]. На засоренных посадках растения заметно отстают в росте. К моменту цветения хмель потребляет половину основных элементов питания, которые на фоне высокой засоренности используется в большей части сорняками. Засоренность хмельника – существенный негативный фактор, влияющий на уровень урожая и качество получаемой продукции. Сорняки, вынося элементы питания из почвы, ухудшают условия роста и развития хмеля. Урожайность может снижаться на 10–20%, а при нарушении агротехники эти потери могут возрастать до 30–40%.

Таблица 16 – Виды сорной растительности на хмельниках Беларуси (фаза образования боковых побегов, 2006–2008 гг.)

№ п/п	Виды сорной растительности		Среднее количество сорняков					
	русское название	латинское название	почва 1		почва 2		почва 3	
			шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Бодяк полевой	<i>Cirsium arvense</i>	6,7	1,0	3,1	0,5	0,8	0,1
2.	Василек синий	<i>Centaurea cyanus</i>	3,8	0,6	4,2	0,7	1,1	0,2
3.	Вьюнок полевой	<i>Convolvulus arvensis</i>	21,9	3,2	15,3	2,5	17,5	2,7
4.	Галинсога мелкоцветковая	<i>Galinsoga parviflora</i>	17,2	2,5	14,8	2,4	21,9	3,4
5.	Горец почечуй-	<i>Polygonum lapatifolium</i>	8,3	1,2	9,4	1,5	5,1	0,8

	ный							
6.	Горец птичий	<i>Polygonum aviculare</i>	5,1	0,8	8,7	1,4	9,2	1,4
7.	Горчица полевая	<i>Sinapis arvensis</i>	27,1	4,0	25,0	4,0	19,2	3,1
8.	Дрема белая	<i>Melandrium album</i>	3,1	0,5	5,7	0,9	3,9	0,6
9.	Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i>	28,9	4,3	23,0	3,7	19,5	3,0
10	Марь белая	<i>Chenopodium album</i>	79,2	11,7	93,1	15,0	91,4	14,2
11	Мелколе- пестник канадский	<i>Erigeron canadensis</i>	3,2	0,5	7,4	1,2	5,9	0,9
12	Мятлик однолет- ний	<i>Poa annua</i>	92,4	13,7	55,9	9,0	79,7	12,4

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Одуванчик лекарст- венный	<i>Taraxacum officinale</i>	18,9	2,8	7,8	1,3	8,9	1,4
14	Осот жел- тый (полевой)	<i>Sonhus arvensis</i>	5,3	0,8	3,1	0,5	4,0	0,6
15	Пикульник обыкно- венный	<i>Galeopsis tetrahis</i>	4,2	0,6	1,7	0,3	3,7	0,6
16	Подмарен- ник цепкий	<i>Galium aparine</i>	5,1	0,8	1,1	0,2	0,7	0,1
17	Полынь обыкно- венная	<i>Artemisia vulgaris</i>	41,7	6,2	33,9	5,4	25,9	4,1
18	Просо ку- риное	<i>Echinochloa crus-galli</i>	81,2	12,0	76,5	12,3	65,9	10,3
19	Пырей ползучий	<i>Agropyron repens</i>	44,1	6,5	51,0	8,2	57,7	9,0
20	Редька дикая	<i>Raphanus raphanistrum</i>	13,8	2,0	24,7	4,0	27,0	4,2
21	Ромашка непахучая	<i>Matricarya perforata</i>	8,7	1,3	19,0	3,1	18,8	2,9
22	Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i>	2,7	0,4	1,7	0,3	0,9	0,1
23	Хвощ по- левой	<i>Eguisetum arvense</i>	1,3	0,2	3,7	0,6	4,1	0,6
24	Щавель	<i>Rumex</i>	1,1	0,2	2,9	0,5	2,4	0,4

	густой	confertus						
25	Щетинник сизый	Setaria glauca	39,7	5,9	27,4	4,4	29,9	4,7
26	Щирица обыкновенная	Amaranthus retroflexus	83,2	12,3	64,9	10,4	85,8	13,4
27	Ярутка полевая	Thlaspi arvense	27,2	4,0	35,4	5,7	30,6	4,8
	Всего		675,1	100,0	620,4	100,0	641,5	100,0

*Примечание: учет сорной растительности проводился в рядах хмеля во 2-3 декаде июня в начале образования боковых побегов; почва 1 – дерново-подзолистая супесчаная в УО СПК «Путришки» Гродненского района; почва 2 – дерново-подзолистая супесчаная в ФХ «Магnum-Хмель» Пружанского района; почва 3 – дерново-подзолистая супесчаная в СП «Бизон» Малоритского района.*

Хотя корневая система хмеля развита хорошо, она проникает на глубину более 3 м, однако, основная ее масса развивается в слое почвы до 60 см, в котором мочковатые корни и обеспечивают растения хмеля элементами питания и влагой. Наряду с этим, корневая система сорных растений развивается быстрее и глубже проникает в почву, забирая у хмеля влагу. Сорняки, затеняя почву, способствуют снижению ее температуры, что негативно влияет на рост и развитие хмеля, а также жизнедеятельность микроорганизмов.

Транспирационный коэффициент у сорняков в 2–3 раза выше, чем у хмеля. Следует учитывать, что сорняки не только потребляют из почвы большое количество необходимых для хмеля элементов питания и влаги, но и создают условия для развития вредителей и болезней (паутинный клещ, картофельная совка, ложная мучнистая роса и др.). На сильно засоренных посадках хмеля численность почвенных вредителей в 3–4 раза выше, чем на чистых.

К примеру, в ранневесенний период наибольшее количество яиц паутинный клещ откладывает на сорняках, а местом зимовки яиц картофельной совки, как одного из опаснейших вредителей хмеля, являются злаковые сорняки. Развитие растений мари белой способствует расширению вирусной болезни хмеля – мозаики. Кроме того, на засоренных хмельниках, вследствие повышения влажности воздуха, в приземном слое создаются условия для развития грибных болезней [99, 250, 328].

В связи с биологическими особенностями и агротехническими условиями выращивания хмеля, сорная растительность является постоянно присутствующим компонентом агробиоценоза хмельников. В этой связи, разработка эффективной системы защиты от сорных растений с использованием как агротехнических, так и химических мероприятий, является актуальной задачей для почвенно-климатических условий Беларуси. Для эффективной защиты хмельника от сорной растительности следует изучить ее видовой состав в условиях Беларуси (табл. 16, 17).

Результаты исследований показали, что наиболее распространенными видами сорняков в Беларуси являются: марь белая, галинсога мелкоцветная, щирица обыкновенная, пырей ползучий, хвощ полевой, просо куриное, осот розовый, осот желтый, редька дикая, полынь обыкновенная, мелколестник канадский, горец почечуйный, звездчатка средняя, дрема белая и др.

В связи с этим, к числу первоочередных задач, стоящих перед хмелеводами, относится разработка эффективных методов и способов уничтожения сорной растительности в условиях Беларуси.

Таблица 17 – Виды сорной растительности на хмельниках западного региона Беларуси (фаза образования шишек, 2006–2008 гг.)

№ п/п	Виды сорной растительности		Среднее количество сорняков					
	русское название	латинское название	почва 1		почва 2		почва 3	
			шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Бодяк полевой	<i>Cirsium arvense</i>	7,0	1,5	2,4	0,6	1,1	0,2
2.	Василек синий	<i>Centaurea cyanus</i>	2,1	0,4	1,1	0,3	0,9	0,2
3.	Вьюнок полевой	<i>Convolvulus arvensis</i>	15,7	3,3	12,1	3,0	13,2	3,0
4.	Галинсога мелкоцветковая	<i>Galinsoga parviflora</i>	25,5	5,3	12,9	3,2	18,5	4,2
5.	Горец почечуйный	<i>Polygonum lapatifolium</i>	3,5	0,7	2,3	0,6	3,1	0,7

6.	Горец птичий	<i>Polygonum aviculare</i>	2,7	0,6	3,1	0,8	2,7	0,6
7.	Горчица полевая	<i>Sinapis arvensis</i>	12,1	2,5	7,0	1,8	12,7	2,9
8.	Дрема белая	<i>Melandrium album</i>	1,7	0,3	2,0	0,5	1,3	0,3
9.	Звездчатка средняя	<i>Stellaria media</i>	15,7	3,3	6,8	1,7	9,7	2,2
10	Марь белая	<i>Chenopodium album</i>	51,0	10,7	62,7	15,7	55,2	12,5
11	Мелкопестник канадский	<i>Erigeron canadensis</i>	1,2	0,3	2,3	0,6	3,0	0,7
12	Мятлик однолетний	<i>Poa annua</i>	50,1	10,4	43,9	11,0	62,1	14,1

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i>	17,5	3,7	8,2	2,1	10,2	2,3
14	Осот желтый (пол.)	<i>Sonhus arvensis</i>	5,7	1,2	3,7	0,9	3,8	0,9
15	Пикульник обыкновенный	<i>Galeopsis tetrahis</i>	2,0	0,4	0,8	0,2	1,3	0,3
16	Подмаренник цепкий	<i>Galium aparine</i>	6,8	1,4	0,9	0,2	0,5	0,1
17	Полынь обыкновенная	<i>Artemisia vulgaris</i>	43,5	9,1	27,7	6,9	26,5	6,0
18	Просо куриное	<i>Echinochloa crus-galli</i>	51,9	10,8	53,4	13,4	45,9	10,4
19	Пырей ползучий	<i>Agropyron repens</i>	46,9	9,8	52,0	13,0	59,1	13,4
20	Редька дикая	<i>Raphanus raphanistrum</i>	3,2	0,7	4,5	1,1	3,9	0,9
21	Ромашка непахучая	<i>Matricarya perforata</i>	9,1	1,9	7,7	1,9	11,2	2,5
22	Фиалка полевая	<i>Viola arvensis</i>	3,2	0,7	2,1	0,5	1,7	0,4
23	Хвощ полевой	<i>Eguisetum arvense</i>	1,9	0,4	2,1	0,5	3,9	0,9

24	Щавель густой	Rumex confertus	2,3	0,5	3,1	0,8	2,7	0,6
25	Щетинник сизый	Setaria glauca	24,9	5,2	21,2	5,3	17,5	4,0
26	Щирица обыкновенная	Amaranthus retroflexus	61,9	12,9	50,5	12,6	64,8	14,7
27	Ярутка полевая	Thlaspi arvense	9,7	2,0	3,2	0,8	4,1	0,9
	Всего		478,8	100,0	399,7	100,0	440,6	100,0

*Примечание: учет сорной растительности проводился в 3 декаде июля в начале образования шишек, через 30 дней после окучивания в 3 декаде июня.*

Правильное научно-обоснованное сочетание химических и агротехнических мероприятий будет способствовать снижению материальных и трудовых затрат. Целесообразность проведения химической борьбы с сорняками заключается в снижении затрат труда по сравнению с проведением механических обработок междурядий, обработка которых может быть затруднена вследствие повышенной влажности почвы, не позволяющей эффективно использовать механические орудия.

В первые годы после закладки хмельника для борьбы с сорной растительностью проводятся 5-6 междурядных обработок и 2 окучивания рядов хмеля. Глубина междурядных обработок зависит от влажности почвы. Когда в начале вегетации почва еще достаточно влажная, первые две обработки проводят на глубину 14-16 см, последующие – на 19–20 см.

Окучивание рядов хмеля проводится дважды. Первый раз – при высоте растений не менее 2 м, чтобы они не повреждались, второй раз – при высоте 4-4,5 м. Это дает определенный эффект в борьбе с сорной растительностью. Кроме того, после окучивания хмеля активно развивается дополнительная корневая система, что улучшает структуру почвы и питание растений.

Однако, агротехническими приемами не всегда можно добиться высокого эффекта при уничтожении сорной растительности. При проведении междурядных обработок и окучиваний уничтожаются вегетирующие сорняки. При этом создаются благоприятные условия для прорастания семян, находящихся в состоянии покоя, поскольку в процессе обработки они перемещаются в верхние слои почвы, которые лучше прогреваются. Это

приводит к появлению новой волны сорняков. Приходится проводить еще не менее 2-3 ручных прополок в рядах хмеля, что заметно повышает затраты труда и себестоимость продукции.

Таким образом, сорная растительность, в связи с биологическими особенностями и агротехническими условиями выращивания хмеля, является постоянно присутствующим компонентом агробиоценоза хмельников. В этой связи разработка эффективной системы защиты от сорных растений с использованием как агротехнических, так и химических мероприятий, является актуальной задачей.

В почвенно-климатических условиях Беларуси разрабатывались мероприятия по снижению засоренности путем сочетания агротехнических и химических мер борьбы с сорной растительностью. На первом этапе, ставилась задача снижения засоренности посадок в первый критический период роста и развития хмеля – в начале роста растений и до образования боковых побегов. Следующей задачей исследований являлась разработка мер по борьбе с сорняками во второй половине вегетации хмеля (июль – август) – в период образования и формирования шишек после проведения 2-го окучивания – в конце июня при высоте растений 4,0-4,5 м.

На первом этапе, в 2001–2003 годах, в УО СПК «Путришки» Гродненского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком (агрохимические показатели: рН в КС1 – 5,8, содержание гумуса – 1,95;  $P_2O_5$  – 172 и  $K_2O$  – 197 мг/кг почвы) изучалось влияние гербицидов на засоренность хмеля в комплексе с агротехническими мероприятиями. Определялась эффективность гербицидов почвенного действия – стомпа, 33 % к.э. (6,0 л/га); дуала голд, КЭ (2,0 л/га); зенкора, СП (1,0 кг/га) и прометрекса ФЛЮ, 50 % к.с. (3,0 л/га) на засоренность хмеля, в первую очередь, в рядах, так как междурядья хмеля шириной 3 м постоянно обрабатывались в течение вегетации [98]. В рядах сложнее применить механизированные способы борьбы с сорняками, поэтому приходится использовать ручной труд (2-3 ручные прополки) или гербициды. Гербициды вносились в апреле, после обрезки корневищ и до отрастания хмеля. Во всех вариантах обязательно проводились 2 окучивания. В вариантах с внесением гербицидов междурядные культи-

вазии проводились по мере необходимости. При проведении окучиваний, междурядных обработок и ручных прополок учет сорняков проводился по Методическим указаниям ВИЗР (1973, 1981 гг.), через 30 дней после 1-го окучивания при образовании боковых побегов, и после 2-го окучивания – в начале образования шишек в первой половине августа.

На втором этапе, в этом же хозяйстве в 2004–2006 годах, были проведены полевые исследования на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком и имеющей следующие агрохимические показатели: рН солевой вытяжки – 5,8–6,1; содержание гумуса – 1,95–2,00;  $P_2O_5$  – 172–184; и  $K_2O$  – 197–202 мг/кг почвы.

Для исследований были использованы гербициды – базагран, 480 г/л в.р.(4,0 л/га); зенкор, ВДГ (1,0 кг/га), прометрекс ФЛО, 50% к.с. (3,0 л/га) и десикант – реглон супер, ВР (2,0 л/га). Реглон супер и базагран вносились при отрастании сорняков в фазе их активного роста после 2-го окучивания, зенкор и прометрекс – сразу после проведения 2-го окучивания рядов хмеля.

В контрольном варианте, на фоне внесения стомпа ранней весной после обрезки корневищ и до начала отрастания хмеля учет сорняков проводился через 30 дней после 2-го окучивания (конец июля – начало августа) и второй раз – через 30 дней при технической спелости шишек (конец августа – начало сентября). Обработка сорной растительности в рядах хмеля реглоном супер, ВР проводилась в период активного роста сорняков – через 30 дней после 2-го окучивания.

На основании проведенных исследований установлено, что в варианте без прополок засоренность хмеля резко возрастает в течение вегетационного сезона, а урожайность шишек достоверно снижается (табл. 18), в среднем на 3,1–4,4 ц/га по сравнению с изучаемыми вариантами прополки. Механические обработки (междурядные культивации и окучивания) значительно снижают засоренность хмельников, но их также недостаточно для получения чистых посадок и высокого урожая. Дополнительное применение ручного труда (вариант 3), хотя и снижает засоренность посевов, но заметно повышает себестоимость продукции. Лишь применение гербицидов позволяет сохранить степень засорен-

ности и величину урожайности на уровне варианта с применением ручных прополок, но заметно снижает трудозатраты.

Данные таблицы 18 показывают, что все гербициды обеспечили высокую эффективность в борьбе с сорной растительностью в период до образования боковых побегов, когда растения хмеля наиболее чувствительны к засоренности.

Наибольший эффект по снижению количества и массы сорняков получен при внесении зенкора и прометрекса. При этом следует отметить, что в данных вариантах наблюдалось некоторое отставание растений хмеля в росте и развитии, слабое пожелтение листьев, особенно нижних, которое постепенно исчезало в течение двух недель и на урожае не сказалось.

Таблица 18 – Влияние систем защиты на засоренность (в рядах) хмеля (2001–2003 гг.)

Вариант опыта	Засоренность в рядах хмеля в фазу образования боковых побегов				Засоренность в рядах хмеля в фазу начало образования шишек			
	всего сорняков	в том числе			всего сорняков	в том числе		
		однолетних		многолетних		однолетних		многолетних
		двулетних	однолетних			двулетних	однолетних	
1. Контроль (без механических обработок и ручных прополок)	<u>638</u> 474	<u>388</u> 295	<u>246</u> 177	<u>2</u> 2	<u>485</u> 392	<u>324</u> 266	<u>159</u> 124	<u>2</u> 2
2. Контроль (5–6 культиваций междурядий и 2 окучивания)	<u>387</u> 327	<u>252</u> 217	<u>134</u> 109	<u>1</u> 1	<u>408</u> 373	<u>275</u> 256	<u>132</u> 116	<u>1</u> 1
3. Контроль (5–6 культиваций междурядий, 2 окучивания и 3 ручных прополки в рядах)**	<u>68</u> 55	<u>39</u> 32	<u>27</u> 21	<u>2</u> 2	<u>84</u> 73	<u>59</u> 52	<u>24</u> 20	<u>1</u> 1
4. Стомп, 33% к.э.,6	<u>75</u>	<u>54</u>	<u>21</u>	0	<u>298</u>	<u>157</u>	<u>141</u>	<u>1</u>

л/га	62	45	17		249	134	114	1
5. Дуал голд, КЭ, 2,0 л/га	<u>195</u> 185	<u>183</u> 174	<u>11</u> 10	<u>1</u> 1	<u>367</u> 348	<u>258</u> 248	<u>109</u> 100	0
6. Зенкор, СП, 1,0 л/га	<u>52</u> 39	<u>43</u> 33	<u>8</u> 5	<u>1</u> 1	<u>320</u> 236	<u>206</u> 155	<u>114</u> 81	0
7. Прометрекс ФЛО, 50% к.с., 3,0 л/га	<u>63</u> 48	<u>47</u> 36	<u>15</u> 11	<u>1</u> 1	<u>266</u> 204	<u>151</u> 119	<u>115</u> 84	0

*Примечание: в числителе – среднее количество сорняков в рядах хмеля (шт./м<sup>2</sup>); в знаменателе – сухая масса сорняков в рядах хмеля (г/м<sup>2</sup>); \*\* - хозяйственный контроль; засоренность определялась в рядах.*

Стомп был эффективен в борьбе с двудольными и однодольными сорняками, дуал голд, в основном, уничтожал однодольные сорняки. По эффективности изучаемые гербициды можно расположить в следующем порядке: зенкор > прометрекс > стомп > дуал голд. На основании полученных данных видно, что, применяя гербициды, можно обеспечить получение урожая шишек хмеля на уровне хозяйственного контроля\*\*.

Это дает возможность отказаться от трудоемких ручных прополок хмеля в рядах, заменив их применением гербицидов, что способствует заметному сокращению затрат труда и средств на выращивание и снижает себестоимость продукции.

Важно, что использование ручного труда на прополках в рядах хмеля всегда окупается дополнительной продукцией, но может быть заменено и применением гербицидов, обеспечивающих получение более высокой экономической отдачи, что особенно важно при отсутствии рабочих рук (табл. 19).

По окупаемости затрат на получение и переработку дополнительной продукции гербициды располагаются в следующем порядке: стомп > дуал голд > прометрекс > зенкор, хотя величина дополнительной прибавки урожайности шишек находится практически на одном и том же уровне, с учетом данных наименьшей существенной разницы.

На втором этапе развития растений хмеля, в начале образования шишек, эффективность внесенных гербицидов снижается, что связано, частично, с нарушением верхнего слоя почвы в результате окучиваний хмеля в рядах.

Во время цветения и формирования шишек хмель (июль-август) требует большого количества питательных веществ, а при высокой засоренности эти элементы питания потребляются сорняками. Кроме того, в это время происходит конкуренция между растениями хмеля и сорняками за почвенную влагу, так как основная масса корневой системы хмеля располагается в том же слое, что и сорной растительности. Следует также учитывать, что транспирационный коэффициент некоторых сорняков в 2-3 раза выше, чем у хмеля. В этот второй критический период сорняки заметно ухудшают качество обработки почвы, являются базой для перезимовки вредителей и возбудителей болезней, затеняют грунт, снижая его температуру, что нежелательно в период формирования шишек хмеля. Вред, причиняемый сорняками, требует поиска эффективных путей по снижению засоренности хмельников. Необходимо сочетание агротехнических, механических и химических приемов борьбы с сорняками.

Таблица 19 – Влияние систем защиты на урожайность шишек хмеля, экономическую и биологическую эффективность их применения (2001–2003 гг.)

Вариант опыта	Урожайность шишек, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб.	Затраты, связанные с получением дополнительной продукции, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Окупаемость затрат, раз	Биологическая эффективность пестицида %
1. Контроль 1 (без механических обработок и ручных прополок)	11,5	-3100	-	-	-	-
2. Контроль 2 (5–6 культураций междурядий и 2 окучивания)	14,6	-	-	-	-	-
3. Контроль 3 (5–6 культураций междурядий, 2 окучивания и 3 ручных прополки в рядах)**	15,7	700	356	344	2,0	-

4. Стомп, 33% к.э., 6 л/га	16,0	1400	402	998	3,5	$\frac{80,6}{27,0}$
5. Дуал голд, КЭ, 2,0 л/га	15,5	902	288	614	3,1	$\frac{49,6}{10,0}$
6. Зенкор, СП, 1,0 л/га	15,2	600	260	340	2,3	$\frac{86,6}{21,6}$
7. Прометрекс ФЛО, 50% к.с., 3,0 л/га	15,3	700	274	426	2,6	$\frac{83,7}{34,8}$

*Примечание: для биологической эффективности пестицидов в числителе указана их эффективность в период образования боковых побегов, в знаменателе – в период начала образования шишек.*

*\*\* – хозяйственный контроль*

Поэтому задачей исследований являлась разработка мер по борьбе с сорняками во второй половине вегетации хмеля (июль–август) – в период образования и формирования шишек после проведения 2-го окучивания хмеля – в конце июня, при высоте растений 4,0–4,5 м (табл. 20).

Таблица 20 – Влияние гербицидов на количество сорняков в рядах хмеля (2004–2006 гг.)

Вариант опыта	Засоренность в рядах хмеля в фазу начала образования шишек				Засоренность в рядах хмеля в фазу технической спелости шишек			
	всего сорняков	в том числе			всего сорняков	в том числе		
		однолетних		многолетних		однолетних		многолетних
		двудольных	однодольных			двудольных	однодольных	
1. Контроль – Фон (стомп, 33% к.э., 6,0 л/га)	$\frac{309}{256}$	$\frac{154}{131}$	$\frac{152}{123}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{419}{353}$	$\frac{222}{191}$	$\frac{194}{159}$	$\frac{3}{3}$
2. Фон + реглон супер, ВР, 2,0 л/га	–	–	–	–	$\frac{68}{66}$	$\frac{24}{23}$	$\frac{41}{40}$	$\frac{3}{3}$
3. Фон + база-	$\frac{167}{2}$	$\frac{2}{164}$	$\frac{1}{164}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{240}{52}$	$\frac{52}{187}$	$\frac{187}{1}$	$\frac{1}{1}$

гран, 480 г/л в.р. 4,0 л/га	151	2	148	1	220	49	170	1
4. Фон + зенкор, ВДГ, 1,0 л/га	$\frac{1}{1}$	–	–	$\frac{1}{1}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{1}{1}$
5. Фон + промет- рекс ФЛЮ, 50% к.с, 3,0 л/га	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{2}$	–	$\frac{1}{1}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$

*Примечание: в числителе – среднее количество сорняков в рядах хмеля (шт./м<sup>2</sup>); в знаменателе – сухая масса сорняков в рядах хмеля (г/м<sup>2</sup>).*

Через 5 дней после обработки сорной растительности и нижнего яруса хмеля (0,5 м) реглоном отмечалась полная гибель сорной растительности. Через 30 дней после обработки в период технической спелости шишек (конец августа – начало сентября) количество сорняков составило 68 шт./м<sup>2</sup> (биологическая эффективность пестицида – 78 %). В этом случае положительным моментом является одновременное уничтожение нижнего яруса (70 см) листьев на хмеле, что обеспечивает более высокую эффективность приемов борьбы с паутинным клещом, который передвигается по растению от основания стебля. Уничтожение нижних листьев резко замедляет процесс его распространения, лишая начальной базы питания.

Обработка сорной растительности в рядах хмеля базаграном проводилась при высоте сорняков 15 см, через 30 дней после 2-го окучевания. Через 5–7 дней отмечалось угнетение, а затем и гибель однолетних двудольных сорняков.

После обработки посадок зенкором, ВДГ (1,0 кг/га) и прометрексом ФЛЮ, 50% к.с. (2,0 л/га) сразу после 2-го окучевания, они были чистыми от сорной растительности, практически, до уборки хмеля.

В этот период высокую биологическую эффективность в борьбе с сорной растительностью обеспечивает применение реглона, зенкора и прометрекса. При внесении зенкора и прометрекса угнетения растений хмеля и пожелтения его листьев не наблюдалось, как при их применении в начале вегетации. Это связано с огрубением стебля хмеля. Применение реглона в это время также устраняет его негативное воздействие на стебель. Из данных таблицы 21 видно, что существенное повышение

урожайности шишек хмеля (на 1,2 ц/га) получено при уничтожении сорной растительности с помощью реглона, а также при внесении гербицидов почвенного действия (зенкор и прометрекс), которые сдерживали прорастание сорняков в рядах хмеля, практически, до его уборки. Внесение зенкора и прометрекса способствовало росту урожайности шишек соответственно на 1,4 и 1,3 ц/га. Но, к сожалению, эти три пестицида не входят в число разрешенных для применения на хмеле в Республике Беларусь. К использованию разрешены стомп и базагран. Стомп, как уже отмечалось, обеспечивает высокую эффективность в начале вегетации. Биологическая эффективность базаграна более низкая. Окупаемость затрат при его внесении невысокая, по сравнению с применением реглона, зенкора или прометрекса.

Анализ полученных данных показывает, что применение пестицидов способствовало существенному росту урожайности шишек хмеля в 2004 и 2006 годах. Недостоверность прибавок урожайности, относительно показателей наименьшей существенной разницы в 2005 году, связано со значительным очаговым развитием почвенных вредителей на хмельнике.

Таблица 21 – Влияние гербицидов на урожайность шишек хмеля, биологическую и экономическую эффективность их применения (2004-2006 гг.)

Вариант опыта	Урожайность шишек, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб.	Затраты, связанные с получением дополнит. продукции, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Окупаемость затрат, раз	Биологическая эффективность пестицида, %
1. Контроль – Фон (стомп, 33 % к.э., 6,0 л/га)	16,2	–	–	–	–	–
2. Фон + реглон супер, ВР, 2,0 л/га	17,2	1000	303	697	3,3	$\frac{100,0}{83,8}$
3. Фон + базагран, 480 г/л	16,9	700	290	410	2,4	$\frac{46,0}{42,7}$

в.р. 4,0 л/га						
4. Фон + зенкор, ВДГ, 1,0 л/га	17,1	900	281	619	3,2	$\frac{100,0}{95,7}$
5. Фон + прометрекс ФЛО, 50 % к.с, 3,0 л/га	17,1	900	298	602	3,0	$\frac{99,0}{96,2}$

*Примечание: для биологической эффективности пестицидов в числителе указана их эффективность в период начала образования шишек, в знаменателе – в период их технической спелости; показатели НСП<sub>05</sub> в 2004, 2005 и 2006 годах по урожайности шишек составили соответственно 1,0; 1,3 и 0,9 ц/га.*

Исследования показали, что применяемые после 2-го окучивания гербициды и десикант по их влиянию на снижение засоренности почвы можно расположить в следующем порядке: прометрекс > зенкор > реглон > базагран, а по влиянию на рост урожайности и окупаемость затрат на их применение – реглон > зенкор > прометрекс > базагран.

Анализ производственной деятельности одного из хмелеводческих хозяйств Беларуси (СП «Бизон» Малоритского района Брестской области) показал, что система защиты хмеля от сорной растительности должна гармонично сочетаться с агротехническими и химическими приемами и учитывать почвенные условия и биологические особенности сорной растительности. Возможны варианты, когда некоторые химические меры защиты могут быть заменены агротехническими. В частности, имеется практический опыт данного хозяйства, когда вместо внесения почвенных гербицидов после обрезки корневищ для уничтожения сорной растительности в рядах применялся механический способ. Используется подвижная фреза, которая рыхлит почву на глубину до 10–15 см между растениями хмеля в ряду. Эта фреза является составным элементом комбинированного агрегата (производство фирмы «Wallner Landtechnik» Германия, стоимостью 25000 Евро), который навешивается на трактор и может выполнять обрезку корневищ, окучивание растений хмеля и буровые работы. Агрегат окупается за 5–7 лет, в зависимости от размера хмельника, на котором он применяется.

Отрицательной стороной данной технологии является накопление гербицидов в почве особенно в засушливые годы и их активация их при высокой влажности почвы, что может вызвать снижение урожайности (угнетение и даже гибель растений) хмеля. Кроме того, исключение междурядных обработок ведет к ухудшению биологических свойств почвы и ее структуры. Следует учитывать, что высокие цены на некоторые применяемые гербициды могут ограничивать их применение с точки зрения экономической эффективности по сравнению с механическими обработками. Однако, такие ситуации складываются редко и химические обработки по ряду причин часто используются на хмельниках в различных конкретных ситуациях без снижения его продуктивности.

Проведенные расчеты показывают, что экономическая эффективность защитных мероприятий в виде сохраненного урожая хмеля в 2-3 раза превышает затраты на приобретение и внесение гербицидов.

В заключение следует отметить, что в почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси гармоничное сочетание агротехнических и химических мероприятий по защите растений от сорной растительности является обязательным элементом технологии выращивания хмеля. Подбор эффективных гербицидов должен соответствовать спектру действия и видовому составу сорняков, особенностям почвенно-климатических условий конкретного региона, уровню земледелия и плодородия почвы. Следует отметить, что в отдельные влажные годы может отмечаться заметное развитие сорной растительности в рядах после 1-го окучивания. В этом случае при развитии злаковых сорняков возможно применение противозлаковых гербицидов (фюзилад супер, КЭ и др.) или гербицидов по вегетирующим двудольным сорнякам (базагран). Применение гербицидов почвенного действия, в начале вегетации хмеля, после обрезки корневищ позволяет обеспечить получение урожая шишек хмеля на уровне хозяйственного контроля. Это дает возможность отказаться от трудоемких ручных прополок хмеля в рядах в первый критический период его чувствительности к сорнякам (до образования боковых побегов), что способствует заметному сокращению затрат труда и средств на выращивание

хмеля, снижает себестоимость его продукции. В этот период рекомендуется внесение в почву стомпа (6 л/га) после обрезки корневищ, до начала его отрастания. Эффективность его возрастает при внесении во влажную почву с последующей заделкой легкими боронами. Применение зенкора и прометрекса также обеспечивает высокую эффективность в уничтожении сорной растительности, но оказывает угнетающее влияние на развитие растений хмеля в начальный период роста. Важным фактором роста урожайности шишек хмеля является разработка мер борьбы с сорной растительностью во второй половине вегетации хмеля – в период образования и формирования шишек после проведения 2-го окучивания при высоте растений 4,0–4,5 м. Существенное повышение урожайности шишек хмеля получено при уничтожении сорной растительности с помощью десиканта реглон, а также при внесении почвенных гербицидов зенкор и прометрекс, которые сдерживали прорастание сорняков в рядах хмеля практически до его уборки. Применяемые после 2-го окучивания гербициды и десикант по их влиянию на снижение засоренности почвы можно расположить в следующем порядке: прометрекс > зенкор > реглон > базагран, а по их влиянию на рост урожайности и окупаемость затрат на их применение: реглон > зенкор > прометрекс > базагран. Целесообразно предложить фирмам производителям включить гербициды прометрекс ФЛО, 50% к.с. (3,0 л/га) (прометрин), ф. Мактешим Аган, Израиль и зенкор, ВДГ ф. Байер КропСайенс ГмбХ, Германия (1,0 кг/га) после 2-го окучивания и десикант реглон супер, ВР (2. л/га) (дикват, 150 г/л), ф. Сингента Лимитед, Великобритания в период образования и формирования шишек после проведения 2-го окучивания хмеля при высоте растений 4,0–4,5 м в Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь [176].

#### **7.6. Методы защиты растений хмеля от вредных объектов и их особенности**

Для защиты хмеля от болезней и вредителей используются агротехнические, биологические и химические методы.

Агротехнический метод. Заключается в проведении таких агротехнических мероприятий, которые способствовали бы развитию растений и не были благоприятными для развития болезней и вредителей. Так некоторые агротехнические мероприятия ограничивают развитие вертициллеза и псевдопероноспороза.

К таким агротехническим мероприятиям относятся:

- подбор продуктивных и устойчивых к болезням и вредителям сортов;
- правильная обрезка корневищ;
- ликвидация лишних побегов и листьев;
- тщательная очистка хмельника от удаленных побегов в период «заводки» стеблей хмеля на поддержки;
- оптимизация минерального питания хмеля макро- и микроэлементами;
- своевременное проведение междурядных обработок;
- своевременное удаление сорной растительности;
- удаление растительных остатков в послеуборочный период;
- удаление и уничтожение больных или повреждённых растений.

Химический метод. Борьба с болезнями и вредителями хмеля с помощью химических методов является основным способом защиты растений. Но, с позиций охраны природы и биологического равновесия, должны комплексно использоваться агротехнические и биологические методы.

Фунгициды делятся на контактные и системные. Контактные уничтожают возбудителя болезни лишь при контакте с ним. Системные фунгициды проникают в ткани и, передвигаясь по сосудистой системе растений в необработанные части, могут уничтожать болезнь даже тогда, когда она уже проявилась. Но большинство возбудителей болезней вырабатывают защитные свойства на применение системных фунгицидов. После 2–4 лет постоянного их использования, появляются особи, устойчивые к этим пестицидам. Потому фунгициды следует чередовать и применять не чаще 2–3 раз за вегетационный период.

Инсектициды, в зависимости от способа действия на вредителей, делятся на желудочные, контактные и дыхательные.

Некоторые инсектициды действуют селективно, т.е. уничтожают только некоторые виды вредителей. При этом следует ограничить уничтожение полезных организмов.

В последнее время растут цены на пестициды, которые требуют экономного и правильного их использования. В Польше, в 1981 году, цена защитных средств, для обработки 1 га хмеля соответствовала цене 52,5 кг сухого хмеля, а в 1990 году – уже 140 кг хмеля [313]. В настоящее время эти затраты выросли еще больше. Потому важно использовать аппаратуру для оптимального расхода препаратов.

Практический опыт хмелеводческих хозяйств Гродненской и Брестской областей показал, что при проведении опрыскиваний, для защиты хмеля от вредителей и болезней, следует проводить так, чтобы рабочий раствор попадал на нижнюю сторону листа, потому что на ней концентрируются вредители и болезни. Капли, попадающие на верхнюю сторону листа, не дают должного результата и их можно их считать «потерянными» средствами для защиты. Нежелательные потери наблюдаются и в случае, когда жидкость распыливается над растениями и капли падают только на верхнюю часть листа или между рядами хмеля. Ошибочно мнение, что результативным будет «обливание» листа препаратом так, будто лист был погружен в воду. Тогда жидкость стекает вниз, не оставляя на поверхности необходимого количества препарата. Это происходит, когда опрыскивания проводятся крупными каплями, которые соединяются и стекают вниз безрезультатно. Важно так направить распыливаемую рабочую жидкость, чтобы она попадала «внутрь» растения хмеля, вызывая этим смещение листьев от потока воздуха, что облегчает попадание жидкости на их нижнюю сторону. Опыт показывает, что одной из причин качественного опрыскивания хмеля является не большее количество жидкости, а ее «мелкокапельность» и равномерное покрытие листовой поверхности растения. Хороший эффект от обработок достигается при покрытии рабочей жидкостью нижней стороны листа не менее, чем на 50%. Для такой обработки необходима соответствующая конструкция опрыскивателя и обеспечение соответствующего рабочего давления. Учитывая то, что кинетическая энергия этих мелких капель мала для того, чтобы они могли попасть на отдален-

ные части растения, необходимо использовать вентилятор, создающий поток воздуха. Практический опыт показывает, что при скорости движения не более 3,5 км/час и проезде в каждом ряду можно обеспечить качественное покрытие растений рабочим раствором. Для исключения зацепления стеблей хмеля за агрегат при обработках, следует сделать защиту из стальных прутьев, отгибающих побеги во время движения трактора [30, 313, 323].

Рабочая ширина опрыскивателя должна составлять 3 м, то есть опрыскиватель должен проходить по каждому междурядью. Обычно расход жидкости не превышает 3000 дм<sup>3</sup>/га. При обработках следует учитывать, что температура жидкости не должна быть ниже температуры воздуха, так как использование холодной воды может повлечь за собой повреждения листового аппарата, похожие на химические ожоги. Для большего эффекта опрыскивания необходимо проводить на малой скорости, рано утром или поздно вечером, при безветренной погоде. Практика показывает, что проезды опрыскивателя следует планировать так, чтобы каждый ряд хмеля был обработан при движении агрегата в противоположных направлениях, что будет способствовать более равномерному покрытию листовой поверхности пестицидом. Особое внимание необходимо обратить на качественную обработку крайних рядов хмеля, которые могут стать очагом распространения некоторых вредителей и болезней, даже при незначительных нарушениях технологии обработки.

При применении гербицидов следует учитывать ряд факторов, определяющих их биологическую эффективность. В процессе проведения защитных мероприятий от сорной растительности следует помнить, что применяя опрыскиватели для внесения гербицидов или дефолиантов, не следует в дальнейшем их использовать для обработок против болезней и вредителей хмеля. Даже небольшое количество ранее вносимого гербицида, оставшееся в опрыскивателе, может привести к угнетению, и даже полной гибели растений хмеля. Практический опыт показывает, что не всегда помогает промывка водой опрыскивателя, т.к. даже небольшое количество оставшегося препарата (присохшее) устраняется с трудом и растворяется только лишь при длительном использовании агрегата.

Применение гербицидов будет эффективным, если правильно подобрать препараты и соблюсти следующие условия:

- применение для проведения опрыскиваний только исправной техники;
- равномерное внесение рабочего раствора (штанга опрыскивателя должна быть расположена горизонтально, а распылители установлены так, чтобы опрыскивающие поверхности не накладывались друг на друга);
- поддержание во время обработки оптимальной скорости движения (около 2,5 км/ч) и нужного давления в гидравлической системе опрыскивателя;
- выключение опрыскивателя на неровностях почвы, ямах и ухабах;
- согласование ширины рабочего захвата опрыскивателя с учетом ширины междурядий хмеля;
- проведение обработок в безветренные дни, когда почва влажная, предпочтительно – ранним утром (когда выпадает роса) или под вечер.

Биологический метод иногда применяется при выращивании хмеля, но в ограниченных масштабах. Обычно он применяется для защиты растений от хмелевой тли.

Иногда при получении безвирусного посадочного материала применяется физический метод, который сводится к использованию высоких температур при отвирусовывании саженцев [313].

## **8. Уборка и переработка шишек хмеля**

### **8.1 Сроки и способы уборки хмеля**

Уборку целесообразно проводить в фазе технической спелости, так как в этот период наиболее высокий урожай хмеля сочетается с оптимальным содержанием в нем ценных веществ. В это время шишки хмеля становятся плотными, упругими, приобретают золотисто-зеленый или светло-желто-зеленый цвет, имеют хорошо выполненные лупулиновые железки и приятный стойкий хмелевой аромат [49, 193, 313].

Максимальное количество горьких веществ и  $\alpha$ -кислот накапливалось к периоду полной технической спелости шишек. В течение последующих 20 дней содержание этих веществ у изучаемых сортов оставалось высоким, изменялось незначительно, а у некоторых сортов даже несколько увеличивалось. Однако, с учетом утраты хмелем других товарных качеств (шишки становятся рыхлыми, кончики лепестков буреют) лучшим сроком уборки считается фаза полной технической спелости шишек хмеля.

Более поздние сроки уборки ведут к потере урожая и товарных качеств хмеля, хотя у некоторых сортов содержание  $\alpha$ -кислот и общих смол к фазе физиологической спелости даже несколько и увеличивается. При поздних сроках уборки ухудшается

запах и цвет шишек, они теряют прочность, рассыпаются при сушке, из них высыпается лупулин [306].

Преждевременная уборка хмеля также нежелательна, так как приводит к недобору  $\alpha$ -кислот. Не соответствует стандартным требованиям и цвет шишек. Хмель начинают убирать, когда примерно 75% шишек на растении достигнут полной технической спелости. Период технической спелости длится 10–15 дней, в течение которых необходимо закончить уборку урожая [48, 96, 123, 126].

Проведенные исследования показали, что почвенно-климатические условия Республики Беларусь благоприятны для формирования не только высокого, но и качественного урожая шишек. Качественные показатели шишек хмеля сортов Hallertauer Magnum и Marynka, выращенных в западном регионе Беларуси, по содержанию  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот, когумулону, гумулолу, адгумулолу, колупулолу, адлупулолу и лупулолу соответствуют требованиям пивоваренной промышленности.

В почвенно-климатических условиях Республики Беларусь максимальное содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот отмечалось к началу технической спелости (по средним многолетним данным – 10 сентября). Качество хмеля после наступления технической спелости существенно не изменялось до конца сентября. Хотя высокое содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот сохранялось до наступления физиологической спелости шишек (30 сентября), но, вследствие ухудшения органолептических показателей шишек и механических потерь, лупулина уборку следует заканчивать раньше – к 25 сентября. Следовательно, для получения высококачественного сырья для пивоваренной промышленности уборку следует завершать в течение 15 дней после наступления физиологической спелости шишек. Содержание когумулону в шишках соответствовало требованиям пивоваренной промышленности (не более 30%) для получения качественного пива. Доля когумулону в  $\alpha$ -кислоте для сорта Hallertauer Magnum составила в среднем 25,5%, а максимальное его содержание не превышало 26,1%. Для сорта Marynka эти показатели составили, соответственно, 24,7 и 26,2% [166].

Уборка хмеля очень трудоемкая работа, то есть более половины трудовых затрат на его производство приходится на уборку

(около 300 чел.-дней и более на 1 га) [94]. До настоящего времени в ряде хозяйств уборку хмеля проводят вручную. Внедрение механизированной уборки урожая — одно из важнейших условий повышения интенсификации отрасли [247, 258, 259].

Для механизированной уборки применяют стационарные хмелеборочные машины. При машинной уборке растения хмеля срезают на высоте 1,7-2 м и на специально оборудованных прицепах подвозят к очесывающим машинам. Остальную, не срезанную, часть растений оставляют на корню для оттока питательных веществ к корням [248, 249].

При машинной уборке хмеля значительно сокращаются затраты труда (по сравнению с ручной уборкой в 5 раз), материальных средств, а также сокращаются сроки уборки. Проведение уборки в сжатые сроки позволяет снизить и потери хмеля [32, 149, 313].

## **8.2. Технология сушки хмеля, переработка сухого хмеля, упаковка**

Сушка хмеля при температуре не превышающей 65<sup>0</sup>С позволяет получить сухой хмель с содержанием влаги около 8% и потерей всего 5–8%  $\alpha$ -кислот [50, 211, 219, 241].

При хранении хмеля в плотно спрессованном виде (в балотах), в складах с нерегулируемыми параметрами среды, потери  $\alpha$ -кислот составляют за 6 месяцев – 12%, в течение года – 36%, за два года – 72% и за три года – 89% от исходного содержания. Наибольшие потери  $\alpha$ -кислот в таких складах наблюдаются в весенне-летний период, когда температура воздуха повышается. Поэтому одним из основных приемов уменьшения потерь  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот при хранении хмеля является наличие складов-холодильников, а также упаковка шишек хмеля в материалы не пропускающие кислород воздуха [28, 29, 127, 178, 218, 220, 221].

Пивоваренные заводы Беларуси работают, в основном, с гранулированным хмелем. Для гранулирования молотый хмель продавливают через отверстия матрицы и формируют в гранулы. Однако в процессе гранулирования теряется до 10%  $\alpha$ -кислот и ароматических веществ от первоначального его количества в шишковом хмеле. Потери самого хмеля в процессе выработки

гранул составляют около 4%. Хранят гранулированный хмель при температуре 0–2<sup>0</sup>С [122, 184, 185].

## **9. Качество продукции в зависимости от почвенных условий, применения удобрений и элементов агротехники**

### **9.1 Химический состав и вынос элементов минерального питания хмелем**

Большую роль в повышении продуктивности хмелеводства Беларуси и качества конечной продукции (шишки, пиво) играет оптимизация минерального питания хмеля. Хмель – интенсивно удобряемая культура, что может обусловить накопление большого количества элементов питания в почве, однако, не всегда оптимальное для растений хмеля. Более полную характеристику потребности хмеля в макроэлементах может дать изучение вопросов выноса этих элементов с урожаем основной и побочной продукции. Учет структуры урожая и показателей выноса элементов питания позволит более обоснованно планировать производство шишек хмеля с наименьшими затратами и более высокой окупаемостью минеральных удобрений, прогнозировать потребность в удобрениях и изменение обеспеченности почв элементами питания, регулировать плодородие почв и охрану окружающей среды. Анализ литературных данных, охватывающих различные регионы Европы, показал, что вынос элементов питания хмелем в значительной мере зависит от биологических

особенностей сорта, агрохимических свойств почвы, возраста растений хмеля, особенностей агротехники, погодных условий, развития болезней и многих других факторов [51, 53, 137, 140, 147, 148, 302, 309].

В настоящее время физиологическая роль элементов питания для многих сельскохозяйственных культур хорошо известна. Однако, исследования в этом направлении для хмеля в нашей республике до настоящего времени не проводились.

В 2005–2007 годах проводились исследования с сортом Hallertauer Magnum (Германия), относящимся к группе горьких сортов, по изучению динамики структуры урожая и выноса растениями хмеля азота, фосфора, калия. Полевые опыты были заложены в фермерском хозяйстве «Магnum-Хмель» Пружанского района, расположенного на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 60 см, с рН в КС1 5,8; содержанием гумуса – 1,88%,  $P_2O_5$  – 171 и  $K_2O$  – 169 мг/кг почвы. По содержанию подвижных форм бора (0,5 мг/кг), меди (1,9 мг/кг) и цинка (3,2 мг/кг) почва также относится ко II (средней) группе обеспеченности.

Растительные образцы хмеля (шишки, листья и стебли) отбирали с фонового варианта опыта ( $N_{180}P_{160}K_{240}$ ) и высушивали до стандартной влажности – 12%. Указанный фон НРК является оптимальным для хмеля, выращиваемого на этих почвах. Он был установлен на основании ранее проведенных исследований в 2001–2003 годах [155]. Образцы листьев, стеблей и шишек для определения содержания азота, фосфора и калия отбирались в четырехкратной повторности, а анализы проводились в двукратной. Образцы отбирались не менее, чем из пяти кустов со среднего яруса растений. Масса каждой пробы была не менее 100 г. Навеску для определения содержания элементов отбирали следующим образом: измельченный хмель, листья или стебли распределялись тонким слоем на поверхности и навеску брали шпателем не менее чем из пяти разных мест [102, 329].

Результаты исследований показали, что содержание азота, фосфора и калия значительно менялось не только в различных органах растения хмеля, но и в каждом органе в процессе роста и развития растений. Анализ химического состава органов растения хмеля показал, что относительное содержание азота, фос-

фора и калия в надземной массе, в том числе в листьях и стеблях, снижалось в процессе роста и развития растения (табл. 22).

В корневой системе определялось только относительное содержание каждого элемента (%), что связано со значительными колебаниями ее массы в зависимости от возраста плантации, почвенных условий и других факторов.

Содержание азота в надземных частях растения было значительно выше, чем в подземных органах, и составляло 2,90-4,75%. Наиболее высокое содержание азота отмечено в листьях (3,69–5,87%) и шишках (3,28%).

Абсолютное (или весовое) содержание азота, фосфора и калия в общей надземной массе и, в том числе и в стеблях, возрастало в процессе роста и развития до наступления технической спелости. Абсолютное содержание азота и калия в листьях возрастало до фазы цветения (соответственно 31,5 и 29,1 г/растение), а затем к фазе технической спелости снижалось до 27,6 и 21,3 г/растение. Содержание азота в стеблях также за этот период снизилось с 10,2 до 8,2 и калия – с 18,6 до 13,7 г/растение.

Таблица 22 – Динамика содержания элементов минерального питания в растениях хмеля (% в сухом веществе) и их вынос (г/растение) (2005–2007 гг.)

Орган растения	Фаза развития*	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
		%	г/раст	%	г/раст	%	г/раст
Шишки	1	–	–	–	–	–	–
	2	–	–	–	–	–	–
	3***	5,17	2,1	1,92	0,8	2,83	1,1
	4	<b>3,28</b>	<b>26,9</b>	<b>1,45</b>	<b>11,9</b>	<b>3,69</b>	<b>30,2</b>
Листья	1	5,87	2,7	1,27	0,6	5,22	2,4
	2	4,79	13,8	0,82	2,3	4,31	12,4
	3	4,45	31,5	0,73	5,2	4,11	29,1
	4	<b>3,69</b>	<b>27,6</b>	<b>0,79</b>	<b>5,9</b>	<b>2,85</b>	<b>21,3</b>
Стебли	1	3,13	1,1	1,24	0,4	4,82	1,6
	2	2,67	5,8	0,80	1,7	4,00	8,7
	3	1,72	10,2	0,47	2,8	3,14	18,6
	4	<b>1,37</b>	<b>8,2</b>	<b>0,52</b>	<b>3,1</b>	<b>2,30</b>	<b>13,7</b>
Всего в над-	1	4,75	3,8	1,25	1,0	5,00	4,0
	2	3,88	19,6	0,79	4,0	4,18	21,1

земной массе**	3	3,27	43,8	0,66	8,8	3,64	48,8
	4	<b>2,90</b>	<b>62,7</b>	<b>0,97</b>	<b>20,9</b>	<b>3,01</b>	<b>65,2</b>
Корне- вая сис- тема	1	2,69	–	1,07	–	1,84	–
	2	2,40	–	0,74	–	1,97	–
	3	2,35	–	0,67	–	1,34	–
	4	2,01	–	0,79	–	1,41	–
	5	2,42		0,89		1,75	
	5****	2,64		1,02		1,80	

*Примечание: \*Фазы развития: 1 – начало отрастания побегов (высота 60-80 см), 2 – начало образования боковых побегов, 3 – начало цветения, 4 – техническая спелость шишек; 5 – физиологическое отмирание растения (2 декада октября).*

*\*\* – В надземной массе рассчитывалось средневзвешенное содержание каждого элемента. Вынос элементов питания учитывался только надземной массой.*

*\*\*\* – Содержание элементов питания в цветках.*

*\*\*\*\* – Вся надземная масса (стебли, листья) не срезалась после уборки, а оставлялась до физиологического отмирания растения – 2 декада октября.*

В корневой системе относительное содержание азота в процессе вегетации и до наступления технической спелости снижалось с 2,69 до 2,01%. Содержание фосфора и калия снижалось до фазы цветения: фосфора – с 1,07 до 0,79%, калия – с 1,84 до 1,41%.

Таким образом, в период интенсивного роста растений в надземных и подземных органах содержание азота снижалось. Однако, после наступления технической спелости шишек, к периоду наступления физиологического отмирания надземной массы, в корневой системе хмеля отмечалось увеличение количества азота, фосфора и калия в связи с оттоком элементов питания из надземной массы.

Установлено, что содержание калия и, особенно, фосфора, значительно ниже, чем азота в надземных и подземных органах хмеля. Минимальное количество азота в подземных органах отмечалось в период технической спелости шишек, фосфора и калия – в период цветения. После наступления технической спелости и до физиологического отмирания растений (2 декада октября) содержание этих элементов в корневой системе возрастало. Это связано с их оттоком из надземной части. В том случае, если стебли во время уборки (1 декада сентября) обрезались на высо-

те 70 см (обычная высота среза при механизированной уборке), содержание азота, фосфора и калия возрастало соответственно до 2,42; 0,89 и 1,75%. Если стебли не срезались, а оставлялись до физиологического отмирания растения (2 декада октября), то содержание этих элементов возрастало соответственно до 2,64; 1,02 и 1,80%. Расчеты показали, что к наступлению технической спелости шишек хмеля общий вынос надземной массой азота составлял 139, фосфора – 46 и калия – 145 кг/га. В шишках содержится основная доля азота (43%), фосфора (57%) и калия (46%). На листовую массу приходится, соответственно, 44, 28 и 33% и меньше всего на массу стеблей – 12 15 и 21% (табл. 23).

Таким образом, результаты исследований показали, что наиболее существенное накопление биомассы листьев и стеблей хмеля происходило в период цветения. В этот период основная доля биомассы растений хмеля до фазы цветения (включительно) содержалась в листьях (57,5–52,8%), меньшая – в стеблях (42,5–44,2%).

Таблица 23 – Содержание и вынос элементов минерального питания растениями хмеля (2005–2007 гг.)

Орган растения	Фаза развития*	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
		кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
Шишки	1	–	–	–	–	–	–
	2	–	–	–	–	–	–
	3	5	5	2	10	2	2
	4	<b>60</b>	<b>43</b>	<b>26</b>	<b>57</b>	<b>67</b>	<b>46</b>
Листья	1	6	75	1	50	5	56
	2	31	70	5	56	28	60
	3	70	72	12	60	65	60
	4	<b>61</b>	<b>44</b>	<b>13</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>33</b>
Стебли	1	2	25	1	50	4	44
	2	13	30	4	44	19	40
	3	22	23	6	30	41	38
	4	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>21</b>
Всего в надземной массе	1	8	100	2	100	9	100
	2	44	100	9	100	47	100
	3	97	100	20	100	108	100
	4	<b>139</b>	<b>100</b>	<b>46</b>	<b>100</b>	<b>145</b>	<b>100</b>

*Примечание – \*Фазы развития см. в таблице 22*

С наступлением технической спелости шишек общая биомасса растений существенно возростала относительно фазы цветения в 1,6 раза, в основном, за счет формирования массы шишек, на долю которых приходится 37,9% надземной биомассы. Абсолютная (или весовая) масса листьев и стеблей возростала незначительно. Относительное содержание азота, фосфора и калия в надземной массе, в том числе в листьях и стеблях, снижалось в процессе роста и развития растений. После наступления технической спелости шишек к периоду физиологического отмирания растений отмечалось увеличение количества азота, фосфора и калия в корневой системе хмеля. Содержание азота в надземных частях растений значительно выше, чем в подземных органах и составляло 2,90-4,75%. Наиболее высокое содержание азота отмечено в листьях (3,69-5,87%) и шишках (3,28%) [174].

## **9.2. Технологические показатели качества шишек хмеля для пивоваренной промышленности в зависимости от сроков уборки и элементов агротехники**

Как уже подчеркивалось выше, шишки хмеля – незаменимое сырье для производства пива. Это связано с тем, что горькие вещества, содержащиеся в шишках хмеля, по своему химическому строению, физико-химическим и органолептическим свойствам, не обнаружены у других растений. Среди горьких веществ имеется целый ряд таких соединений, которые придают пиву приятный горький вкус, участвуют в создании пены и повышают стойкость пива при его хранении за счет антибиотических свойств хмеля. Состав горьких веществ шишек сложен и влияние отдельных компонентов на качество пива различное, что свидетельствует о важности изучения состава горьких веществ в шишках хмеля и продуктах его переработки [116, 124, 125].

Многие организационные и технологические приемы при возделывании хмеля направлены на ежегодное получение не только высоких урожаев шишек, но и высокого их качества в соответствии с требованиями пивоваренной отрасли промышленности. На практике в хмелеводстве наиболее часто качество хмеля определяют органолептически. Государственными стандартами (ГОСТ 21946 и 21947) определены базисные и ограничитель-

ные нормы технических требований к хмелю по разным показателям. На определенном этапе исследований органолептический анализ может быть частичным критерием оценки качества шишек. Однако, более глубокую и достоверную оценку пивоваренных показателей качества можно получить лишь на основе анализа химического состава шишек и, в частности, определения содержания в них  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их фракционного состава [64, 343].

Наиболее ценные для пивоварения компоненты –  $\alpha$ -кислоты, изомерные производные которых на 90–95% обуславливают общую горечь сусла и пива. Кроме того, в смолах хмеля содержится большое количество  $\beta$ -кислот, которые в исходном виде горечью не обладают. Однако, в процессе окисления  $\beta$ -кислот образуются различные соединения, большинство из которых имеет приятную горечь. Поэтому, несмотря на то, что  $\beta$ -кислоты мало растворимы и не горькие на вкус, продукты их окисления имеют важное значение в придании пиву мягкой гармоничной горечи. Таким образом, пивоваренные качества хмеля определяются количеством горьких веществ в шишках, соотношением между количеством  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их компонентным составом [63, 103, 128, 194].

С целью определения основных технологических показателей шишек хмеля, определяющих их пивоваренные качества, в зависимости от сортовых особенностей, минерального питания и сроков уборки в 2006–2008 годах в УО СПК «Путришки» Гродненского района были проведены полевые исследования.

Образцы шишек для проведения лабораторных анализов отбирали 4 раза в следующие сроки:

- перед началом технической спелости – 31 августа;
- затем через 10 дней, при наступлении полной технической спелости – 10 сентября;
- 20 сентября – при полной технической спелости и
- 30 сентября – при физиологической спелости шишек.

Данные сроки спелости являются средними многолетними, так как в каждом году они могут смещаться. В технической спелости шишки становятся упругими и приобретают золотисто-зеленый цвет. Анализ образцов проводился в Польше (г. Пулавы) в лаборатории Instytutu nawozow sztucznych. Определялось

содержание в шишках  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их компонентный состав (когумулон, гумулон, адгумулон, колупулон, адлупулон и лупулон).

Результаты проведенных химических анализов (табл. 24) двух наиболее продуктивных сортов хмеля (Hallertauer Magnum и Marynka), выращенных в западном регионе Беларуси показали, что почвенно-климатические условия Республики Беларусь благоприятны для формирования не только высокого, но и качественного урожая шишек хмеля. Установлено, что в условиях западного региона Беларуси техническая спелость шишек наступала, по средним многолетним данным, для более позднего немецкого сорта Hallertauer Magnum – 10 сентября, а для более раннего польского Marynka – 1 сентября.

Таблица 24 – Показатели качества шишек хмеля в зависимости от сорта

Показатели качества шишек хмеля	Сорта							
	Hallertauer Magnum				Marynka			
	2006 г	2007 г	2008 г	средн.	2006 г	2007 г	2008 г	средн.
1. $\alpha$ -кислоты, %	10,51	11,34	12,62	11,49	10,22	10,91	9,82	10,32
2. $\beta$ -кислоты, %	5,68	5,89	6,44	6,00	4,88	4,92	4,54	4,78
3. Соотношение: $\beta/\alpha$ кислот	1:1,85	1:1,93	1:1,96	1:1,92	1:2,09	1:2,22	1:2,16	1:2,16
4. Когумулон, %	2,74	2,84	3,22	2,93	2,48	2,59	2,57	2,55
5. Гумулон + адгумулон, %	7,77	8,50	9,40	8,56	7,74	8,32	7,25	7,77
6. Доля когумулона в $\alpha$ -кислоте, %	26,1	25,0	25,5	25,5	24,3	23,7	26,2	24,7
7. Доля гумулона + адгумулона в $\alpha$ -кислоте, %	73,9	75,0	74,5	74,5	75,7	76,3	73,8	75,3
8. Колупулон, %	2,73	2,74	2,88	2,78	2,64	2,67	2,58	2,63
9. Доля колупулона в $\beta$ -кислоте	48,1	46,5	44,7	46,3	54,1	54,2	56,8	55,0
10. Лупулон + адлупулон, %	2,95	3,15	3,56	3,22	2,24	2,25	1,96	2,15

11. Доля лупулона + адлупуллона в $\beta$ -кислоте, %	51,9	53,5	55,3	53,7	45,9	45,8	43,2	45,0
---	------	------	------	------	------	------	------	------

*Примечание – Уборка шишек хмеля проводилась при достижении технической спелости сорта Hallertauer Magnum – 10 сентября, сорта Marunka – 1-5 сентября.*

Средняя продолжительность этапа технической спелости составила 15 дней. Шишки, убранные в это время, содержали максимальное количество горьких веществ в соответствии с требованиями пивоваренной промышленности.

По содержанию  $\alpha$ -кислот эти сорта относятся к группе горьких сортов (соответственно 11,49 и 10,32%). Известно, что  $\alpha$ -кислоты придают пиву более выразительную и резкую горечь,  $\beta$ -фракция, с точки зрения интенсивности горечи не так эффективна, как горькие  $\alpha$ -кислоты, но она является источником тонкой горечи. Это говорит о том, что хмель, в котором возрастает доля  $\beta$ -кислот, является хорошим сырьем для получения пива с более тонкой гармоничной и не резкой горечью. В группе горьких веществ  $\alpha$ -кислоты обычно определяют количество горечи, а ее качество зависит от содержания  $\beta$ -кислот.

Для сорта Hallertauer Magnum отмечено более высокое абсолютное (6,0%) содержание  $\beta$ -кислот в шишках хмеля и относительно низкое  $\alpha$ -кислот (соотношение  $\beta/\alpha$  кислот – 1:1,92) по сравнению с более ранним польским сортом Marunka. Для сорта Marunka эти показатели составили, соответственно, 4,78% и 1:2,16.

Качество пива во многом определяется компонентным составом  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот, в частности, содержанием когумуллона. При высоком содержании когумуллона в  $\alpha$ -кислоте пиво имеет резкую горечь. Считается, что в наиболее качественных сортах хмеля для пивоварения на долю когумуллона в составе  $\alpha$ -кислот должно приходиться не более 30%. В нашем случае, доля когумуллона в  $\alpha$ -кислоте для сорта Hallertauer Magnum составила, в среднем, 25,5%, а максимальное его содержание не превышало 26,1%. Для сорта Marunka эти показатели составили, соответственно, 24,7 и 26,2%. Содержание когумуллона соответствует тре-

бованиям пивоваренной промышленности для получения качественного пива.

Для сорта Marynka характерно более низкое абсолютное содержание гумулona и адгумулona (7,77%), но более высокое относительное их содержание (75,3%) в составе  $\alpha$ -кислот по сравнению с сортом Hallertauer Magnum.

В компонентном составе  $\beta$ -кислот абсолютное содержание колупулona для сорта Hallertauer Magnum превышало его содержание для сорта Marynka (соответственно 2,78 и 2,63%). С другой стороны, относительная доля колупулona в составе  $\beta$ -кислот для сорта Marynka была выше (55,0%), чем для сорта Hallertauer Magnum (46,3%). Абсолютное (3,22%) и относительное (53,7 %) содержание лупулona и адлупулona в составе  $\beta$ -кислот для сорта Hallertauer Magnum находилось на том же уровне, что и у сорта Marynka (соответственно 3,54 и 54,0%). Разница в компонентном составе  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот сортов Hallertauer Magnum и Marynka говорит о более «мягкой» горечи хмеля сорта Marynka.

Таким образом, качественные показатели сортов хмеля Hallertauer Magnum и Marynka, выращенных в западном регионе Беларуси, по содержанию  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот и их компонентного состава (когумулona, гумулona, адгумулona, колупулona, адлупулona и лупулona) соответствуют требованиям пивоваренной промышленности.

Следующим этапом работы являлось определение качественных показателей шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum в зависимости от сроков уборки (табл. 25).

Таблица 25 – Показатели качества шишек хмеля в зависимости от сроков уборки сорта хмеля Hallertauer Magnum

Показатели качества шишек	Сроки уборки хмеля							
	2007 год				2008 год			
	01.09	10.09	20.09	30.09	01.09	10.09	20.09	30.09
1. $\alpha$ -кислоты, %	10,57	11,34	11,41	11,19	12,05	12,62	12,65	12,27
2. $\beta$ -кислоты, %	5,88	5,89	5,85	5,65	6,45	6,44	6,38	6,11
3. Соотношение: $\beta/\alpha$ кислот	1:1,80	1:1,93	1:1,95	1:1,98	1:1,86	1:1,96	1:1,98	1:2,01
4. Когумулон, %	2,16	2,84	3,07	3,04	2,75	3,22	3,47	3,42
5. Гумулон +	8,41	8,50	8,34	8,15	9,30	9,40	9,18	8,85

адгумулон, %								
6. Доля когумуллона в $\alpha$ -кислоте, %	20,4	25,0	26,8	27,2	22,8	25,5	27,4	27,9
7. Доля гумуллона + адгумуллона в $\alpha$ -кислоте, %	79,6	75,0	73,2	72,8	77,2	74,5	72,6	72,1
8. Колупуллон, %	2,80	2,74	2,72	2,69	3,00	2,88	2,85	2,84
9. Доля колупуллона в $\beta$ -кислоте	47,6	46,5	46,5	47,6	46,4	44,7	44,7	46,4
10. Лупуллон + адлупуллон, %	3,08	3,15	3,13	2,96	3,45	3,56	3,53	3,27
11. Доля лупуллона + адлупуллона в $\beta$ -кислоте, %	52,4	53,5	53,5	52,4	53,6	55,3	55,3	53,6

Содержание  $\alpha$ -кислот ко времени наступления технической спелости составило 11,34–12,62%, а  $\beta$ -кислот – 5,89–6,44%. Образование  $\beta$ -кислот заканчивалось раньше – к 1 сентября. В последующем количество  $\beta$ -кислот оставалось на одном уровне или незначительно снижалось, вследствие слабых процессов их окисления или полимеризации.

Результаты лабораторных анализов показали, что накопление  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля заканчивалось к 10 сентября, при наступлении технической спелости шишек (цвет золотисто-зеленый) и в последующем, до полной технической спелости – 20 сентября, оставалось на одном уровне. После 20 сентября заканчивалась полная техническая спелость шишек, и к 30 сентября начиналось физиологическое их созревание. Они становились рыхлыми, подсыхали, кончики лепестков начинали буреть. С одной стороны, после 20 сентября не наблюдалось существенных потерь  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот вследствие уменьшения их содержания в шишках. Отмечались только механические потери в результате осыпания лупулина из постепенно раскрывающихся шишек. Это приводило к незначительному снижению содержания в шишках  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот (соответственно на 0,22–0,38 и 0,20–0,27%). С другой стороны, постепенно ухудшались органолептические показатели шишек (цвет, аромат).

Анализ динамики изменения химического состава горьких веществ показал тенденцию увеличения содержания  $\alpha$ -кислот и уменьшения  $\beta$ -кислот. Это отразилось на показателе соотноше-

ния  $\beta$ - и  $\alpha$ -кислот, который постепенно снижается. Соотношение  $\beta$ - и  $\alpha$ -кислот оказывает определенное влияние на качество пива.

Содержание когумулona на период наступления технической спелости шишек составило 2,84–3,22%, но в последующем, к 20 сентября, его количество возросло в абсолютных (до 3,07–3,47%) и относительных величинах (до 26,8–27,4%). С другой стороны, содержание гумулona и адгумулona снижалось в течение сентября и к концу месяца составило 8,15–8,85 %.

В течение сентября изменялся компонентный состав  $\beta$ -кислот: снижалось содержание колупулona в абсолютных и в относительных величинах, но возрастало относительное содержание лупулona и адлупулona в составе  $\beta$ -кислот.

Таким образом, в почвенно-климатических условиях Беларуси максимальное содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот отмечалось к началу технической спелости (по средним многолетним данным – 10 сентября). Качество хмеля после наступления технической спелости существенно не изменялось до конца сентября. Хотя высокое содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот сохранялось до наступления физиологической спелости шишек (30 сентября), но вследствие ухудшения органолептических показателей шишек и механических потерь лупулина уборку следует заканчивать раньше – к 25 сентября. Следовательно, для получения высококачественного сырья для пивоваренной промышленности ее следует завершать в течение 15 дней после наступления физиологической спелости шишек.

Применение комплексных минеральных удобрений пролонгирующего действия с микроэлементами оказало определенное влияние на изменение химических показателей хмеля, от которых, во многом, зависит качество пива. На Фоне II, где вносились комплексные удобрения содержание  $\alpha$ -кислот возросло с 11,49 до 12,21%, а  $\beta$ -кислот – с 6,00 до 6,56% по сравнению с Фоном I. Следует отметить, что при этом содержание  $\beta$ -кислот возрастало в большей степени, чем  $\alpha$ -кислот. Это характеризуется изменением соотношения  $\beta/\alpha$  кислот, которое на Фоне I составило – 1:1,96, а на Фоне II – 1:1,86, что свидетельствует об увеличении доли  $\beta$ -кислот в шишках, взятых с Фона II (табл. 26).

Применение комплексных удобрений оказало определенное влияние на содержание когумулona. На Фоне II абсолютное

содержание когумуллона фактически осталось на уровне Фона I (соответственно 2,96 и 2,93%), но его доля в  $\alpha$ -кислоте снизилась (с 25,5 до 24,2%). Это произошло за счет преимущественного образования в шишках, полученных с Фона II, гумуллона и адгумуллона (в абсолютных величинах с 8,56 до 9,25%).

В шишках хмеля, полученных с Фона II, по сравнению шишками, полученными с Фона I, увеличивается содержание колупуллона (с 2,78 до 3,02%), а также лупуллона и адлупуллона (с 3,22 до 3,54%). При этом следует отметить преимущественное увеличение доли лупуллона и адлупуллона.

Полученные данные показали, что качественные показатели шишек хмеля на Фоне I и Фоне II отвечают требованиям пивоваренной промышленности. Шишки хмеля с Фона II, благодаря большому содержанию  $\beta$ -кислот, меньшей доли когумуллона и большей лупуллона и адлупуллона, способствуют получению пива с более «мягкой» горечью, что ценится пивоварами. Это связано с оптимальным обеспечением хмеля элементами минерального питания на Фоне II, где применялись комплексные удобрения с микроэлементами.

Таблица 26 – Показатели качества шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum в зависимости от применения удобрений, % (УО СПК «Путришки» Гродненского района)

Показатели качества шишек	Фон I				Фон II			
	2006 г	2007 г	2008 г	средн.	2006 г	2007 г	2008 г	средн.
1. $\alpha$ -кислоты	10,51	11,34	12,62	11,49	11,03	12,04	13,57	12,21
2. $\beta$ -кислоты	5,68	5,89	6,44	6,00	6,16	6,49	7,04	6,56
3. Соотношение: $\beta/\alpha$ кислот	1:1,85	1:1,93	1:1,96	1:1,92	1:1,79	1:1,86	1:1,93	1:1,86
4. Когумуллон	2,74	2,84	3,22	2,93	2,78	2,87	3,22	2,96
5. Гумуллон + адгумуллон	7,77	8,50	9,40	8,56	8,25	9,17	10,34	9,25
6. Доля когумуллона в $\alpha$ -кислоте	26,1	25,0	25,5	25,5	25,2	23,8	23,8	24,2
7. Доля гумуллона + адгумуллона в $\alpha$ -кислоте	73,9	75,0	74,5	74,5	74,8	76,2	76,2	75,8
8. Колупуллон	2,73	2,74	2,88	2,78	2,93	3,00	3,12	3,02
9. Доля колупуллона в $\beta$ -кислоте	48,1	46,5	44,7	46,3	47,5	46,2	44,3	46,0

10. Лупулон + адлупулон	2,95	3,15	3,56	3,22	3,23	3,49	3,92	3,54
11. Доля лупулона + адлупулона в β-кислоте	51,9	53,5	55,3	53,7	52,5	53,8	55,7	54,0

*Примечание – Фон I – 30 т/га орг. уд. + N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>; Фон II – 30 т/га орг. уд. + (N<sub>130</sub>P<sub>120</sub>K<sub>190</sub>) – комплексное удобрение (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N<sub>50</sub> в подкормку*

Таким образом, результаты исследований показали, что почвенно-климатические условия нашей республики благоприятны для формирования не только высокого, но и качественного урожая шишек. Качественные показатели сортов хмеля Hallertauer Magnum и Margynka, выращенных в западном регионе Беларуси, по содержанию α- и β-кислот и их компонентного состава (когумулон, гумулон, адгумулон, колупулон, адлупулон и лупулон) соответствуют требованиям пивоваренной промышленности. Содержание когумулона также соответствует требованиям (не более 30%) для получения качественного пива. Доля когумулона в α-кислоте для сорта Hallertauer Magnum составила, в среднем, 25,5%, а максимальное его содержание не превышало 26,1%. Для сорта Margynka эти показатели составили, соответственно, 24,7 и 26,2%. В условиях западного региона Беларуси максимальное содержание α- и β-кислот отмечалось к началу технической спелости (по средним многолетним данным – 10 сентября). Качество хмеля, после наступления технической спелости, существенно не изменялось до конца сентября. При этом высокое содержание α- и β-кислот сохранялось до наступления физиологической спелости шишек (30 сентября). Вследствие ухудшения органолептических показателей шишек и механических потерь лупулина уборку следует заканчивать раньше – к 25 сентября. Следовательно, для получения высококачественного сырья для пивоваренной промышленности убирать хмель необходимо в течение 15 дней после наступления физиологической спелости шишек. Качественные показатели хмеля, выращенного на Фонах I и II, отвечают требованиям пивоваренной отрасли промышленности. Применение комплексных удобрений с микроэлементами пролонгированного действия (Фон II) приводит к увеличению содержания в шишках β-кислот, снижению доли

когумулону и увеличению – лупулону и адлупулону. Это способствует получению пива с более «мягкой» горечью, что ценится пивоварами [166].

### **9.3. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами на показатели качества пива**

Исследования ряда ученых свидетельствуют, что химический состав шишек хмеля оказывает определенное влияние на качество производимого из него пива. Использование хмеля в пивоварении связано, главным образом, с тем, что он придает пиву специфический горький вкус и аромат, который передают суслу и пиву, соответственно, изомеризованные изо- $\alpha$ -кислоты и эфирные масла хмеля. Кроме того, вещества хмеля участвуют в коагуляции белков при кипячении суслу, способствуют улучшению пенистых свойств продукта, предохраняют пиво от «старения» вкуса, связанного с окислительными процессами, влияют на стабильность напитка при хранении. Горькие вещества хмеля – это комплекс безазотистых соединений сложного химического состава. В свежесобранном хмеле горькие вещества состоят, главным образом, из  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот, а также  $\alpha$ - и  $\beta$ -мягких и твердых смол. Среди компонентов горьких веществ наиболее ценными является  $\alpha$ -кислота (гумулон, когумулон, адгумулон), которая в процессе охмеления суслу превращается в изо- $\alpha$ -кислоту (изогумулон). Изогумулон считают основным носителем горечи пива.  $\beta$ -кислота (лупулон, адлупулон, колупулон) лишена горечи, однако, в процессе окисления она превращается в гумулоны и лупутрион, которые имеют приятную горечь [45, 124, 180, 195, 199, 341].

Полифенольные (дубильные) вещества хмеля, относящиеся к группе катехинов, обуславливают терпкость вкуса суслу, его прозрачность и интенсивность окраски. Они осветляют суслу, образуя осаждающие комплексы с белками, участвуют совместно с горькими веществами в формировании вкусовых качеств пива, способствуют его пеностойкости. Одному из соединений, а именно, когумулону, приписывают негативную роль в формировании горечи пива. Желательное содержание когумулону – не более 25% от содержания альфа-кислот [116, 342, 343].

Важнейшей задачей исследований являлось определение пивоваренных качеств шишек хмеля полученных с вариантов, где внеслась стандартная смесь азотно-фосфорно-калийных удобрений и комплексные удобрения с микроэлементами. Исследования проводились с сортом Hallertauer Magnum в УО СПК «Путришки» Гродненского района в 2006–2008 гг. В схеме полевого опыта предусматривались варианты, где применялись стандартная смесь минеральных удобрений (NPK) и комплексные минеральные удобрения. Образцы отбирали 10 сентября при наступлении полной технической спелости. Уборка шишек проводилась вручную в фазу технической спелости.

Пробную варку пива проводили в лаборатории УО «Могилевский государственный университет продовольствия». Образцы суслу готовились с массовой долей сухих веществ 11%, в которые были внесены одинаковые дозировки исследуемых образцов хмеля. Хмель вносили в два приема: 10% – за 10 минут до окончания кипячения и – 90% по истечении 15 минут кипячения. После двухчасового кипячения исследуемые образцы суслу охлаждали и определяли в них качественные показатели. Затем охмеленные и охлажденные образцы суслу сбраживались при температуре 6°C и по истечении 7 суток брожения в молодом пиве определялись основные технологические показатели (содержание изогумулона, цветность, аминный азот, содержание спирта, значение pH). После стадии главного брожения образцы молодого пива подвергались выдержке при температуре 2°C в течение 21 суток. Проводился анализ физико-химических и органолептических показателей качества готового пива (вкус пива, его аромат и хмелевая горечь, содержание в нем изогумулона и др.) [73, 77, 78].

На первом этапе исследований изучались органолептические и физико-химические показатели шишкового хмеля. В настоящее время на хмель, предназначенный для пищевой промышленности, распространяется Государственный стандарт «Хмель прессованный. Технические условия» (ГОСТ 21947–76). Техническими требованиями этого стандарта определены наиболее ценные показатели хмеля (табл. 27).

Анализ полученных результатов показал, что все исследуемые образцы хмеля характеризовались нормативными качест-

венными показателями и высоким содержанием  $\alpha$ -кислот, что позволяет отнести их к группе сортов хмеля «с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот».

В варианте, где вносились комплексные удобрения, содержание  $\alpha$ -кислот возросло с 11,49 до 12,21%. Качественные показатели шишек хмеля, полученные в опытах, отвечают требованиям пивоваренной промышленности. Шишки хмеля, полученные с фона с внесением комплексных удобрений благодаря большому содержанию  $\beta$ -кислот, меньшей доли когумулону и большей лупулона и адлупулона способствуют получению пива с более «мягкой» горечью, что ценится пивоварами [246, 252]. Это связано с оптимальным обеспечением хмеля элементами минерального питания при внесении комплексных удобрений с микроэлементами.

Таблица 27 – Качественные показатели образцов хмеля (2007–2008 гг.)

Показатели качества	Требования	Исследуемые образцы*	
		НРК*	комплексное удобрение**
Внешний вид	Одинаковые по размеру, не раскрывшиеся	Хмелевые шишки, раскрывшиеся и в бутонах	Хмелевые шишки, раскрывшиеся
Цвет	От светло-желтого до зеленого	Светло-желтый с покрасневшими лепестками	Зеленый с покрасневшими лепестками
Аромат	Хмелевой аромат	Хмелевой аромат без посторонних запахов	Хмелевой аромат без посторонних запахов
Содержание хмелевых примесей, %	Не более 5% для ручного сбора и 10% для машинного сбора	2,27	2,44
Содержание семян, %	Не более 4%	2,8	2,7
Содержание золы, % на СВ	Не более 14%	8,1	7,9
Массовая доля	Не более 13%	8,25	8,40

влаги, %			
Содержание осыпавшихся лепестков, %	Не более 25%	4,50	4,45
Массовая доля альфа-кислот, % на СВ	Не менее 2,5%	11,49	12,21

*Примечание:* НРК\* – стандартная смесь минеральных удобрений –  $N_{180}P_{120}K_{160}$ ; \*\* – комплексное удобрение (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой +  $N_{50}$  в подкормку.

На втором этапе были проведены исследования по определению параметров физико-химических процессов при получении сусла и его сбраживания в зависимости от исследуемых образцов шишкового хмеля (табл. 28). Следует учитывать, что специфическая горечь большинства хмелевых веществ в пиве является следствием процессов их изомеризации, окисления и трансформации, происходящих при кипячении сусла с хмелем. С этой целью были приготовлены образцы сусла с массовой долей сухих веществ 11%. Основное внимание уделялось содержанию в сусле изо-альфа-кислот, обеспечивающих 90–95% общей горечи сусла и пива [240]. Из данных таблицы 28 видно, что вносимый хмелевой компонент оказывал значительное влияние на физико-химические показатели сусла, и в первую очередь, на горечь сусла.

Таблица 28 – Физико-химические показатели готового сусла (2007-2008 гг.)

Исследуемые показатели	Охмеленное сусло	
	НРК (стандартная смесь)	комплексное удобрение
Массовая доля сухих веществ, %	11,03	11,05
Титруемая кислотность, $см^3$ 1 моль/дм <sup>3</sup> р-ра NaOH на 100 $см^3$ сусла	0,88	0,90
Содержание изогумулона, мг/дм <sup>3</sup>	33,3	43,5
Значение pH	5,4	5,4
Цветность, цв. ед	0,82	0,86
Аминный азот, мг/100 $см^3$	32,3	33,8

Наибольшее количество изогумулона ( $43,5 \text{ мг/дм}^3$ ) образовывалось в сусле из образца хмеля, отобранного с варианта, где применялись комплексные минеральные удобрения, несколько меньшее его количество ( $33,3 \text{ мг/дм}^3$ ) отмечалось в образце со стандартной смесью минеральных удобрений. Такое различие в содержании изогумулоновой фракции сусла обусловлено, прежде всего, кинетикой изомеризационных процессов исходных  $\alpha$ -кислот, содержащихся в шишковом хмеле, происходящих при кипячении сусла. Отличие в показателях цветности и кислотности готового сусла обусловлено различным содержанием органических кислот и дубильных веществ, находящихся в образцах хмеля [251, 253].

На следующем этапе работы в охмеленные и охлажденные образцы сусла вносили дрожжевую разводку и осуществляли их сбраживание при температуре  $6^\circ\text{C}$ . Через 7 суток брожения в молодом пиве были определены основные технологические показатели (табл. 29).

Таблица 29 – Качественные показатели молодого пива (2007–2008 гг.)

Исследуемые показатели	Молодое пиво	
	НРК (стандартная смесь)	комплексное удобрение
Действительный экстракт, %	5,6	5,4
Содержание редуцирующих веществ, $\text{г/100 см}^3$	4,4	4,1
Титруемая кислотность, $\text{см}^3 \text{ 1 моль/дм}^3 \text{ р-ра NaOH на } 100 \text{ см}^3 \text{ сусла}$	1,62	1,64
Содержание изогумулона, $\text{мг/дм}^3$	18,5	21,3
Значение pH	4,6	4,6
Цветность, цв. ед	0,80	0,80
Аминный азот, $\text{мг/100 см}^3$	24,2	25,0
Содержание спирта, % масс	2,5	2,6

Как свидетельствуют показатели таблицы 29, при брожении происходило снижение количества горьких веществ. Как правило, изогумулон при брожении терялся с декой и дрожжами. От-

носительные потери горьких веществ составили в варианте со стандартной смесью минеральных удобрений – 44,4%, с комплексными минеральными удобрениями – 51,0%. Однако, в конечном итоге, в молодом пиве максимальное содержание изогумулона (21,3%) отмечалось при внесении комплексных минеральных удобрений. Данные показывают, что общее содержание  $\alpha$ -кислот в исходном хмеле не всегда является определяющим фактором при формировании нормативной горечи готового продукта.

Более значимым информационным фактором является фракционный состав гумулоновой фракции используемого хмеля и исследование процесса их изменения при кипячении сула. Другие исследуемые технологические показатели опытных образцов молодого пива отличались незначительно.

После стадии главного брожения образцы молодого пива подвергались выдержке при температуре 2°C в течение 21 суток. Анализ физико-химических и органолептических показателей готового пива представлен в таблицах 30 и 31.

Таблица 30 – Физико-химические показатели готового пива (2007–2008 гг.)

Исследуемые показатели	Готовое пиво	
	НРК (стандартная смесь)	комплексное удобрение
Действительный экстракт, %	3,2	3,1
Титруемая кислотность, см <sup>3</sup> 1 моль/дм <sup>3</sup> р-ра NaOH на 100 см <sup>3</sup> сула	1,68	1,91
Содержание изогумулона, мг/дм <sup>3</sup>	10,3	17,1
Цветность, цв. ед	0,82	0,99
Содержание спирта, % масс	2,9	3,3

Как видно из данных таблицы 30, в результате выдержки также произошли потери изогумулона во всех образцах, однако, на этом этапе получения пива минимальные потери (19,7%) и максимальное содержание изогумулона (17,1%) отмечалось в образце хмеля, взятого с варианта, где вносились комплексные удобрения. Также данный образец выделялся и по другим тех-

нологическим показателям. Соответственно, в варианте со стандартной смесью минеральных удобрений потери изогумулону возросли и составили 44,3%, а его содержание в готовом пиве снизилось до 10,3%. Как свидетельствуют полученные результаты, все исследуемые образцы готового пива, полученного с использованием различных образцов хмеля, соответствуют нормативным показателям, предъявляемым к качеству готового продукта.

Однако, следует отметить, что в образцах хмеля, взятого с варианта с применением стандартной смеси минеральных удобрений, была получена грубоватая хмелевая горечь. Применение комплексных удобрений с микроэлементами способствовало получению пива с более «мягкой» горечью, что ценится пивоварами (табл. 31).

Таблица 31 – Органолептические показатели готового пива (2007-2008 гг.)

Исследуемые показатели	Готовое пиво	
	НПК (стандартная смесь)	комплексное удобрение
Аромат	чистый	чистый
Вкус	сбалансированный	сбалансированный
Хмелевая горечь	грубоватая	мягкая

Таким образом, анализ качественных показателей сула и пива, полученных при использовании шишек хмеля с вариантов с применением стандартной смеси минеральных удобрений и комплексных удобрений с микроэлементами, позволил установить, что физико-химические и органолептические показатели готовых образцов пива соответствуют нормативным показателям, предъявляемым к качеству пива. Исследуемые образцы хмеля отечественного производства соответствуют требованиям пивоваренного производства и позволяют получать качественный готовый продукт. Установлено, что при кипячении сула с хмелем, при внесении его в два приема, происходят изомеризационные процессы, сопровождающиеся различной динамикой образования изомерных форм  $\alpha$ -кислот. Максимальное количество изогумулону в молодом и готовом пиве образовывалось в

сусле из образца хмеля, взятого с варианта, где применялись комплексные удобрения с микроэлементами.

#### **9.4. Антимикробная активность водных настоев шишек хмеля в зависимости от системы удобрения**

Хмель относится к культурам, требующим достаточно высоких доз минеральных удобрений. Большую роль в повышении продуктивности хмеля в Беларуси играет оптимизация минерального питания и, в частности, применение азотных удобрений, которые обеспечивают значительное повышение урожайности хмеля. Предполагается, что применение азотных удобрений оказывает определенное влияние на такой качественный показатель хмеля как его антимикробная активность. Значимость этого показателя для пивоварения связана с тем, что при его увеличении повышается устойчивость готового пива к скисанию, возрастает продолжительность его хранения при снижении доли консервантов, которые добавляют в готовое пиво для увеличения сроков его хранения. Пиво с более высокими антимикробными свойствами обладает антисептическими свойствами ко многим бактериям, вызывающими болезни. В конечном итоге это положительно отражается на здоровье человека.

Установлено, что  $\alpha$ -кислоты и, особенно  $\beta$ -кислоты, подавляют развитие как грам-положительных, так и грам-отрицательных бактерий, но оказывают положительное действие на жизнедеятельность пивных дрожжей. Это имеет большое значение для технологии приготовления качественного пива, так как при оптимальном содержании в нем горьких веществ повышается и микробиологическая стойкость его и не подавляется жизнедеятельность дрожжей. Следует отметить, что компоненты смол хмеля задерживают развитие не только бактерий, но и некоторых грибов и актиномицетов [127].

Важная роль принадлежит хмелю как лекарственному растению, обладающему сильными антимикробными свойствами. Издавна хмель применяли в народной медицине как средство против многих инфекционных и воспалительных заболеваний. Организм человека постоянно подвержен воздействию различных патогенных микроорганизмов, вызывающих серьезные болезни у человека. Стафилококковые инфекции снижают иммун-

ную защиту человека. Повреждения кожи (травмы, занозы, трение об одежду, нарушение правил гигиены) – предпосылки к местным стафилококковым инфекциям, снижению иммунитета, вследствие развития других болезней, расстройства питания, стрессы, гиповитаминозы – предпосылки к общим стафилококковым инфекциям. Стафилококковые инфекции во всех странах мира стремительно растут. Стафилококки размножаются во многих пищевых продуктах, масляных кремах, овощных и мясных салатах, консервах. При размножении стафилококков в пище накапливаются токсины и с ними, а не с самими стафилококками, связаны симптомы пищевой интоксикации. Стафилококки вырабатывают сильнейший яд, способный вызывать тяжелые заболевания. Самая распространенная токсическая стафилококковая болезнь – пищевое отравление [300].

Серьезные нарушения здоровья человека может вызвать бактерия *Escherichia coli*, которая относится к числу условно патогенных бактерий, то есть является постоянным компонентом микрофлоры кишечника, но при ослаблении защитных функций организма может проникать в другие органы и вызывать сильные воспалительные процессы [307].

Неблагоприятное влияние на здоровье человека может оказать и развитие в пище дрожжеподобных грибов *Candida albicans*. В больших количествах эти микроскопические грибы обнаруживаются в несвежих молочных продуктах: в творожных сырках, твороге, сметане. Кандиды способны сапрофитировать в окружающей среде на субстратах живой и неживой природы (чаще на богатых сахарами фруктах и овощах, особенно несвежих). У людей этот грибок предпочтительно колонизирует поверхность слизистых тканей (ротоглотка, влагалище). *Candida albicans* при снижении иммунитета человека способна колонизировать практически любую часть желудочно-кишечного тракта, от ротовой полости до перианальных тканей и вызывает заболевание кандидоз. К факторам, которые увеличивают процент накопления дрожжеподобных грибов кандид (*Candida albicans*) в ротовой полости человека, относят: снижение процесса слюноотделения, низкую pH слюны, увеличение концентрации глюкозы в слюне, и курение. Поэтому, установление особенностей действия растительных препаратов, в частности хмеля, на огра-

ничество развития данных микроорганизмов – актуально для пищевой промышленности [26].

Активные вещества хмеля (лупулон и гумулон) тормозят рост фитопатогенных грибов *Rhizopus nigricans* и *Sclerotinia fructicola* (в концентрациях 20 мкг/мл). Обработка растворенным в гексане гумулоном растений, зараженных *Ustilago tritici*, приводит к полному уничтожению грибов [46]. Эфирные экстракты листьев и шишек хмеля проявляют бактерицидную и фунгицидную активность в отношении микроорганизмов, способных вызывать заболевания у человека. Они активно проявляют антимикробную активность в отношении грамположительных бактерий (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*) и грибов *Trichophyton mentagrophytes*, но более слабое антибактериальное действие в отношении грамотрицательных бактерий (*Escherichia coli*) и дрожжеподобных грибов *Candida albicans* [137, 212].

Лекарственные свойства хмеля во многом определяются содержанием в нем альфа и  $\beta$ -кислот, флаваноидов, дубильных веществ, которые обладают бактерицидными свойствами. Известно, что на фитохимические свойства хмеля оказывают влияние экологические факторы, такие как, температура и влажность. В известной нам научной литературе не была найдена информация о зависимости свойств лекарственного растительного сырья шишек хмеля и, в частности, антимикробной активности шишек хмеля от внесения удобрений.

В связи с этим, актуальным представляется изучение влияния систем удобрения на антимикробную активность хмеля. На данном этапе ставилась задача – установить антимикробную активность шишек хмеля в зависимости от применяемых систем удобрений. Исследования проводились в 2007–2008 гг. в УО СПК «Путришки» Гродненского района с сортом немецкой селекции Hallertauer Magnum, относящимся к группе горьких сортов, внесенным в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины 40 см. Агрехимическая характеристика пахотного слоя почвы следующая: рН в КСl – 6,0; содержание гумуса – 2,00 %;  $P_2O_5$  – 184 и  $K_2O$  – 202 мг/кг почвы; по содержанию подвижных форм бора (0,7 мг/кг почвы), меди (2,9) и

цинка (4,8 мг/кг) почва относится к II (средней) группе обеспеченности микроэлементами. Азотные удобрения в различных дозах ( $N_{60-240}$ ) вносились на фоне ежегодного внесения 30 т/га органических удобрений и оптимальных доз фосфорно-калийных удобрений  $-P_{120}K_{160}$  (табл. 32).

Азотные удобрения вносились на фоне 30 т/га органических и  $P_{120}K_{160}$  (вариант 2 – Фон) в следующих дозах:  $N_{60}$  – в начале вегетации хмеля (вариант 3);  $N_{(60+60)}$  в 2 срока – в начале вегетации и в начале образования боковых побегов (вариант 4);  $N_{(60+60+60)}$  и  $N_{(80+80+80)}$  (соответственно варианты 5 и 6) в 3 срока – в начале вегетации, в начале образования боковых побегов при высоте растений 4,5-5,0 м и в начале цветения хмеля, в конце июля – начале августа; в вариантах 7 и 8 на фоне комплексных удобрений вносили  $N_{50}$  в начале образования боковых побегов.

Таблица 32 – Антимикробная активность хмеля обыкновенного в зависимости от доз азотных удобрений и видов комплексных удобрений (2007 г.), количество клеток микроорганизмов в 1 мл испытуемой жидкости

№ п/п	Вариант опыта	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Escherichia coli</i>
1.	Контроль I (вода)	$(7,17 \pm 0,27) \cdot 10^6$	$(9,42 \pm 0,42) \cdot 10^5$	$(6,74 \pm 0,11) \cdot 10^7$
2.	Контроль II Настой №1 (Фон)	$(3,27 \pm 0,18) \cdot 10^6$	$(7,35 \pm 0,53) \cdot 10^5$	$(1,17 \pm 0,21) \cdot 10^7$
3.	Настой №2 (Фон + $N_{60}$ )	$(2,86 \pm 0,27) \cdot 10^6$	$(6,05 \pm 0,18) \cdot 10^5$	$(1,21 \pm 0,19) \cdot 10^7$
4.	Настой №3 (Фон + $N_{120}$ )	$(2,83 \pm 0,18) \cdot 10^6$	$(6,08 \pm 0,41) \cdot 10^5$	$(1,32 \pm 0,44) \cdot 10^7$
5.	Настой №4 (Фон + $N_{180}$ )	$(3,97 \pm 0,19) \cdot 10^6$	$(6,85 \pm 0,24) \cdot 10^5$	$(1,83 \pm 0,62) \cdot 10^7$
6.	Настой №5 (Фон + $N_{240}$ )	$(4,88 \pm 0,19) \cdot 10^6$	$(6,96 \pm 0,24) \cdot 10^5$	$(2,73 \pm 0,62) \cdot 10^7$
7.	Настой №6 ( $K^1$ )	$(2,82 \pm 0,18) \cdot 10^6$	$(6,02 \pm 0,53) \cdot 10^5$	$(1,20 \pm 0,22) \cdot 10^7$
8.	Настой №7 ( $K^2$ )	$(3,04 \pm 0,22) \cdot 10^6$	$(6,18 \pm 0,33) \cdot 10^5$	$(1,27 \pm 0,42) \cdot 10^7$

Примечание. Фон – 30 т/га органических удобрений +  $P_{120}K_{160}$ ;  $K^1$  – комплексное удобрения (NPK – 13:12:19) со 2-й модифицирующей

добавкой серы, бора, цинка, железа, связующих и биологически активных веществ  $N_{130}P_{120}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку);  $K^2$  – комплексное удобрение (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой, имеющей в своем составе бор, марганец, магний и железо  $N_{130}P_{70}K_{170} + N_{50}$  (в подкормку).

Образцы шишек, для определения антимикробной активности, отбирались в варианте 7, где вносилось комплексное удобрение (НРК – 13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой серы, бора, цинка и железа, связующих и биологически активных веществ –  $N_{130}P_{120}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку) и в варианте 8, где вносилось комплексное удобрение (13:7:17, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой, имеющей в своем составе бор, марганец, магний и железо –  $N_{130}P_{70}K_{170} + N_{50}$  (в подкормку).

Уборка урожая проводилась вручную, сплошным методом, поделаячно в фазу технической спелости шишек хмеля.

Для определения антимикробной активности водных настоев хмеля использовали тест-микроорганизмы: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Candida albicans*. Для посева использовали суспензии суточной агаровой культуры бактерий. *Candida albicans* выращивали в течение 2 суток на твердой глюкозо-пептонной питательной среде, затем делали смыв и получали дрожжевую суспензию.

Из шишек хмеля готовили настой, в концентрации 2 г/100 мл, который настаивали 24 часа. Затем вносили в пробирки по 10 мл с добавлением 1 мл бактериальной суспензии. При проведении анализа использовали два контроля:

- 1) водопроводную воду с внесением тест-культур (вариант 1);
- 2) настои хмеля из образцов с соответствующих вариантов без внесения бактерий (варианты 2–8).

В ходе исследований опытные и контрольные пробирки с тест-микроорганизмами ставили на сутки в термостат. После чего готовили разведения анализируемых суспензий стерильной дистиллированной водой. Посев *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* проводили глубинным методом в расплавленную питательную среду МПА (мясопептонный агар), а *Candida albicans* в глюкоза-пептонный агар. Опыты с каждой тест-культурой делали в четырехкратной повторности. Чашки Петри с тест-

культурами *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* выдерживали в термостате при температуре 37° С в течение 48 часов, а с *Candida albicans* и *Saccharomyces cerevisium* – при 25° С в течение 72 часов. Затем учитывали численность выросших в чашках Петри колоний. Содержание клеток микроорганизмов в 1 мл анализируемого настоя и водопроводной воды рассчитывали по формуле:  $M = a \cdot 10^n / V$ ,

где **M** – количество клеток микроорганизмов в 1 мл;

**a** – среднее число колоний в чашке Петри; 10 – коэффициент разведения;

**n** – порядковый номер разведения, из которого сделан посев;

**V** – объем суспензии, для посева в мл.

В результате исследований установлена антимикробная активность водных настоев шишек хмеля по отношению к бактериям *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и дрожжеподобным грибам – *Candida albicans* в зависимости от систем удобрения (табл. 32, 33).

Установлено, что шишки хмеля обладают достаточно высокой антимикробной активностью по отношению к каждому виду изучаемых бактерий и грибов, которая в определенной степени зависит от доз азота и форм комплексных удобрений.

Настой хмеля оказал сильное влияние на снижение численности изучаемых микроорганизмов. В меньшей степени антимикробное воздействие настоя хмеля отразилось на развитии дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, в большей – на бактериях *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. По степени зависимости численности микроорганизмов от воздействия водных настоев хмеля они расположились в следующем порядке: *Escherichia coli* > *Staphylococcus aureus* > *Candida albicans*. Из всех испытуемых тест-микроорганизмов грибы *Candida albicans* менее всего подвергались микоцидному действию настоев шишек хмеля. *Escherichia coli* наиболее подвержена антибактериальному воздействию настоев хмеля.

Численность бактерий *Staphylococcus aureus* в контрольном варианте I с водой составила –  $(7,17 \pm 0,27) \cdot 10^6$  и  $(1,67 \pm 0,14) \cdot 10^8$  соответственно в 2007 и 2008 гг. Количество данных бактерий в контрольном варианте II после внесения их в водный настой хмеля №1 уменьшилось до  $(3,27 \pm 0,18) \cdot 10^6$  и  $(7,24 \pm 0,12) \cdot 10^7$ .

Максимальными бактерицидными свойствами по отношению к *Staphylococcus aureus* обладали образцы хмеля с внесением на фоне органических и фосфорно-калийных удобрений азота в дозах не более N<sub>120</sub>, когда численность этих микроорганизмов была минимальной. С увеличением доз азота до 180-240 кг/га по д.в. антибактериальное действие водного настоя шишек хмеля снизилось, что привело к некоторому увеличению численности микроорганизмов. Однако, при максимальных дозах азота (N<sub>180-240</sub>) численность бактерий *Staphylococcus aureus* была в 4-5 раз ниже, чем в контрольном варианте с водой.

Высокой антимикробной активностью по отношению к бактериям *Staphylococcus aureus* обладали шишки хмеля в вариантах с комплексным удобрением (13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой + N<sub>50</sub> (в подкормку) и, в меньшей степени, с комплексным удобрением (13:7:17-19, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой + N<sub>50</sub> (в подкормку) (табл.33).

Таблица 33 – Антимикробная активность хмеля обыкновенного в зависимости от доз азотных удобрений и видов комплексных удобрений (2008 г.), количество клеток микроорганизмов в 1 мл испытуемой жидкости

№ п/п	Варианты опыта	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Escherichia coli</i>
1.	Контроль I (вода)	$(1,67 \pm 0,14) \cdot 10^8$	$(2,60 \pm 0,34) \cdot 10^5$	$(0,78 \pm 0,05) \cdot 10^8$
2.	Контроль II Настой №1 (Фон - P <sub>120</sub> K <sub>160</sub> )	$(7,24 \pm 0,12) \cdot 10^7$	$(9,25 \pm 0,73) \cdot 10^4$	$(5,57 \pm 0,26) \cdot 10^7$
3.	Настой №2 (Фон + N <sub>60</sub> )	$(7,07 \pm 0,22) \cdot 10^7$	$(8,92 \pm 0,20) \cdot 10^4$	$(5,61 \pm 0,29) \cdot 10^7$
4.	Настой №3 (Фон + N <sub>120</sub> )	$(6,87 \pm 0,24) \cdot 10^7$	$(8,88 \pm 0,21) \cdot 10^4$	$(5,67 \pm 0,56) \cdot 10^7$
5.	Настой №4 (Фон + N <sub>180</sub> )	$(7,09 \pm 0,19) \cdot 10^7$	$(9,96 \pm 0,28) \cdot 10^4$	$(5,97 \pm 0,60) \cdot 10^7$
6.	Настой №5 (Фон + N <sub>240</sub> )	$(7,79 \pm 0,19) \cdot 10^7$	$(0,27 \pm 0,28) \cdot 10^5$	$(6,73 \pm 0,60) \cdot 10^7$
7.	Настой №6 (K <sup>1</sup> )	$(6,85 \pm 0,15) \cdot 10^7$	$(8,76 \pm 0,53) \cdot 10^4$	$(5,64 \pm 0,32) \cdot 10^7$
8.	Настой №7 (K <sup>2</sup> )	$(7,07 \pm 0,21) \cdot 10^7$	$(8,98 \pm 0,33) \cdot 10^4$	$(5,71 \pm 0,42) \cdot 10^7$

Антимикробная активность хмеля по отношению к дрож-

жеподобным грибам *Candida albicans* была выявлена во всех вариантах с хмелем. Максимальное количество данных микроорганизмов наблюдалось в контрольном варианте I с водой, где оно составило соответственно по годам –  $(9,42 \pm 0,42) \cdot 10^5$  и  $(2,60 \pm 0,34) \cdot 10^5$ . В контрольном варианте II на фоне органических удобрений и P<sub>120</sub>K<sub>160</sub> при внесении микроорганизмов этого вида в настой хмеля их количество уменьшилось и составило, соответственно, по годам –  $(7,35 \pm 0,53) \cdot 10^5$  и  $(9,25 \pm 0,73) \cdot 10^4$ . Наибольшее микоцидное действие по отношению к дрожжеподобным грибам *Candida albicans* оказал настой хмеля с вариантов с внесением азота N<sub>60–120</sub>. При увеличении доз азота до N<sub>180–240</sub> отмечалась тенденция к снижению антимикробных свойств хмеля.

Анализ полученных результатов исследований показал, что численность изучаемых микроорганизмов, вносимых в водные настои шишек хмеля, особенно в вариантах с применением доз азота не более N<sub>120</sub> была значительно ниже по сравнению с контрольным вариантом I. Максимальное количество всех исследуемых микроорганизмов отмечалось в контрольном варианте с внесением воды. Высокая антимикробная активность хмеля отмечалась в вариантах с внесением комплексных удобрений.

Более чувствительными микроорганизмами, подверженными бактерицидному воздействию водных настоев шишек хмеля, являются бактерии *Escherichia coli*. Так, в контрольном варианте I с водой, количество бактерий составило, соответственно, по годам –  $(6,74 \pm 0,11) \cdot 10^7$  и  $(0,78 \pm 0,05) \cdot 10^8$ . В контрольном варианте II на фоне органических удобрений и P<sub>120</sub>K<sub>160</sub> при внесении бактерий этого вида в настой хмеля их количество уменьшилось в 5–6 раз и составило, соответственно по годам –  $(1,17 \pm 0,21) \cdot 10^7$  и  $(5,57 \pm 0,26) \cdot 10^7$ . При внесении на этом фоне азотных удобрений в дозах, не превышающих N<sub>120</sub>, отмечалась слабая тенденция снижения бактерицидного действия хмеля на микроорганизмы *Escherichia coli*. С увеличением доз азота до N<sub>180–240</sub> бактерицидные свойства хмеля снижались в большей степени. Но даже при максимальных дозах азота (N<sub>240</sub>) антимикробное действие водного настоя шишек хмеля относительно контрольного варианта с водой было значительным.

При внесении комплексного удобрения (NPK – 13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой (сера, бор, цинк, железо, связующие и биологически активные вещества) –  $N_{130}P_{120}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку) и комплексного удобрения (13:7:17-19, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой (бор, марганец, магний и железо) –  $N_{130}P_{70}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку), антибактериальная активность хмеля возрастала по сравнению с внесением смеси стандартных удобрений. Это связано с влиянием микроэлементов бора и цинка, которые, как показали предыдущие исследования, усиливают антибактериальное и микоцидное действие хмеля на микроорганизмы.

Таким образом, результаты исследований показали, что образцы шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum, выращенного в почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси, обладают хорошо выраженной антибактериальной и микоцидной активностью по отношению к *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans*. По степени зависимости численности микроорганизмов от воздействия водных настоев шишек хмеля они расположились в следующем порядке: *Escherichia coli* > *Staphylococcus aureus* > *Candida albicans*. *Escherichia coli* наиболее подвержена антибактериальному воздействию водных настоев хмеля. Наиболее высокая антимикробная активность водных настоев шишек хмеля получена при внесении  $N_{60-120}$ . При увеличении доз азота до  $N_{180-240}$  отмечалась тенденция к снижению бактерицидной и микоцидной активности хмеля на микроорганизмы *Escherichia coli*, *Candida albicans* и *Staphylococcus aureus*. Но даже при максимальных дозах азота ( $N_{240}$ ) антимикробная и микоцидная активность настоя хмеля на все изучаемые микроорганизмы относительно контрольного варианта с водой были значительными. При внесении комплексного удобрения (NPK – 13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой (сера, бор, цинк и железо, связующие и биологически активные вещества)  $N_{130}P_{120}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку) и комплексного удобрения (13:7:17-19, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой (бор, марганец, магний и железо)  $N_{130}P_{70}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку) антибактериальная и микоцидная активность хмеля возрастала по сравнению с внесением смеси стандартных азотно-фосфорно-калийных удобрений [153, 157].

## 10. Экономика производства хмеля

### 10.1. Производство хмеля и хмелепродуктов в ведущих зарубежных странах

Сложность производства хмеля заключается в том, что для его возделывания и получения качественной продукции необходимо одновременное сочетание многих природно-климатических условий. В мире существует несколько регионов, в которых возможно выращивание сортового хмеля в промышленных масштабах. К этим регионам относятся в США – штаты Орегон, Айдахо и Вашингтон, в Европе – Германия, Чехия, Польша, Великобритания, в Азии – Китай, в Южной Америке – Аргентина, в Африке – ЮАР. Также возможно его возделывание в отдельных регионах Австралии и Новой Зеландии [190].

С другой стороны, изучение статистических отчетов по мировому хмелеводству свидетельствует о том, что хмель возделывается практически во всех частях света (табл. 34).

Таблица 34 – Площади возделывания и валовые сборы хмеля в мире в 2003–2008 гг.

Показатели	Годы					
	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
1	2	3	4	5	6	7
Германия						
<i>площадь (га)</i>	17562	17476	17161	17170	17671	18695
<i>валовой сбор (т)</i>	25356,2	33208,0	34466,8	28508,3	32138,9	38280,9
Чехия						

<i>площадь (га)</i>	5942	5838	5672	5414	5389	5345
<i>валовой сбор (т)</i>	5526,8	6310,0	7831,2	5453,4	5630,7	5950
Польша						
<i>площадь (га)</i>	2172	2239	2289	2234	2179	2179
<i>валовый сбор (т)</i>	3121,4	3015,2	3413,7	2888,9	3245,7	3245,7
Великобритания						
<i>площадь (га)</i>	1455	1358	1071	1043	1060	1000
<i>валовый сбор (т)</i>	1928,6	2048,2	1593,3	1340,3	1410	1410
Словения						
<i>площадь (га)</i>	1652	1557	1511	1507	1568	1706
<i>валовой сбор (т)</i>	1326	2690	2539	1819	1987,4	2098

Продолжение таблицы 34

1	2	3	4	5	6	7
Словакия						
<i>площадь (га)</i>	320	320	320	305	300	300
<i>валовой сбор (т)</i>	323,4	363,6	425,5	314	245	300
Другие европейские страны						
<i>площадь (га)</i>	5751	4900	4981	4808	4202	4518
<i>валовой сбор (т)</i>	6093,4	6050,8	6526,5	6058,9	4897,2	5897
ИТОГО Европа						
<i>площадь (га)</i>	34854	33688	33005	32481	32369	33743
<i>валовой сбор (т)</i>	43675,8	53685,8	56796	46382,8	49554,9	57181,6
США						
<i>площадь (га)</i>	11602	11227	11923	11884	12510	15884
<i>валовой сбор (т)</i>	24750,3	25040,1	24001,6	26166,6	27330,3	34609,1
Китай						
<i>площадь (га)</i>	5158	3752	3486	3544	4995	7125
<i>валовой сбор (т)</i>	14927	8658,4	9772,5	9882	11350	15050
Австралия						
<i>площадь (га)</i>	866	957	852	725	441	484
<i>валовой сбор (т)</i>	2053,6	2220,6	2082,5	1711	890	1189,2
Африка						
<i>площадь (га)</i>	503	510	506	430	438	444
<i>валовой сбор (т)</i>	912	988,5	937	682	900,2	628
ИТОГО в мире						
<i>площадь (га)</i>	53500	50639	50273	49526	51550	58479
<i>валовой сбор (т)</i>	87055,7	92265,6	94385	85569,6	91417,9	110021

Наибольшие его площади и, соответственно, валовые сборы хмеля, наблюдаются в Европе (в среднем 64% посевных площадей, 55% мировых сборов хмеля). Вторым значительным по величине производителем хмеля в мире является Американский континент – 24% посевных площадей и 29% валовых сборов хмеля в мире. Далее со значительным отрывом следуют – Азия, Австралия, в том числе Океания, и Африка. Хмель возделывается в 29 странах мира на общей площади около 54 тыс. га [282, 284].

Анализ структуры площадей возделывания хмеля в мире свидетельствует о неравномерном их распределении, так как около 88% всех мировых посадок хмеля расположены в Европе и Америке. Больше всего хмельников находится в Европе. Лидирующие позиции, как по площадям хмельников, так и по производству хмеля в Европе, занимают Германия и Чехия; далее за ними следуют Польша, Великобритания и Словения. Второе место по площадям возделывания хмеля в мире занимает американский континент (24% мировых хмельников), где самые большие плантации хмеля зарегистрированы в США и Аргентине. В Азии, где размещено около 9% мировых хмельников, государством с наибольшей площадью возделывания хмеля является Китай (9% от площади мировых хмельников). Наименьшая площадь возделывания хмеля в Африке, где он выращивается только в ЮАР.

Неравномерное распределение площадей возделывания хмеля приводит и к неравномерной структуре его производства, где большая часть производимого хмеля приходится на Европу и Америку, в среднем, 84% (из них 55% – на Европу и 29% – на Америку). В Европе лидерами по производству хмеля являются Германия, Чехия, Польша и Англия. США занимают второе место в мире по количеству выращиваемого хмеля (29% мирового хмелепроизводства). Третьим, крупным мировым производителем хмеля является Азия, где наибольшее количество хмеля производится в Китае (12% – мирового хмелепроизводства) [282, 284].

Основной характеристикой современной мировой индустрии хмелеводства является ежегодное увеличение производства пива в мире [209]. Однако, во многих случаях потребности пи-

воваренных компаний в хмеле удовлетворяются за счет имеющих у них запасов хмеля и хмелепродуктов и внедрению новых технологий пивоварения, предусматривающих использование хмеля с высоким содержанием в шишках  $\alpha$ -кислот [293, 295, 296].

Качество хмеля, как сырья для пивоварения и других отраслей, обусловлено наличием в нем трех компонентов: горьких веществ (общих смол), полифенольных соединений и эфирного масла. Горькие вещества состоят, главным образом, из  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот. Кроме этих кислот, в горьких веществах содержатся  $\alpha$ - и  $\beta$ -мягкие и твердые смолы. Среди компонентов горьких веществ, с точки зрения пивоварения, наиболее ценной является  $\alpha$ -кислота, которая считается основным носителем горечи пива и повышает его пенообразующую способность. Процентное содержание (вес)  $\alpha$ -кислот и особенности аромата являются базовыми характеристиками различных сортов хмеля в мировом торговом обороте, т.к. они оказывают решающее влияние на формирование сортовой структуры посадок хмеля в мире и ассортимента хмелепродуктов (табл. 35).

Таблица 35 – Мировое производство  $\alpha$ -кислот, т (2000–2006 гг.)

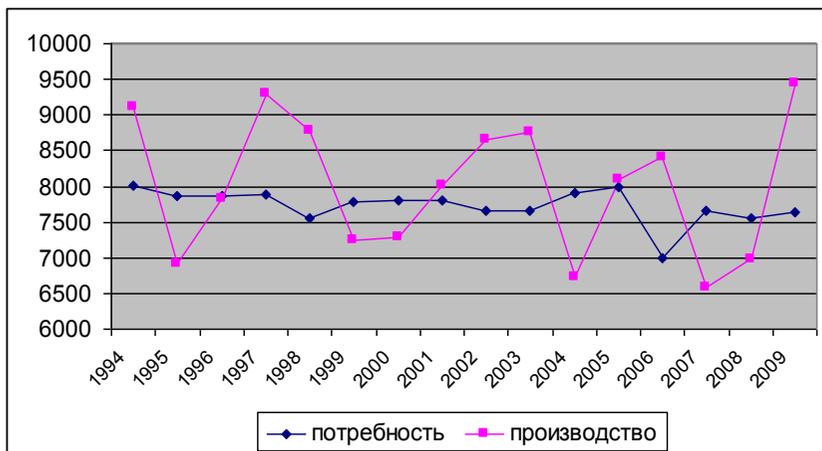
Страна	Год						
	2000 г	200 г	2002 г	2003 г	2004 г	2005 г	2006 г
Германия	2490	2641	2917	1643	3052	3005	2210
Чехия	198	269	199	175	267	302	154
Польша	196	183	171	197	211	237	172
Великобритания	246	235	235	159	172	125	90
Словения	127	155	147	75	231	189	102
Словакия	6	10	11	12	16	17	9
Др. европейские страны	435	448	378	382	412	434	373
ИТОГО в Европе	3698	3941	4058	2643	4361	4309	3110
США	3298	3467	2984	2630	2691	2543	2992
Китай	793	813	1170	1060	644	657	678
Австралия	362	389	368	221	233	221	179
Африка	90	87	116	119	126	121	92

Всего в мире	8291	8747	8749	6722	8103	7903	7102
--------------	------	------	------	------	------	------	------

Больше всего  $\alpha$ -кислот производится на европейском (в среднем 47% от общемирового сбора) и американском континентах (37%). На европейском континенте, больше всего – в Германии (32% от общемирового сбора). Крупные европейские производители хмеля, такие как Польша и Чехия, занимают небольшой удельный вес на мировом рынке производства  $\alpha$ -кислот (2% и 3%) соответственно, так как традиционно являются ориентированными на производство ароматического хмеля с низким содержанием  $\alpha$ -кислот. Лидерами по производству  $\alpha$ -кислот на американском и азиатском континентах являются США и Китай, занимая 37 и 10% мирового рынка  $\alpha$ -кислот, соответственно [190, 197].

В связи с тем, что  $\alpha$ -кислота является основным компонентом хмеля, имеющим ценность для пивоваренной промышленности, расчет потребности в хмеле мировой пивоваренной индустрии (баланс совокупного спроса пивоваренных компаний и совокупного предложения хмелеводческих фирм) производится не в абсолютном количестве произведенного хмеля, а в абсолютном количестве (тонн) полученных из данного хмеля  $\alpha$ -кислот.

Анализ мирового баланса  $\alpha$ -кислот за 1994–2008 годы свидетельствует о его нестабильной структуре, что связано с ежегодными колебаниями объемов производства хмеля (рис 11).



## Рисунок 11 – Мировой баланс $\alpha$ -кислот (1994-2008 гг.)

В мировом торговом обороте производство  $\alpha$ -кислот с 2003 года классифицируется по 3 группам сортов: I, II и III.

Группа I – тонкие ароматические сорта. Они характеризуются очень тонким и приятным ароматом и содержанием  $\alpha$ -кислот не более 5%. К ним относятся: чешский сорт Saaz, немецкие сорта – Tettnang и Spalt. Наибольший сегмент на мировом рынке хмеля сортов группы I занимает Чехия, причем, в течение последнего времени наблюдается тенденция к увеличению удельного веса хмеля, производимого в Чехии в данной группе. Второе место на мировом рынке данных сортов хмеля занимает Германия.

Группа II – ароматические сорта. Имеют худшие ароматические характеристики по сравнению с группой I и меньшее значение в торговом обороте. Это такие сорта как: Hallertauer, Perle, Spalt Select, Golding, Fuggle, Cascade, Hersbruck. В группе II наибольшая доля рынка приходится на Германию. Американским производителям хмеля на данном сегменте мирового рынка принадлежит второе место.

Группа III включает в себя два вида сортов хмеля: 1 – сорта со средними характеристиками, имеющие ограниченный сбыт на мировом рынке и характеризующиеся, как правило, содержанием  $\alpha$ -кислот не более 8%, основным производителем которых является Китай; 2 – горькие сорта, характеризующиеся посредственными ароматическими характеристиками, однако, содержащие до 14%  $\alpha$ -кислот (Northern Brewer, Brewers Gold, Cluster, Pride of Ringwood), основными производителями которых являются США и Германия.

Анализ показателей мирового рынка производства  $\alpha$ -кислот по 3 группам сортов хмеля свидетельствует, что наименьший удельный вес в общем урожае хмеля занимают тонкие ароматические сорта группы I, с незначительным содержанием  $\alpha$ -кислот. Во-первых, по причине небольшого спроса на них на мировом рынке, во-вторых, в связи с низкой урожайностью сортов хмеля данного вида. Основную долю производимого в мире хмеля занимают сорта с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот (группа III) по

причине наибольшей востребованности данного вида хмеля на мировом рынке. Это связано с тем, что в настоящее время основные производители пива перешли на новые технологии, которые предполагают применение не шишкованного хмеля, а гранулированного или в виде экстракта, который можно производить из хмеля с высоким процентным содержанием  $\alpha$ -кислоты не ниже, чем 10% [280, 291, 294].

Содержащиеся в хмеле компоненты, имеющие ценность для пивоварения, очень неустойчивы. Под влиянием кислорода из воздуха (окружающей среды), влажности и температуры, технологическая (производственная) ценность хмеля быстро уменьшается, вплоть до окончательного исчезновения. Поэтому переработка хмеля на различные хмелепродукты, является в настоящее время производственной необходимостью, связанной с необходимостью хранения хмеля в течение длительного времени и транспортировки его в процессе экспортно-импортных операций на большие расстояния. Производство различных хмелепродуктов также позволяет не только значительно снизить потери ценных веществ при хранении и транспортировке, но и увеличить использование горьких, полифенольных веществ и эфирных масел в процессе пивоварения до 40–60%.

К основным видам хмелепродуктов относятся: хмелевые порошки и гранулы, концентрированные хмелевые порошки и гранулы, изомеризированные хмелевые гранулы, хмелевые экстракты и изомеризированные экстракты хмеля.

В странах бывшего СССР хмелевые порошки не производятся. За рубежом хмелевые порошки, изготавливаемые путем помола шишкованного хмеля, разделяют на 2 группы: порошки с содержанием  $\alpha$ -кислоты менее 15%, включающие все составные части хмелевой шишки и концентраты с содержанием  $\alpha$ -кислот более 15%, представляющие собой хмелевой порошок, обогащенный лупулином.

Производство хмелевых порошков различного качества, хотя и решает вопрос о более рациональном использовании горьких веществ и других ценных компонентов хмеля и о возможности более длительного качественного хранения этих хмелепродуктов, но в технологическом, производственном и экономическом отношениях, такое производство недостаточно эффек-

тивно. Поэтому в последнее время более перспективным считается производство из молотого хмеля прессованных хмелепродуктов – брикетов и гранул.

За рубежом брикетированный хмель в настоящее время не производят, а многолетняя практика применения брикетированного хмеля на многих пивоваренных заводах бывшего СССР показала возможность экономии физической массы хмеля при охмелении пивного сусла до 20% при содержании в брикетах не менее 3–3,5%  $\alpha$ -кислот [284].

Производство гранулированного хмеля получило наибольшее распространение в зарубежной практике. Это обусловлено тем, что линии производства гранул могут быть созданы большей производительности, чем производства брикетов. Кроме того, гранулированный хмель удобнее дозировать по массе при его упаковке и охмелении сусла, поэтому такие линии легче механизировать и автоматизировать. Однако, в процессе производства гранулированного хмеля потери  $\alpha$ -кислот и ароматических веществ значительно больше, чем при производстве брикетированного хмеля, а используемое оборудование значительно сложнее.

Производство экстрактов хмеля основано на извлечении из него различными растворителями веществ, обуславливающих специфический вкус и аромат пива. Все получаемые в мире экстракты хмеля условно делят на две основные группы: неизомеризованные и изомеризованные.

Структура мирового производства хмелепродуктов за период 2000–2008 гг. свидетельствует о значительном увеличении объемов производства хмелепродуктов (рис. 12). Так, в 2000 году производство гранулированного хмеля составляло 58,4% (56000 т.), экстрактов хмеля – 25,7% (24650 т) в общем объеме произведенного хмеля. В 2004 г. удельный вес производства гранул в общем объеме хмелепроизводства составил 62,3%, удельный вес произведенных экстрактов – 31,4% (увеличившись на 5,7%). В 2008 году удельный вес хмелепродуктов составил 97,7% в общем объеме хмелепроизводства [190].

Экономическая и технологическая привлекательность хмелепродуктов, по сравнению с переработанным хмелем, заключается в следующих преимуществах:

- потребителям хмеля предлагается продукт со стандартным содержанием  $\alpha$ -кислоты, что позволяет получить равномерный уровень горечи в пиве;
- упрощается процесс дозировки хмеля при варке, что позволяет механизировать этот процесс;
- уменьшается объем складированной поверхности хмеля и, соответственно, упрощается процесс его транспортировки;
- значительно увеличивается срок хранения хмеля.

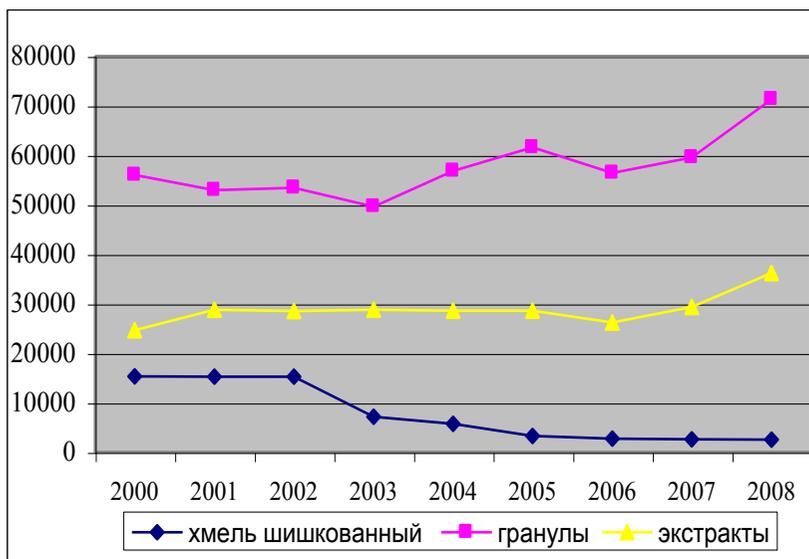


Рисунок 12 – Структура мирового производства хмелепродуктов за 2000–2008 г.г.

В настоящее время переработка хмеля на различные хмелепродукты является производственной необходимостью, связанной с усилением автоматизации пивоваренного производства и необходимостью увеличения сроков хранения хмеля. Анализ дальнейшего развития мирового пивоварения свидетельствует о возможном полном исключении из торгово-промышленного оборота непереработанного шишкового хмеля [293].

## 10.2. Экономическая эффективность производства хмеля в Республике Беларусь

Результаты исследований экономической эффективности выращивания хмеля в Республике Беларусь на микро уровне как отдельных специализированных хмелеводческих, так и широко-профильных хозяйств, свидетельствуют о прибыльности и рентабельности производства данной культуры [44, 175].

Произведенный расчет порогов целесообразности производства хмеля, представленный в таблице 36, показывает, что при достижении уровня урожайности в 8, 10, 13 и 15 ц/га рентабельность производства хмеля составляет 39, 51, 62 и 67% соответственно [285, 289, 290].

Таблица 36 – Экономическая эффективность производства хмеля при различных уровнях урожайности шишек (долл. США)

Показатели	Уровни урожайности				
	4 ц/га	8 ц/га	10 ц/га	13 ц/га	15 ц/га
Оплата труда с начислениями	684	782	990	1290	1440
ГСМ	180	282	384	580	680
Удобрения	310	460	490	590	690
Амортизация	860	863	880	900	940
Текущий ремонт	184	225	278	328	378
Прочие прямые затраты	205	220	248	268	322
Накладные расходы	37	38	40	44	50
Итого себестоимость	2460	2870	3310	4000	4500
Средняя цена реализации, (долл.США /т)	5000	5000	5000	5000	5000
Выручка от реализации	2000	4000	5000	6500	7500
Прибыль с 1 га,	0	1130	1690	2500	3000
Рентабельность (%)	0	39	51	62,5	66,6

Расчет экономической эффективности хмелепроизводства на макроуровне в масштабах Республики Беларусь свидетельствует об экономической эффективности и целесообразности внедрения данной сельскохозяйственной культуры в производство. Практический опыт хмелеводческих хозяйств республики и ре-

зультаты исследований (1997–2009 гг.) по оценке продуктивности сортов хмеля из других стран показали, что в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь можно получать высокие урожаи хмеля необходимого качества, позволяет организовать собственное экономически эффективное импортозамещающее его производство [175, 288, 292].

Экономическая эффективность развития производства хмеля на макроуровне республики складывается из двух составляющих:

- экономический эффект от импортозамещения;
- экономический эффект от закупки отечественного, более дешевого, чем импортный, хмеля.

Экономический эффект от импортозамещения хмеля за счет организации его собственного производства заключается в том, что приобретение отечественного, более дешевого хмеля, позволит значительно сократить расход иностранной валюты и отток («вымывание») денежных средств из республики и, соответственно, финансирование зарубежного производителя. Развитие собственной базы хмелеводства также позволит в меньшей степени зависеть от конъюнктуры мирового рынка [3, 173].

Экономический эффект от закупки отечественного хмеля вместо импортного, связан с тем, что средняя стоимость реализации хмеля у отечественных производителей составляет 5000 долл/т., а импортируемый хмель, с учетом всех пошлин и таможенных сборов стоит 7000-12000 долл/т. (в «неурожайные» годы цена на хмель на мировом рынке может достигать 25000 долл/т.), поэтому приобретение отечественного хмеля будет способствовать экономии средств на его закупку [3, 175, 289].

Расчет экономической эффективности хмелепроизводства при различных уровнях самообеспеченности, исходя из годовой потребности республики в 400 т. хмеля, представлен в таблице 37.

Следует отметить, что на ближайшую и среднесрочную перспективу, с учетом современного сложного состояния хмелеводческой отрасли республики, наиболее реальным представляется поэтапное достижение 15, 30 и 45% уровня самообеспечен-

ности, для чего необходимо ежегодное производство 60 т, 120 т и 180 т. хмеля соответственно [3, 175, 289].

Организация собственного экономически эффективного импортозамещающего производства хмеля будет способствовать решению проблем обеспеченности пивоваренной отрасли промышленности Республики Беларусь качественным и недорогим хмелем, экономии валютных средств, затрачиваемых на импорт хмеля, привлечению дополнительных инвестиций в сельское хозяйство, реструктуризации сельхозугодий республики за счет внедрения высокоэффективной культуры хмеля и снижению уровня зависимости республики от импортных поставок хмеля [3, 210, 281, 283, 288, 289, 290, 292, 321].

Таблица 37 – Расчет экономической эффективности организации собственного производства хмеля в масштабах республики

Уровни самообеспеченности хмелем	15%	30%	45%	85%	100%
Количество хмеля произведенного отечественными производителями ( <i>m</i> )	60	120	180	340	400
Количество импортированного хмеля ( <i>m</i> )	340	280	220	60	0
Экономический эффект от импортозамещения ( <i>долл. США</i> )	390000	780000	1170000	2210000	2600000
Экономический эффект от приобретения хмеля отечественного производства ( <i>долл. США</i> )	90000	180000	270 000	510 000	600 000

---

\* Глава 10 подготовлена при участии О.С.Ярошинской

### **Заключение**

Исследования, проведенные в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь за период 1997–2009 гг. на дерново-подзолистых супесчаных почвах, позволили сделать определенные выводы и рекомендации.

1. Почвенно-климатические условия Республики Беларусь соответствуют биологическим особенностям хмеля и благоприятны для получения высококачественного урожая различных по скороспелости сортов хмеля, происходящих из разных регионов мира. Установлено, что в условиях западного региона Беларуси урожайность шишек и сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади, в первую очередь, зависят от количества осадков, выпавших за вегетационный период. Температурный режим является вторичным фактором после влагообеспеченности по значимости, который в меньшей степени оказывает влияние на урожайность шишек, сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади, а также содержание  $\alpha$ -кислот в шишках.

2. Вегетационные периоды изучаемых сортов хмеля находились в пределах 136–150 дней. Различия в продолжительности вегетационного периода на примере наиболее распространенного в Беларуси сорта хмеля Hallertauer Magnum для более южного Малоритского и более северного – Гродненского районов, составили 5–10 дней. Технической спелости этот сорт достигал в Малоритском районе 1–4 сентября, в Гродненском – 9–14 сентября.

3. Сравнительный анализ продуктивности изучаемых сортов хмеля позволил выделить и рекомендовать для внедрения в производство, в первую очередь, сорт Hallertauer Magnum, который по результатам наших многолетних исследований был включен в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь в январе 2008 года

по Гродненской, Брестской и Гомельской областям. В настоящее время этот сорт занимает около 80 % площадей хмельников Беларуси и успешно используется для производства пива на ОАО «Криница», ОАО «Лидское пиво», ОАО «Брестское пиво», ИЗАО «Пивоваренная компания «Сябар» и др.

4. Анализ динамики формирования надземной массы хмеля сорта Hallertauer Magnum в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь показал, что с учетом особенностей формирования ее листовой части, наиболее важным (критическим) этапом роста и развития растений является период от начала образования боковых побегов до начала цветения, когда идет наиболее активное нарастание биомассы надземной части. Растения хмеля в это время следует обеспечить достаточным количеством элементов питания и, в первую очередь, азотом. Несомненно, большую роль в формировании урожая играет и период формирования шишек, но на этапах, предшествующих этому периоду закладывается фундамент будущего урожая.

5. Максимальная продуктивность сорта Hallertauer Magnum, в зависимости от содержания элементов минерального питания в почве, обеспечивается при внесении  $N_{180}P_{120-180}K_{160-240}$  на фоне 30 т/га органических удобрений.

Рекомендуется вносить азот в почву в три срока: 1 – после закладки хмеля на поддержки, 2 – в начале образования боковых побегов и 3 – в начале цветения хмеля. Для сорта Hallertauer Magnum наиболее благоприятные условия азотного питания, способствующие формированию максимального урожая шишек хмеля и наибольшего содержания в шишках  $\alpha$ -кислот и их сбора с единицы площади, складываются при внесении основной части азота в начале образования боковых побегов  $N_{180(35+110+35)}$  на фоне 30 т/га органических и фосфорно-калийных ( $P_{120}K_{160}$ ) удобрений. При перенесении сроков внесения азота на более позднее время (начало цветения) урожайность шишек хмеля, с учетом данных наименьшей существенной разницы, практически остается на одном и том же уровне. Смещением сроков внесения основной части азота на период начала образования боковых побегов мы направляем физиологические процессы в сторону увеличения

весовой массы листьев и шишек, причем, увеличение массы шишек идет опережающими темпами.

Микроудобрения – важный фактор повышения продуктивности хмеля. В первую очередь, следует выделить борные и цинковые микроудобрения. Для формирования максимальной урожайности шишек хмеля и наибольшего сбора  $\alpha$ -кислот с единицы площади рекомендуется совместное некорневое внесение борных и цинковых микроудобрений ( $B_{(0,1+0,1+0,1)}Zn_{(0,1+0,1+0,1)}$ ) на фоне – 30 т/га навоза +  $N_{180}P_{120-160}K_{160-240}$ .

Применение на фоне 30 т/га органических удобрений, комплексных минеральных удобрений (NPK – 13:12:19) с модифицирующими добавками, включающими серу, бор, цинк и железо, связующие и биологически активные вещества, способствует получению максимальной урожайности шишек хмеля (19,3 ц/га) и статистически достоверной прибавки (2,7 ц/га) по сравнению с вариантом, где вносилась стандартная смесь минеральных удобрений. При этом, содержание  $\alpha$ -кислот возросло с 11,6 до 12,2%, что обеспечило их сбор 2,37 ц/га, а прибавку – 0,43 ц/га.

б. В агроклиматических условиях западного региона Республики Беларусь гармоничное сочетание агротехнических и химических мероприятий по защите растений хмеля от болезней, вредителей и сорной растительности является обязательным элементом технологии возделывания хмеля.

Все изучавшиеся нами сорта хмеля по степени их устойчивости к псевдопероноспорозу можно расположить в следующем убывающем порядке: Hallertauer Magnum (Германия) > Marynka (Польша) > Oktawia (Польша) > Izabella (Польша) > Sybilla (Польша) > Northern Brewer (Англия) > Hallertauer Taurus (Германия) > Nuqet (США). В почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси наиболее целесообразно возделывать сорта немецкой и польской селекции (Hallertauer Magnum, Marynka, Oktawia, Izabella и Sybilla), как наименее восприимчивые к ложной мучнистой росе. Степень поражения растений хмеля ложной мучнистой росой в различных агроклиматических зонах не одинакова. Наибольшее развитие эта болезнь получила в условиях Гродненского района. Здесь даже на самом устойчивом к этому заболеванию сорте Hallertauer Magnum развитие

псевдопероноспороза было почти в 2 раза выше, чем в Малоритском и в 1,5 раза выше, чем в Пружанском районах.

Применение фунгицидов в условиях западного региона Беларуси для защиты хмеля от поражения псевдопероноспорозом существенно повышает продуктивность хмеля. Наиболее эффективным приемом защиты хмеля от псевдопероноспороза является химическая обработка растений фунгицидом Ридомил Голд. Максимальная биологическая эффективность этого препарата получена на 14 день после применения (58,3%) с последующим постепенным ее снижением до 53,0% на 28 день. Для получения максимальной продуктивности хмеля трех обработок (1 – при появлении заболевания на листьях; 2 – в начале цветения; 3 – в начале образования шишек) рекомендуемыми для условий Беларуси препаратами недостаточно. Максимальная продуктивность хмеля обеспечивается при проведении 5 обработок фунгицидами (1-ая обработка – после заводки стеблей на поддержки при высоте растений 1,0–1,5 м (1–2 декада мая); 2-ая обработка – через 2 недели при высоте растений 2,0–2,5 м (3 декада мая–1 декада июня); 3-ая обработка – в начале образования боковых побегов при высоте растений 4,5 м (2 декада июня); 4-ая обработка – в начале цветения (2–3 декада июля); 5-ая обработка – в начале формирования шишек (1–2 декада августа, но не позднее 10–15 августа). Наиболее высокий уровень урожайности шишек хмеля (19,3–19,6 ц/га) получен при обработке растений препаратом Ридомил Голд в начале отрастания (1-я обработка) и в конце вегетации (4-я и 5-я обработки) или в начале отрастания (1-я обработка) и в середине вегетации (3-я и 4-я обработки). Содержание  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля зависело от сроков применения этого фунгицида. При смещении сроков обработки этим фунгицидом на конец вегетации (цветение и образование шишек) отмечалось заметное снижение содержания  $\alpha$ -кислот в шишках хмеля. Наиболее высокое содержание в шишках  $\alpha$ -кислот получено при условии обработки растений хмеля фунгицидом Ридомил Голд не позднее начала образования боковых побегов. Максимальный сбор  $\alpha$ -кислот с единицы площади отмечался при блочном применении (двойном или тройном) Ридомила Голд в начале или середине вегетации.

Из сосущих вредителей наиболее вредоносными на хмеле в условиях западного региона Беларуси являются хмелевая тля и паутинный клещ. В почвенно-климатических условиях Гродненского района наиболее благоприятные условия складываются для развития тли, а в условиях более южного Малоритского района – для паутинного клеща, который там наиболее вредоносен. Численность и вредоносность сосущих вредителей зависит от погодных условий и, в первую очередь, от температурного режима. Для защиты хмеля от тли в условиях западного региона Беларуси наиболее высокую биологическую эффективность обеспечили следующие инсектициды: Би-58 новый, 400 г/л к.э (4 л/га) (диметоат); дурсбан, 40,8% к.э. (1,5 л/га) (хлорпирифос) и фуфанон 570 г/л к.э. (4 л/га) (малатион). Для защиты растений хмеля от паутинного клеща наиболее высокая биологическая эффективность получена при применении Би-58 нового и дурсбана. Однако, практический опыт работы хмелеводческих хозяйств Беларуси показал, что использование отдельных, даже высокоэффективных пестицидов, не может длительное время подавлять вредителей. В то же время, частое их применение приводит к возникновению устойчивых популяций вредных организмов. Необходимо помнить, что частое применение одних и тех же пестицидов приводит к возникновению устойчивых популяций хмелевой тли, паутинного клеща и других вредителей.

В отдельные влажные годы может отмечаться заметное развитие сорной растительности в рядах хмеля после 1-го окучивания. В этом случае при развитии злаковых сорняков возможно применение противозлаковых гербицидов (фюзилад супер, КЭ, 2 л/га и др.) или гербицидов по вегетирующим двудольным сорнякам (базагран, 480 г/л в.р., 4,0 л/га). Применение гербицидов почвенного действия, в начале вегетации хмеля (после обрезки корневищ) позволяет обеспечить получение урожая шишек хмеля на уровне хозяйственного контроля. Это дает возможность отказаться от трудоемких ручных прополок хмеля в рядах в первый критический период его чувствительности к сорнякам (до образования боковых побегов), что способствует заметному сокращению затрат труда и средств на выращивание хмеля, снижает себестоимость его продукции. В этот период рекомендуется внесение в почву стомпа (6 л/га) после обрезки

корневищ, до начала его отрастания. Эффективность его возрастает при внесении во влажную почву с последующей заделкой легкими боронами. Применение зенкора и прометрекса также обеспечивает высокую эффективность уничтожения сорной растительности, но оказывает угнетающее влияние на рост и развитие растений хмеля в начальный период его роста.

Важным фактором повышения урожайности шишек хмеля является разработка мероприятий по защите от сорной растительности хмельников во второй половине их вегетации – в период образования и формирования шишек после проведения 2-го окучивания при высоте растений 4,0–4,5 м. Существенное повышение урожайности шишек хмеля получено при уничтожении сорной растительности с помощью десиканта реглон, а также при внесении почвенных гербицидов зенкор и прометрекс, которые сдерживали прорастание сорняков в рядах хмеля практически до его уборки. Применяемые после 2-го окучивания гербициды и десикант реглон по степени их влияния на снижение засоренности почвы можно расположить в следующем убывающем порядке: прометрекс > зенкор > реглон > базагран, а по их влиянию на рост прибавки урожая и окупаемость затрат на их применение: реглон > зенкор > прометрекс > базагран. Считаеи целесообразным предложить фирмам производителям и их региональным представителям включить гербициды прометрекс ФЛО, 50% к.с. (3,0 л/га) (прометрин), ф. Мактешим Аган, Израиль и зенкор, ВДГ ф. Байер КропСайенс ГмбХ, Германия (1,0 кг/га) после 2-го окучивания и десикант реглон супер, ВР (2 л/га) (дикват, 150 г/л), ф. Сингента Лимитед, Великобритания в период образования и формирования шишек после проведения 2-го окучивания хмеля при высоте растений 4,0–4,5 м в Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь.

7. Качественные показатели шишек хмеля сортов Hallertauer Magnum и Магунка, выращенных в западном регионе Беларуси, по содержанию  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот, когумулону и другим показателям соответствуют требованиям пивоваренной промышленности. Максимальное содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот отмечалось к началу технической спелости шишек (по средним многолетним данным

– 10 сентября). Качество шишек хмеля после наступления периода технической спелости существенно не изменялось до конца сентября. Хотя высокое содержание  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислот сохранялось до наступления физиологической спелости шишек (30 сентября), однако вследствие ухудшения органолептических показателей шишек и механических потерь лупулина, уборку хмеля следует заканчивать несколько раньше – к 25 сентября. Таким образом, для получения высококачественного сырья для пивоваренной промышленности уборку хмеля следует завершать в течение 15 дней после наступления физиологической спелости шишек. Содержание когумулону в шишках соответствовало требованиям пивоваренной отрасли промышленности (не более 30%) для получения качественного пива. Доля когумулону в  $\alpha$ -кислоте для сорта Hallertauer Magnum составила в среднем 25,5%, а максимальное его содержание не превышало 26,1%. Для сорта Magunka эти показатели составили, соответственно, 24,7 и 26,2%.

8. В образцах хмеля, взятого с варианта с применением стандартной смеси минеральных удобрений, была получена грубоватая хмелевая горечь. Применение комплексных удобрений с микроэлементами способствовало получению пива с более «мягкой» горечью, что высоко ценится пивоварами

Анализ качественных показателей суслу и пива, полученных при использовании шишек хмеля с вариантов с применением стандартной смеси минеральных удобрений и комплексных удобрений с микроэлементами, позволил установить, что физико-химические и органолептические показатели готовых образцов пива соответствуют нормативным показателям, предъявляемым к качеству пива. Исследуемые образцы хмеля отечественного производства соответствуют требованиям пивоваренного производства и позволяют получать качественный готовый продукт. Установлено, что при кипячении суслу с хмелем, при внесении его в два приема, происходят изомеризационные процессы, сопровождающиеся различной динамикой образования изомерных форм альфа-кислот. Максимальное количество изогумулону в молодом и готовом пиве образовывалось в сусле из образца хмеля, взятого с варианта, где применялись комплексные удобрения с микроэлементами.

9. Образцы шишек хмеля сорта Hallertauer Magnum, выращенного в почвенно-климатических условиях западного региона Беларуси, обладают хорошо выраженной антибактериальной и микоцидной активностью по отношению к *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans*. По степени зависимости численности микроорганизмов от степени воздействия на них водных настоев шишек хмеля они расположились в следующем убывающем порядке: *Escherichia coli* > *Staphylococcus aureus* > *Candida albicans*. *Escherichia coli* наиболее подвержена антибактериальному воздействию водных настоев хмеля. Наиболее высокая антимикробная активность водных настоев шишек хмеля получена при внесении  $N_{60-120}$ . При увеличении доз азота до  $N_{180-240}$  отмечалась тенденция к снижению бактерицидной и микоцидной активности хмеля на микроорганизмы *Escherichia coli*, *Candida albicans* и *Staphylococcus aureus*. Однако даже при максимальных дозах азота ( $N_{240}$ ) антимикробная и микоцидная активность настоя хмеля на все изучаемые микроорганизмы относительно контрольного варианта с водой были значительными. При внесении комплексного удобрения (NPK – 13:12:19) со 2-й модифицирующей добавкой (сера, бор, цинк и железо, связующие и биологически активные вещества)  $N_{130}P_{120}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку) и комплексного удобрения (13:7:17-19, бесхлорное) с 3-й модифицирующей добавкой (бор, марганец, магний и железо)  $N_{130}P_{70}K_{190} + N_{50}$  (в подкормку) антибактериальная и микоцидная активность хмеля возрастала по сравнению с внесением смеси стандартных азотно-фосфорно-калийных удобрений.

10. Основной характеристикой современной мировой индустрии хмелеводства является ежегодное увеличение производства пива в мире. Однако во многих случаях потребности пивоваренных компаний в хмеле удовлетворяются за счет имеющихся у них запасов хмеля и хмелепродуктов и внедрения новых технологий пивоварения, предусматривающих использование хмеля с высоким содержанием в шишках  $\alpha$ -кислот.

Основную долю производимого в мире хмеля занимают сорта с высоким содержанием  $\alpha$ -кислот (группа III) по причине наибольшей востребованности данной группы хмеля на мировом рынке. Это связано с тем, что в настоящее время основные производители пива перешли на новые технологии, которые пред-

полагают применение не шишкованного хмеля, а гранулированного или в виде экстракта, который можно производить из шишек хмеля с высоким процентным содержанием  $\alpha$ -кислоты (не ниже, чем 10%).

11. Организация собственного экономически эффективного импортозамещающего производства хмеля будет способствовать решению проблем обеспеченности пивоваренной отрасли промышленности Республики Беларусь качественным и недорогим хмелем, экономии валютных средств, затрачиваемых на импорт хмеля, привлечению дополнительных инвестиций в сельское хозяйство, и снижению уровня зависимости республики от импортных поставок хмеля

Развитие хмелеводства с использованием предлагаемой системы основных механизмов регулирования и управления отраслью позволит сформировать в Республике Беларусь рынок хмеля, отвечающий установленным в мировой практике критериям и обеспечить отечественных пивоваров недорогим и качественным хмелем, что существенно повлияло бы на снижение себестоимости пива, увеличение рентабельности производства и повышение конкурентоспособности отечественной пивоваренной отрасли.

### Список использованных источников

1. Агрохимия / Учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений; редкол.: И.Р. Вильдфлуш. – Минск : Ураджай, 2001. – 488 с.
2. Агрохимия: учебник по аграр. спец. / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б.А. Ягодина. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 639 с.
3. Актуальность развития хмелеводства в Беларуси / З. М. Ильина [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 9. – С. 36-37.
4. Александров, Ю.А. Селекция хмеля в России / Ю.А. Александров, С.С. Данилов, С.Г. Кошкина, Е.С. Данилова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Сб. тр. VI Междунар. симп. Москва, 20-24 июля 2001 г. – Москва, 2001. – С. 27-30.
5. Асанина, А.Ф. Эффективные меры борьбы с распространенными вредителями и болезнями хмеля / А.Ф. Асанина, Р.В. Чегакова. – Достижения науки и техники АПК. – 2003. – № 9. – С. 16.
6. Александров, Ю. А. Итоги изучения отечественных и зарубежных сортообразцов хмеля / Ю. А. Александров, З. А.Никонова, Е. С. Данилова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – Москва, 2002. – № 4. – С. 43-46.
7. Александров, Н.А. Влияние качества стеблевых черенков на рост, развитие и урожай хмеля / Н. А. Александров // Труды РНИХС. – Чебоксары, 1975. – Вып. 5. – С. 84-88.
8. Александров, Н.А. Влияние сроков обрезки главных корней на урожай хмеля и качество посадочного материала /

- Н. А. Александров, В. А. Григорьев // Труды РНИХС. – Чебоксары, 1976. – Вып. 6. – С. 56-62.
9. Александров, Н. А. Особенности корнеобразования и укоренения черенков хмеля / Н. А. Александров // Труды РНИХС. – Чебоксары, 1976. – Вып. 6. – С. 86-91.
  10. Александров, Н. А. Укоренение черенков хмеля в зависимости от их качества / Н. А. Александров // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 5-8.
  11. Альшевский, Н. Г. Влияние бора на урожай и качество хмеля в зависимости от доз и форм известковых материалов / Н. Г. Альшевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1990. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 24-26.
  12. Альшевский, Н. Г. Влияние извести, бора и цинка на урожай и качество хмеля / Н. Г. Альшевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 37-41.
  13. Альшевский, Н. Г. Влияние калийных удобрений на урожай и качество хмеля / Н. Г. Альшевский, В. И. Вержбицкий, А. П. Опанасюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12 : Хмелеводство. – С. 33-36.
  14. Альшевский, Н. Г. Магний в питании хмеля / Н. Г. Альшевский, Н. И. Москальчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 23-28.
  15. Альшевский, Н. Г. Применение бора для удобрения хмеля / Н. Г. Альшевский, В. И. Вержбицкий // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1980. – Вып. 2: Хмелеводство. – С. 27-29.
  16. Альшевский, Н. Г. Эффективность известняковой и доломитовой муки в зависимости от тонины их помола / Н. Г. Альшевский, Н. И. Пионтковский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 21-26.
  17. Альшевский, Н. Г. Эффективность применения магниевых удобрений в зависимости от норм азота / Н. Г. Альшевский //

- Сб. науч. тр. / Аграрна наука. – Київ, 1995. – Хмелярство України. – С. 16-19.
18. Альшевский, Н. Г. Эффективность применения магниевых удобрений в зависимости от норм азота / Н. Г. Альшевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 24-27.
  19. Альшевский, Н. Г. Эффективность применения магниевых удобрений под хмель в зависимости от норм калия / Н. Г. Альшевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 24-27.
  20. Анисимов, В. В. Влияние обработки стимуляторами роста на пивоваренные качества хмеля / В. В. Анисимов, В. В. Базыльчик, З. Н. Аксенова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 27-31.
  21. Анисимов, В. В. Изучение ростстимулирующего действия альфа-терпинеола на культуре хмеля / В. В. Анисимов, В. В. Базыльчик // Хмелеводство: сб. науч. ст. / Рос. республ. науч.-исследов. хмелеводческая станция. – Москва, 1990. – С. 3-5.
  22. Анисимов, В. В. Специфичность действия стимуляторов роста терпенового ряда на растения хмеля в зависимости от гидротермического режима воздуха / В. В. Анисимов, В. В. Базыльчик // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 42-45.
  23. Анспок, П. И. Микроудобрения / П. И. Анспок. – 2-е изд. перер. и доп. – Ленинград : Агропромиздат, 1990. – 272 с.
  24. Асанина, А. Ф. Система мер по защите хмельников от вредителей и болезней / А. Ф. Асанина // Интенсивное земледелие в условиях рыночной экономики: материалы Чувашской республ. Агрономич. науч.-производ. конф., Чебоксары, 11–13 октября 1997 / Чувашская гос. сельскохозяйственная академия. Под общ. ред. А. Г. Ванифатьева. Чебоксары, 1997. – С. 122-130.
  25. Бабчук, И.В. Рекомендации по определению повреждений хмеля вредителями и болезнями и мероприятия по борьбе с

- ними / И.В. Бабчук, О.В.Шилина [и др.]. – Киев : Урожай, 1981. – 55 с.
26. Безопасность пищевой и сельскохозяйственной продукции. Основные законодательные акты Европейского Союза: [сб.]. – Минск: БелГИСС, 2006. – 326 с.
  27. Бизнес – план развития хмелеводства в Республике Беларусь на 1996–2000 г.г. / Валуев В. В., Ильина З. М., Белоусов А. Г. // Техничко-экономическое обоснование предприятий и отраслей АПК: Бизнес - планы. – Минск, 1996. – С. 140-152.
  28. Богатырчук, Л. М. О технологических условиях хранения хмеля в охлаждаемых помещениях / Л. М. Богатырчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 44-47.
  29. Богатырчук, Л. М. Регулируемая газовая среда – эффективный путь снижения потерь качества хмеля при его хранении / Л. М. Богатырчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 46-50.
  30. Боровой, А. П. Новый способ почвенной токсикации хмельников / А. П. Боровой, Н. А. Лукашевич, П. П. Кирильчук, В. А. Помазан // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 28-30.
  31. Боровой, А. П. Сумицидин в борьбе с хмелевой тлей / А. П. Боровой, П. П. Кирильчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 45-48.
  32. Бурдейный, В. С. Разработка машин и оборудования для послеуборочной обработки и переработки хмеля / В. С. Бурдейный // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 47-51.
  33. Варварюк, П. С. Влияние густоты стеблестоя на урожай хмеля / П. С. Варварюк // Хмелеводство: сб. – Киев, 1975. – С. 38-45.
  34. Варварюк, П.С. Урожай и технологические качества шишек хмеля в зависимости от густоты стеблестроя и хранения : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / П.С. Варварюк; Кишиневский с.-х. ин-т. – Кишинев, 1978. – 17 с.

35. Васютин, А. С. Хмель – ценная прибыльная культура / А. С. Васютин // Земледелие. – 1998. – № 2. – С. 19.
36. Венгер, В. М. Основные направления системы защиты хмеля от вредителей и болезней / В. М. Венгер, Ф. И. Таран, Л. Ф. Таран, Н. Л. Большаков // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 41-45.
37. Венгер, В. М. Паутинный клещ – опасный вредитель хмеля / В.М. Венгер, А. П. Боровой. – Москва, 1988. – С. 2.
38. Венгер, В. М. Стеблевый мотылек как вредитель хмеля / В. М. Венгер // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 35-38.
39. Вержбицкий, В. И. Эффективность известкования и применения микроэлементов на хмельниках / В. И. Вержбицкий, П. В. Ковальчук, Л. Х. Корчева // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 31-35.
40. Вержбицкий, В. И. Эффективность минеральных удобрений в связи с содержанием подвижного фосфора в почве под хмелем / В. И. Вержбицкий, А. Жолтонога, Н. Г. Альшевский // Научные труды УСХА. – Киев, 1978. – Вып. 211. – С. 71-84.
41. Виноградов, В. Н. Хмелелеводство: учеб. пособие / В. Н. Виноградов. – Горький: Горьк. СХИ, 1977. – 80 с.
42. Вознюк, О. В. Углубление специализации и концентрации хмелеводства – важные факторы повышения эффективности труда в хмелеводстве / О. В. Вознюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 54-57.
43. Вознюк, О. В. Эффективность интенсификации хмелеводства / О. В. Вознюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 48-50.
44. Выращивание хмеля // Экономическая оценка выращиваемых в республике сельскохозяйственных культур: Рекомендации. – Минск: БелНИИ АПК, 1994. – 58 с.

45. Гедрайтите, Г. Содержание горьких веществ и эфирного масла в шишках хмеля из разных экотопов Литвы и их биометрические показатели / Г. Гедрайтите, Р. Банджюлене, А. Глемжа // *Biologija*. – 1996. – № 1. – С. 69-73.
46. Гельфанд, С. Ю. Справочник работника лаборатории консервного завода / С. Ю. Гельфанд, Э. В. Дьяконова, Т. Медведева. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 176 с.
47. Герасимова, В. Г. Эффективные способы хранения посадочного материала хмеля в условиях Чувашской АССР / В. Г. Герасимова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 12-15.
48. Герасимчук, В. И. Изменение содержания компонентов эфирного масла хмеля в зависимости от сроков уборки / В. И. Герасимчук, Б. В. Лесик, Н. И. Ляшенко, И. Г. Рейтман // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 13-16.
49. Герасимчук, В.И. Изыскание оптимальных сроков уборки, режимов сушки и способов хранения хмеля с целью максимального сохранения в нем эфирных масел и полифенолов : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 05.18.03 / В.И. Герасимчук; Укр. с.-х. акад. – Киев, 1991. – 25 с.
50. Герасимчук, В. И. Исследование кривых сушки некоторых украинских сортов хмеля / В. И. Герасимчук, И. Г. Рейтман // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 43-47.
51. Годованый, А. А. Баланс питательных веществ в почве под хмелевыми плантациями в длительном стационарном опыте с удобрениями / А. А. Годованый, Г. Е. Колос, Н. И. Москальчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 18-24.
52. Годованый, А. А. Влияние доломитовой муки на урожай и качество шишек хмеля / А. А. Годованый, В. И. Вержбицкий, В. П. Ригун // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 24-27.

53. Годованый, А. А. Влияние локального внесения нитроаммофоски под хмель на миграцию элементов питания от места их внесения по профилю почвы / А. А. Годованый, В. М. Ющенко, В. И. Вержбицкий // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1991. – Вып. 13: Хмелеводство. – С. 36-38.
54. Годованый, А. А. Влияние норм азота на урожай и качество хмеля сорта Полесский / А. А. Годованый, Н. И. Москальчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 20-24.
55. Годованый, А. А. Влияние сроков проведения химической рамовки на урожайность шишек хмеля сорта Полесский / А. А. Годованый, А. Д. Муляр // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 27-30.
56. Годованый, А. А. Интенсификация хмелеводства и программирование урожаев / А. А. Годованый. – Киев: Урожай, 1990. – 88 с.
57. Годованый А. А. К агрохимической характеристике почв хмельников Украины / А. А. Годованый // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С.18-23.
58. Годованый, А. А. Продуктивность сорта Полесский в зависимости от норм азота / А. А. Годованый, Н. И. Москальчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 14-18.
59. Годованый, А. А. Продуктивность хмеля в зависимости от содержания и соотношения элементов питания в почвах / А. А. Годованый, Л. Х. Корчева, Г. Е. Колос, Г. Н. Севрук, Н. Г. Альшевский // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине: тез. докл. XI Всесоюзной конф., Самарканд, 1990г. / редкол.: Б. А. Ягодин [и др.]. – Самарканд, 1990. – С. 139-140.
60. Годованый, А.А. Хмель и его использование / А.А. Годованый, Н.И. Ляшенко, И.Г. Рейтман, И.С. Ежов; под ред. И.С. Ежова. – Киев: Урожай, 1990. – 336 с.

61. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый. – Минск: РУП Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 240 с.
62. Головач, А. А. Эффективность фосфорсодержащих удобрений с различной растворимостью фосфатного компонента под картофель и ячмень на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04./ А. А. Головач; Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1997. – 19 с.
63. Горошко, О. А. Определение содержания биологически активных веществ в шишках хмеля различных сортов / О. А. Горошко, В. П. Пахомов, И. А. Самылина // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: сб. науч. тр. междунар. конф., посвящ. 50-летию ботанического сада ВИЛАР. – Москва, 2001. – С. 372-373.
64. ГОСТ 21946-76 – ГОСТ 21948-76 Хмель–сырец и хмель прессованный. Методы испытаний: [Сб. межгос. стандартов]. – Москва : Из-во стандартов, 1989. – 19 с.
65. Губанов, Я. В. Технические культуры. Хмель / Я. В. Губанов. – Москва : Агропромиздат, 1986. – С. 271-290.
66. Данилов, С.С. Селекция новых сортов хмеля / С.С. Данилов // Достижения науки и техники АПК. – 2003. – № 6. – С. 28.
67. Дацюк, В. П. К вопросу корреляционной изменчивости хозяйственно-ценных признаков сеянцев и клонов хмеля / В. П. Дацюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 6-10.
68. Дзингилевский, В.Д. Влияние схем посадки, способов формирования кустов и уровней минерального питания на урожай и качество хмеля в условиях Полесья УССР : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.14 / В.Д. Дзингилевский; Укр. с.-х. акад. – Киев, 1986. – 24 с.
69. Дзингилевский, В. Д. Влияние удобрений и способов формирования кустов на продуктивность хмеля / В. Д. Дзингилевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 21-24.
70. Дзингилевский, В. Д. Плотность посадки и урожай хмеля / В. Д. Дзингилевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-

- технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 15-17.
71. Дидора, В. Г. Развитие корневой системы и урожай / В. Г. Дидора, П. С. Варварюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 3-7.
  72. Динамика плодородия пахотных земель Беларуси / И. М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – №1(34). – С. 167-173.
  73. Достижения в технологии солода и пива : Интенсификация производства и повышение качества / ред. А. П. Серик. – Москва, Прага, 1980. – 350 с.
  74. Дубиковский, Г. П. Разработка приемов сбалансированного питания макро- и микроэлементами сельскохозяйственных культур / Г. П. Дубиковский // Сб. науч. тр. / ГГСХИ. – Гродно, 1995. – Вып. 5: Ученые записки. – С. 96-99.
  75. Ежов, И. С. Хмель и его использование / И. С. Ежов. – Киев: Урожай, 1990. – 335 с.
  76. Елисеев, А. М. Результаты совершенствования технологии выращивания саженцев в школках открытого грунта / А. М. Елисеев, Н. Ф. Гуменюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9 : Хмелеводство. – С. 11-14.
  77. Ермолаева, Г. А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г. А. Ермолаева. – Санкт-Петербург : Профессия, 2004. – 536 с.
  78. Ермолаева, Г. А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков : Учеб. для нач. проф. образования / Ин-т развития профобразования. – Москва : ИРПО : Изд. Центр «Академия», 2000. – 416 с.
  79. Ершов, Н. Т. Посадка черенков хмеля / Н. Т. Ершов // Земля родная. – Москва, 1975. – № 8. – С. 25-26.
  80. Ефимов, А. Д. Новое в производстве хмеля / А. Д. Ефимов // Достиж. науки и техники АПК. – 2003. – № 4. – С. 10-11.
  81. Жук, Э. Ч. Микроудобрения – дополнительный плюс в повышении величин и качества урожая / Э. Ч. Жук // Агриматко. – 2001. – № 2. – С. 37-39.

82. Зайка, Н. Г. Оценка глубокого рыхления междурядий хмельников / Н. Г. Зайка // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 24-27.
83. Иванов, В. И. Орошение хмеля / В. И. Иванов. – Чебоксары: Чувашкнигоиздат, 1980. – 120 с.
84. Ильина, З. М. Актуальность развития хмелеводства в Беларуси / З. М. Ильина, О. С. Ярошинская // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 9. – С. 36-37.
85. Ильяков, А. А. Моделирование основных параметров хмелеводческого хозяйства / А. А. Ильяков, Б. И. Кравчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 63-67.
86. Ионас, В. А. Система удобрений сельскохозяйственных культур / В. А. Ионас, И. Р. Вильдфлуш, С. П. Кукреш; под ред. В. А. Ионас. – Минск : «Ураджай», 1998. – 287 с.
87. Использование микроудобрений в Беларуси / М. Г. Русый [и др.] // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 6. – С. 21-24.
88. Итоги изучения отечественных и зарубежных сортообразцов хмеля / Ю. А. Александров [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – № 4. – С. 43-46.
89. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ. Д.В. Грицука, Е.П. Янина. – Москва: Мир, 1989. – 439 с.
90. Кардашов, А. Т. Методика агроэкологической оценки корнеобитаемого слоя почвы хмельников / А. Т. Кардашов // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 16-18.
91. Кардашов, А. Т. Почвенно-мелиоративные основы возделывания хмеля в Полесской зоне УССР / А. Т. Кардашов, В. Н. Федорец, Н. Г. Зайка // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 22-25.
92. Кардашов, А. Т. Экологическая оценка среды обитания хмеля / А. Т. Кардашов // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог.

- ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3 : Хмелеводство. – С. 18-22.
93. Кардашов, А. Т. Эколого-мелиоративная оценка среды обитания хмеля в Полесской зоне УССР / А. Т. Кардашов // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып.6 : Хмелеводство. – С. 16-19.
  94. Кирильчук, П. П. Итоги и задачи научных исследований по гигиенической оценке условий труда рабочих, занятых выращиванием и переработкой хмеля / П. П. Кирильчук, А. П. Боровой // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып.9 : Хмелеводство. – С.29-32.
  95. Климат Беларуси / В.Ф. Логинов [и др.]; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Ин-т геол. наук Акад. наук Беларуси, 1996. – 234 с.
  96. Ковалев, В. Г. К вопросу раздельной уборки хмеля / В. Г. Ковалев, Л. П. Мирончик, А. М. Уманец, Н. Н. Лайчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9 : Хмелеводство. – С. 36-40.
  97. Ковтун, Н. Г. Возраст и урожайность хмеля / Н. Г. Ковтун // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 5-8.
  98. Козин, В. В. Применение гербицидов стомпа, дуала и базаграна на хмельниках / В. В. Козин // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9 : Хмелеводство. – С. 32-36.
  99. Козин, В. В. Проблемы борьбы с сорняками на плантациях хмеля / В. В. Козин // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 30-33.
  100. Козин, В.В. Совершенствование технологии выращивания хмеля при проведении химических и агротехнических приемов борьбы с сорняками в Полесье УССР : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.14 / В.В. Козин; ВНИИ эфирно-масляничных культур. – Симферополь, 1986. – 24 с.
  101. Колос, Г. Е. Листовая диагностика минерального питания хмеля / Г. Е. Колос, Н. И. Москальчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1989. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 16-18.

102. Колос, Г. Е. Разработка и усовершенствование методик проведения опытов и агрохимических исследований растений и шишек хмеля / Г. Е. Колос // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 27-33.
103. Корбут, Г. А. Влияние микроэлементов на содержание горьких веществ в шишках хмеля и на сахаристость свеклы в условиях лесостепной зоны Житомирской области / Г. А. Корбут // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – Киев : Наукова думка, 1968. – 220 с.
104. Кормильцев, Б. Ф. Влияние эмистина С на формирование сажанцев хмеля / Б. Ф. Кормильцев, В. А. Зинченко, А. С. Шабранский, И. М. Юрковский // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях: материалы 6-й междунар. конф., Москва, 26–28 июня 2001 г. / МСХА . – Москва, 2001. – С. 248.
105. Кормильцев, Б. Ф. Вредоносность и распространенность вирусных болезней на маточниках / Б. Ф. Кормильцев, Л. П. Бадамшина, В.Д. Полищук, Н. Л. Бут // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 31-36.
106. Кормильцев, Б. Ф. Изменение состава фенольных соединений хмеля при вирусном хлорозном заболевании / Б. Ф. Кормильцев, В. П. Лобов // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 16-19.
107. Красновский, Ю.И. Основные приемы возделывания и сортимент хмеля в предгорной зоне Алтая : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Ю.И. Красновский; Московская с.-х. акад. – Москва, 1982. – 18 с.
108. Красновский, Ю. И. Развитие корневой системы хмеля при различных схемах посадки / Ю. И. Красновский // Науч. тр. РНИХС. – Москва, 1978. – Вып. 7. – С. 74-79.
109. Кремлев, Е. П. Зооцидное действие комплексных микроудобрений на представителей почвенной микрофауны / Е. П. Кремлев, А. Е. Караевский // Веснік Гродзен. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. – 2000. – № 1(3). – С. 104-111.

110. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси: метод. указания / подгот.: И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Хата, 2001. – 60 с.
111. Крылова, М. И. Сроки зеленого черенкования хмеля в теплицах с искусственным туманом / М. И. Крылова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 3-5.
112. Крылова, М. И. Укоренение зеленых черенков хмеля под полиэтиленовой пленкой / М. И. Крылова, Э. А. Батудаева // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 5-7.
113. Кудашин, М. И. Перспективы применения микроэлементов в полевых агрофитоценозах / М. И. Кудашин // Достижение науки и техники АПК. – 2005. – № 5. – С. 8-9.
114. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская – Москва : Агропромиздат, 1990. – 219 с.
115. Кулинич, М. А. Проблемы сортового состава хмеля в СССР и пути их решения / М. А. Кулинич, Е. П. Михайличенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 3-6.
116. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. – Санкт-Петербург: «Профессия», 2001. – 912 с.
117. Куровский, Е.П. Экономика производства хмеля / Е.П. Куровский – Киев: Урожай, 1985. – 88 с.
118. Лапа, В. В. Вопросы рационального использования удобрений в земледелии Беларуси / В. В. Лапа // Почва, удобрение, плодородие: докл. на пленар. заседании Междунар. науч.-произв. конф. 6-19 февр. 1999г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: И. М. Богдевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2000. – С.47-56.
119. Лапа, В.В. Оптимальные дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 24 с.
120. Лапа, В. В. Ресурсосберегающая система удобрений сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых

- почвах: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04./ В. В. Лапа; Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1995. – 36 с.
121. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск: Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – 184 с.
  122. Лесик, Б. В. Изменение пивоваренных качеств шишек хмеля при хранении в складах с нерегулируемыми параметрами среды / Б. В. Лесик, И. Г. Рейтман, В. М. Шуляр // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3: Хмелеводство. – С. 52-54.
  123. Либакский, Е. П. Хмелеводство: учеб. пособие / Е. П. Либакский. – 2-е изд. – Москва: Колос, 1993. – 286 с.
  124. Линецкая, Г. Н. Влияние хмелевых примесей на качество пива / Г. Н. Линецкая, З. Н. Аксенова, Л. В. Будко, С. С. Федорова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 47-50.
  125. Линецкая, Г. Н. Исследования возможности использования в производстве пива хмеля, пораженного вредителями и болезнями / Г. Н. Линецкая, З. Н. Аксенова, Л. В. Будко, М. М. Кожухарь // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 43-46.
  126. Луцюк, И. А. Формирование шишек в зависимости от высоты среза стеблей, норм удобрений и сроков уборки хмеля / И. А. Луцюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3: Хмелеводство. – С. 15-18.
  127. Ляшенко, Н. И. Биохимия хмеля и хмелепродуктов / Н. И. Ляшенко. – Житомир: Полисся, 2002. – 388 с.
  128. Ляшенко, Н. И. Влияние метеорологических условий на накопление горьких веществ в хмеле / Н. И. Ляшенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 37-42.
  129. Ляшенко, Н. И. Горькие вещества хмеля / Н. И. Ляшенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 8-12.

130. Ляшенко, Н. И. Изучение зависимости между содержанием углеводов и биосинтезом горьких веществ в процессе формирования шишек хмеля / Н. И. Ляшенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3: Хмелеводство. – С. 38-42.
131. Ляшенко, Н. И. Интенсивность окисления компонентов горьких веществ и эфирных масел хмеля в зависимости от температуры / Н. И. Ляшенко, В. И. Герасимчук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 10-13.
132. Ляшенко, Н. И. Количественное определение изо-а-кислот в хмеле / Н. И. Ляшенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3: Хмелеводство. – С. 42-45.
133. Ляшенко, Н. И. Определение отдельных групп фенольных соединений в хмеле / Н. И. Ляшенко, Г.Д. Солодюк, Л. В. Романенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 44-50.
134. Ляшенко, Н. И. Основные результаты исследований по физиологии и биохимии хмеля / Н. И. Ляшенко, Г. Д. Солодюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 14-19.
135. Ляшенко, Н. И. Хемосистематика хмеля по составу эфирных масел и горьких веществ / Н. И. Ляшенко, М. А. Кулинич // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 9-13 .
136. Ляшенко, Н. И. Углеводный обмен в подземных органах земли / Н. И. Ляшенко, П. А. Торчинская // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 21-24.
137. Ляшенко, Н. И. Физиология и биохимия хмеля / Н. И. Ляшенко, Н. Г. Михайлов, Р. И. Рудык. – Житомир: Полися, 2004. – 408 с.
138. Макаренко, К. В. Испытание новых сортов хмеля в Брянской области / К. В. Макаренко, М. И. Крылова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 3-5.

139. Малюжеч, В. А. Технология навешивания поддержек с вышек / В. А. Малюжеч, Г. К. Заграфов, И. Копецкий, Я. Сахл // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 36-42.
140. Махаури, Л. Динамика содержания тяжелых металлов в шишках дикорастущего хмеля / Л. Махаури // Аграрная наука. – 2005. – № 3. – С. 19.
141. Меледина, Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. – Санкт-Петербург: Профессия, 2003. – 304 с.
142. Мельничук, М. И. Влияние количества заведенных стеблей на рост и развитие хмеля в условиях Западной Лесостепи Украины / М. И. Мельничук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 14-16.
143. Мельничук, М.И. Влияние площади питания, количества заведенных стеблей и удобрений на урожай и качество хмеля в условиях Западной лесостепи УССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.14 / М.И. Мельничук; Укр. с.-х. акад. – Киев, 1986. – 20 с.
144. Мельничук, М. И. Формирование шишек хмеля в зависимости от площади питания, количества заведенных стеблей и удобрений / М. И. Мельничук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 1 : Хмелеводство. – С. 40-43.
145. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Белорус. науч.- исслед. ин-т почвоведения и агрохимии, 1988. – 30 с.
146. Методика определения энергетической эффективности применения минеральных, органических и известковых удобрений / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии; подгот. Г. В. Василюк [и др.]. – Минск: БелНИИПиА, 1996. – 50 с.
147. Методика расчёта баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Науч.- исслед. ин-т почвоведения и агрохимии; разработ.:

- В. В. Лапа [и др.]. - Минск: РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии», 2001. – 19 с.
148. Методика расчёта баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / РНДУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработ.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: РУП «БНИВНФХ в АПК», 2007. – 24 с.
149. Методические рекомендации по организации коллективного подряда в хмелеводстве / [Сост. И. П. Куровский и др.]. – Житомир, 1984. – 24 с.
150. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И. Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 23-24.
151. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С. Ю. Булыгин [и др.]; под общ. ред. С. Ю. Булыгина. – 2-е изд. – Днепропетровск : Днепркнига, 2003. – 80 с.
152. Милоста, Г.М. Анализ сортовой структуры мирового хмелепроизводства / Г.М. Милоста, О.С. Ярошинская // Сельское хозяйство проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО «Гроднен. гос. агр. ун-т». – Гродно, 2004. – Т.3, Ч.2. – С.184-187.
153. Милоста, Г.М. Антимикробная активность шишек хмеля в зависимости от доз азота и комплексных удобрений. / Г.М. Милоста, И.С. Жебрак, Г.В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 227-235.
154. Милоста, Г.М. Влияние азотных удобрений на продуктивность хмеля / Г.М. Милоста, Л.Г. Слепченко, О.С. Ярошинская // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / УО «Гроднен. гос. аграр. ун-т - Гродно, 2004. – Т.3, Ч.2 : Агрономические науки. – С.162-166.
155. Милоста, Г.М. Влияние минеральных удобрений на продуктивность хмеля на дерново-подзолистых супесчаных почвах // Г.М. Милоста, В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 2006. – № 2. – С. 117-128.
156. Милоста, Г.М. Влияние сроков и способов обрезки корневых хмеля на его продуктивность / Г.М. Милоста, Л.Г. Слепченко, О.С. Ярошинская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы / Под. ред. В. К. Пестиса [и др.] / УО

- «Гроднен. гос. аграр. ун-т». – Гродно, 2005. – Т.4 , Ч.1 : Агрономия. – С.138-141.
157. Милоста, Г.М. Влияние микроудобрений на антимикробную активность хмеля / Г.М. Милоста, А.А. Регилевич, И.С. Жебрак // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Гл. ред. М.А. Кадыров [и др.]. – Жодино, 2009. – Вып. 44. – С. 256-263.
158. Милоста, Г.М. Влияние микроудобрений на урожайность хмеля / Г.М. Милоста, А.А. Регилевич, Л.Г. Слепченко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / УО "Гроднен. гос. аграр. ун-т". – Гродно, 2006. – Т. 1 : Сельскохозяйственные науки (агрономия). – С.203-207.
159. Милоста, Г.М. Влияние приемов агротехники на продуктивность хмеля (*Humulus lupulus*) // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. – Гродно, 2008. – Т.1. – С. 126-134.
160. Милоста, Г.М. Влияние различных доз и способов внесения микроудобрений на урожайность хмеля / Г.М. Милоста, А.А. Регилевич // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. (Серыя аграрных навук). – 2008. – № 1. – С.45-52.
161. Милоста, Г.М. Влияние уровня минерального питания на продуктивность хмеля / Г. М. Милоста // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО "Гроднен. гос. аграр. ун-т". – Гродно, 2006. – Т.1: Агрономические науки. – С. 207-210.
162. Милоста, Г.М. Вредители хмеля и меры защиты от них / Г.М. Милоста, Л.Г. Слепченко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / УО "Гроднен. гос. аграр. ун-т". – Гродно : ГГАУ, 2006. – Т. 1 : Сельскохозяйственные науки (агрономия). – С.195-199.
163. Милоста, Г.М. Зависимость качества хмеля от применения микроудобрений / Г.М. Милоста, А.А. Регилевич // Овощеводство: сб. науч. тр./ НАН Беларуси; РУП «Институт овощеводства»; [редкол.: А.А. Аутко (гл. ред.) и др]. – Минск, 2008. – Т.15. – С. 307-317.
164. Милоста, Г.М. Зависимость продуктивности хмеля от применения борных, медных и цинковых микроудобрений /

- Г.М. Милоста, А.А. Регилевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО "Гроднен. гос. аграр. ун-т". – Гродно : УО "ГГАУ", 2007. – Т.1 : Агрономия. Экономика. – С.85-94.
165. Милоста, Г.М. Защита хмеля от сосущих и подгрызающих вредителей в условиях западного региона Беларуси / Г.М. Милоста, Л.Г. Слепченко // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 4 (65). – С. 41-43.
166. Милоста, Г.М. Качество шишек хмеля и пива в зависимости от применения комплексных удобрений / Г.М. Милоста, Е.А. Цед // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Гл. ред. М.А. Кадыров [и др.]. – Жодино, 2009. – Вып. 45. – С. 330-339.
167. Милоста, Г.М. Ложная мучнистая роса хмеля в западных регионах Беларуси и эффективность фунгицидов против болезни / Г.М. Милоста, Г.А. Зезюлина // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 4. – С.29-32.
168. Милоста, Г.М. Продуктивность хмеля в зависимости от доз минеральных удобрений / Г.М. Милоста, В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. –2009. – № 1(42). – С. 183-188.
169. Милоста, Г.М. Продуктивность хмеля в зависимости от сроков и способов внесения азотных удобрений // Г.М. Милоста, В.В. Лапа // Земляробства і ахова раслін. – Минск, 2007. – № 2. – С. 42-46.
170. Милоста, Г.М. Продуктивность хмеля в зависимости от агротехнических мероприятий по уходу за растениями / Г.М. Милоста // Сельское хозяйство проблемы и перспективы : сб. науч.тр. / УО "Гроднен. гос. аграр. ун-т". – Гродно, 2009. – Т. 1 : Агрономия. Экономика. – С. 141-148.
171. Милоста, Г.М. Продуктивность хмеля в зависимости от сроков и способов обрезки корневищ // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Гл. ред. М.А. Кадыров [и др.]. – Жодино, 2009. – Вып. 45. – С. 322-330.
172. Милоста, Г.М. Развитие сосущих и подгрызающих вредителей хмеля в условиях западного региона Беларуси / Г.М.

- Милоста, Л.Г. Слепченко // Земляробства і ахова раслін – 2008. - №5. – С.34-37
173. Милоста, Г.М. Современное состояние и перспективы развития хмелеводства в Республике Беларусь / Г.М. Милоста, О.С. Ярошинская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / УО «Гроднен. гос. аграр. ун-т». – Гродно, 2005. – Т. 2, Ч.1: Экономические науки в системе АПК. – С. 61-64.
174. Милоста, Г.М. Структура урожая хмеля и вынос элементов минерального питания продукцией / Г.М. Милоста, А.А. Регилевич // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1. – С.192-204.
175. Милоста, Г.М. Экономическая эффективность хмелепроизводства в Республике Беларусь / Г.М. Милоста, О.С. Ярошинская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. НАН Беларуси, МСХП, УО «Гроднен. гос. аграр. ун-т», Гродно, 2005. – Т.2, Ч.1: Экономические науки в системе АПК. – С. 32-35.
176. Милоста, Г.М. Эффективность гербицидов в интенсивной технологии возделывания хмеля в Беларуси / Г.М. Милоста, С.В. Сорока // Защита растений. – 2007. – Вып 31. – С. 56-68.
177. Милоста, Г.М. Эффективность фунгицидной защиты хмеля от поражения псевдопероноспорозом / Г.М. Милоста, Г.А. Зезюлина // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 1 (62). – С. 72-75.
178. Могила, П. Н. О причинах потерь горьких веществ хмеля при хранении / П. Н. Могила, З. В. Янушевич // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 55-59.
179. Наливайко, Ю. С. Влияние марганца на урожай и качество хмеля / Ю. С. Наливайко, Ю. В. Каробанов // Микроэлементы в жизни растений, животных и человека. – Киев: Наукова думка, 1964. – 324 с.
180. Нарцисс, Л. Пивоварение: пер. с нем. 7-го перераб. изд. / Людвиг Нарцисс. Т. 1: Технология солодоращения. – Санкт-Петербург : Профессия, 2007. – 582 с.

181. Некорневые подкормки микроудобрениями в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М. В. Рак [и др.] // Земляробства і ахова раслін. Сер. агрохимія. – 2004. – № 2. – С. 25-27.
182. Некрашевич, Н. П. Селекция хмеля на устойчивость к псевдопероноспорозу / Н. П. Некрашевич // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 3-5.
183. Неттевич, Э. Д. Выращивание пивоваренного ячменя / Э.Д. Неттевич. – Москва : Колос, 1981. – 207 с.
184. ОКРБ 007-2007. Промышленная и сельскохозяйственная продукция. Ч.1: взамен ОКРБ 007-98 (в части разд. 01-36): введ.01.01.09. – Минск: БелГИСС, 2007. – 459 с.
185. ОКРБ 007-2007. Промышленная и сельскохозяйственная продукция. Ч.1: взамен ОКРБ 007-98 (в части разд. 37-41), ОКРБ (СРА) 007-96 (в части разд. 45-99) : введ.01.01.09. – Минск : БелГИСС, 2007. – 160 с.
186. Операционная технология производства хмеля / В. П. Шкурпела [и др.]; под общ. ред. В. П. Шкурпелы. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 168 с.
187. Организационно-экономические особенности производства хмелевого сырья в Российской Федерации: практическое рук. – Москва, 1995. – 70 с.
188. Освоение новых регионов хмелеводства Российской Федерации: Технологический регламент. – Москва: ЦНТИ, 1994. – 8 с.
189. Осецкий, В. П. Расчет норм удобрений на планируемый урожай / В. П. Осецкий, Я. Н. Боднарук // Хмелеводство: сб. – Киев, 1975. – С. 51-55.
190. Основополагающие данные : [Хмель] // Hopsteiner Report, 2008. – 20 с.
191. Основы ресурсосбережения при производстве хмелевого сырья в Российской Федерации: практическое рук. / М-во с.-х. и продовольствия. – Москва : ЦНТИ, 1995. – 40 с.
192. Остроменский, А. Б. Влияние сроков и способов обрезки корневищ хмеля на урожай и качество шишек / А. Б. Остроменский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3: Хмелеводство. – С. 10-12.

193. Остроменский, А. Б. Влияние сроков уборки хмеля на его урожай и качество / А. Б. Остроменский, В. И. Вержбицкий // Хмелеводство: сб. – Киев, 1975. – С. 88-91.
194. Остроменский, А. Б. Изменение технологических качеств шишек хмеля в зависимости от сроков уборки / А. Б. Остроменский, Н. И. Ляшенко, В. Г. Дидора // Науч. тр. УСХА. – Киев, 1977. – Вып. 203. – С. 58-60.
195. Остроменский, А. Б. Изменение физиолого-биохимических процессов в растениях хмеля в результате среза стеблей при машинной уборке урожая / А. Б. Остроменский, И. А. Луцюк // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7 : Хмелеводство. – С. 10-15.
196. Отраслевая Программа обеспечения устойчивого производства и развития рынка хмеля в Российской Федерации на 2003-2005 годы и на период до 2010 года (Программа «Хмель»). Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – НИИПТИХ. Минсельхоз Чувашии. 2002. – 15 с.
197. Отчет фирмы Барт 2003-2004: Хмель. – Нюрберг, 2004. – 20 с.
198. Панченко, П. М. Качественная оценка этиолированных побегов хмеля как посадочного материала / П. М. Панченко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 5-8.
199. Петроченков, А. В. Пиво : Путеводитель / А. В. Петроченков. – Москва : Изд-во Жигульского, 2003. – 303 с.
200. Пипченко, П. Н. Эффективность надкронного орошения хмеля в полесской зоне УССР / П. Н. Пипченко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 25-28.
201. Пипченко, П. Н. Эффективность орошения хмеля в лесостепной зоне УССР / П. Н. Пипченко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 34-37.
202. Пироговская, Г.В. Влияние промежуточных посевов на обогащение легких почв органическим веществом / Г.В. Пи-

- роговская, В.И. Сороко [ и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1 (34). – С. 281-284.
203. Пискунов, А. С. Методы агрохимических исследований: учеб. пособие / А. С. Пискунов. – М.: Колос, 2004. – 312 с.
204. Полищук, В. Д. К вопросу совершенствования системы питомниководства хмеля / В. Д. Полищук // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 19-24.
205. Попович, И. В. Комплексная оценка работы хмелеводческих совхозов, входящих в РАПО / И. В. Попович // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 47-50.
206. Почвы Беларуси: учеб. пособие для студ. агроном. специальностей / А. И. Горбылева А. И. [и др.]; под общ. ред. А. И. Горбылевой. – 2-е изд. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 184 с.
207. Практикум по агрохимии: учеб. пособие для вузов / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под общ. ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: «Урожай», 1998. – 270 с.
208. Применение микроудобрений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М. В. Рак [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2 (51). – С. 7-10.
209. Программа развития пивоваренной отрасли Республики Беларусь на 2006 – 2010 годы: Утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 131 от 02. 02. 2006. – Минск, 2006. – 6 с. [с прил.].
210. Программа развития хмелеводства в Брестской области на 1997–2000 г.г.: утверждена председателем комитета по сельскому хозяйству и продовольствию от 25. 03. 1997. – Минск, 1997. – 12 с.
211. Прогрессивная технология послеуборочной обработки хмеля: методические рекомендации по ее внедрению / А.А. Годованый [и др.]; под ред. А. А. Годованого. – Житомир: НИПТИХ, 1984. – 60 с.
212. Продукты пищевые. Методы микробиологического анализа: сб. стандартов. – Минск: БелГИСС, 2008. – 113с.

213. Прокопьев, В.П. Оздоровление посадочного материала хмеля / В.П. Прокопьев // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Сб. тр. VI Междунар. симп.; Москва, 20-24 июля 2001 г. – Москва, 2001. – С. 267-269.
214. Процаев, В. П. Влияние органических и минеральных удобрений на урожай и качество хмеля / В. П. Процаев. – Киев, 1979. – Вып. 1: Хмелеводство. – С. 21-27.
215. Рабинович, А. М. Лекарственные растения на приусадебном участке. А. М. Рабинович. – Москва: Издательский Дом МСП, 1998. – 336 с.
216. Рабинович, А. М. Хмель обыкновенный / А. М. Рабинович // Сад и огород. – 2001. – № 5. – С. 58-59.
217. Рабочая тетрадь агронома по интенсивной технологии выращивания хмеля / Госагропром УССР; редкол.; В. З. Литвина. – Киев: Урожай, 1986. – 88 с.
218. Рейтман, И. Г. Дыхание и теплофизические свойства массы свежесорванных шишек хмеля и сохранение их качеств / И. Г. Рейтман // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 42-47.
219. Рейтман, И. Г. Исследование процесса активного вентилирования свежесорванного хмеля / И. Г. Рейтман // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1981. – Вып. 3: Хмелеводство. – С. 55-59.
220. Рейтман, И. Г. О потерях и нормах предельно допустимых потерь альфа-кислот при хранении хмеля в складах с нерегулируемыми параметрами среды / И. Г. Рейтман, В. И. Бармакова, Л. В. Проценко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 55-60.
221. Рейтман, И. Г. Прогрессивные приемы переработки и хранения хмеля / И. Г. Рейтман // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 40-44.
222. Рекомендации по использованию микроудобрений в земледелии Белоруссии, Литвы, Латвии, Эстонии / Гос. агро-

- пром. комитеты; редкол.: П. И. Анспок [и др.]. – Минск, 1987. – 28 с.
223. Ригун, В. П. К вопросу применения известковых материалов на хмельниках / В. П. Ригун // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С.18-21.
224. Ристимэки, Л. Нельзя забывать о микроэлементах / Л. Ристимэки // Новое сельское хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 28-30.
225. Руководство по правилам поставки в ЕС продукции животного происхождения. – Минск: БелГИСС, 2008. – 62 с.
226. Русанов, А. М. Бор необходим растениям в течение всей вегетации / А. М. Русанов // Картофель и овощи. – 1998. – № 2. – С. 34.
227. Санин, М. А. Эффективность алацила, 25%-ного с. п. в борьбе с псевдопероноспорозом / М. А. Санин, Н. Г. Ковтун, А. П. Боровой // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1988. – Вып. 10: Хмелеводство. – С. 48-50.
228. Сафроновская, Г. М. Действие йода, марганца и цинка на урожайность и качество сельскохозяйственных культур при различной кислотности дерново-подзолистой суглинистой почвы: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04/ Г. М. Сафроновская; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-исслед.ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 20 с.
229. Сборник справочных материалов по агрохимическому обслуживанию агропромышленных предприятий Республики Беларусь / Управление сельского хозяйства и продовольствия Копыльского райисполкома; сост. В. Н. Босак. – Копыль, 1998. – 80 с.
230. Селевцова, Г. А. Некоторые результаты изучения эффективности меди и цинка в составе удобрений в геосети опытов НИУИФ / Г. А. Селевцова и [и др.] // Агрохимия. – 1987. – № 6. – С. 55-64.
231. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / М-во статистики и анализа Респ. Беларусь. – Минск, 2008. – 147 с.

232. Сергеев, А. С. Посадочный материал / А.С. Сергеев // Учебная книга хмелевода. – Чебоксары, 1975. – С. 53-57.
233. Содержание меди в почвах и урожае сельскохозяйственных культур и эффективное использование медных удобрений / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 2. – С. 121-127.
234. Содержание подвижных форм микроэлементов в почве и баланс их при внесении микроудобрений / З. С. Ковалевич [и др.] // Агрохимия. – 1988. - № 8. – С. 82-88.
235. Соколова, Е. И. Системные фунгициды и ментеновые соединения в борьбе с ложной мучнистой росой на хмеле / Е. И. Соколова, Л. А. Антипова, В. В. Анисимов // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 26-29.
236. Солодюк Г. Д. Некоторые биохимические факторы устойчивости хмеля против тли / Г. Д. Солодюк, Н. И. Ляшенко, Л. В. Романенко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 29-31.
237. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
238. Судас, А.С. Выращивание хмеля на загрязненных радионуклидами землях как перспективное направление переспециализации сельскохозяйственного производства / А.С. Судас, И.А. Лозюк // Соц.-эк. проблемы развития региона Белорусского Полесья: материалы Междунар. науч.-практ. конф.; Пинск, 7-8 февраля 2002 г. – Минск : БГЭУ, 2002. – С. 113-115.
239. Татаринцева, Л. Е. Чередование препаратов в борьбе с хмелевой тлей в условиях Брянской области / Л. Е. Татаринцева, К. В. Макаренко // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 33-36.
240. Технология переработки пивного сусла : учеб. пособие для вузов / Т. В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, П. Е. Баланов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 224 с.

241. Технология переработки продукции растениеводства : учеб. для вузов / Н. М. Личко [и др.]; под ред. Н. М. Личко. — Москва : Колос, 2008. - 616 с.
242. Титова, Е. Н. Влияние минеральных удобрений на качество хмеля / Е. Н. Титова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. — Киев, 1982. — Вып. 4: Хмелеводство. — С. 28-31.
243. Титова, Е. Н. Внесение высоких норм минеральных удобрений под хмель в условиях черноземов выщелоченных / Е. Н. Титова, Ю. И. Красновский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. — Киев, 1981. — Вып. 3: Хмелеводство. — С. 26-29.
244. Титова, Е. Н. Фосфатный режим почвы хмельников при внесении высоких норм минеральных удобрений / Е. Н. Титова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. — Киев, 1981. — Вып. 3: Хмелеводство. — С. 29-35.
245. Титова, Е. Н. Эффективность подкормки хмеля минеральными удобрениями / Е. Н. Титова // ТР, РНИХС. — Чебоксары, 1976. — Вып. 6. — С. 79-84.
246. Тихомиров, В. Г. Технология и организация пивоваренного и безалкогольного производства : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / В. Г. Тихомиров. — Москва : КолосС, 2007. — 461 с.
247. Уманец, А. М. Анализ динамики затрат труда на производстве хмеля / А. М. Уманец // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. — Киев, 1979. — Вып. 11: Хмелеводство. — С. 40-43.
248. Уманец, А. М. Исследование аппарата для срезки стеблей хмеля при машинной уборке урожая / А. М. Уманец, В. А. Маложеч // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. — Киев, 1982. — Вып. 4: Хмелеводство. — С. 59-63.
249. Уманец, А. М. Разработка средств механизации, системы машин для хмелеводства и перспективы их развития / А. М. Уманец, В. Г. Ковалев // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. — Киев, 1988. — Вып. 10 : Хмелеводство. — С. 50-55.

250. Учебная книга хмелевода / А. С. Сергеев [и др.]; под общ. ред. А. С. Сергеева. – Чебоксары, 1975. – 208 с.
251. Фараджева, Е.Д. Прогрессивные методы интенсификации технологических процессов пивоварения: учеб. пособие / Е. Д. Фараджева, В. А. Федоров. – Воронеж : Воронеж. гос. технол. акад., 2007. – 197 с.
252. Федоренко, Б. Н. Инженерия пивоваренного солода: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Федоренко. – Санкт-Петербург : Профессия, 2004. – 248 с.
253. Фертман, Г. И. Справочник для работников лабораторий / Г. И. Фертман, Л.В. Муравицкая / Москва, 1982. – 208 с.
254. Хайн, Ю. М. Повышение эффективности хмелеводства на основе его интенсификации / Ю. М. Хайн // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6: Хмелеводство. – С. 41-46.
255. Хмель и хмелевые препараты в пивоварении / И. С. Ежов [и др.]; под общ. ред. И. С. Ежова – Москва: Лег. и пищ. пром., 1982. – 157 с.
256. Цинк в почвах и питание растений цинком / Ш. З. Мамитов [и др.] // Агрохимия. – 1987. – № 4. – С. 107-116.
257. Цыганов, А.Р. Экологические проблемы агрохимии: учеб.-метод. пособие / А. Р. Цыганов, И. Р. Вильдфлуш, Т. Ф. Персикова. – Минск: Учеб.-метод. центр М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, 1997. – 74 с.
258. Цыганок, В. Н. Многофакторный корреляционно-регрессионный анализ повышения производительности труда в хмелеводстве / В. Н. Цыганок // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9 : Хмелеводство. – С. 51-54.
259. Цыганок, В. Н. Научно-технический прогресс и повышение эффективности труда в хмелеводстве / В. Н. Цыганок // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 50-54.
260. Цыганок, В. Н. Трудоемкость хмелеводства и факторы ее снижения / В. Н. Цыганок // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6 : Хмелеводство. – С. 46-50.

261. Чумаченко, И. Н. Применение микроудобрений / И. Н. Чумаченко // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 1. – С. 38-40.
262. Чумаченко, И. Н. Физиологическая роль микроэлементов в питании растений / И. Н. Чумаченко // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 11. – С. 30-32.
263. Шабранский, А. С. Влияние меди на некоторые физиолого-биохимические процессы, урожай и качество хмеля / А. С. Шабранский, Л. Ф. Таран, Л. Л. Герасимова // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6 : Хмелеводство. – С. 19-21.
264. Шабранский, А. С. О возможности подготовки почвы под весеннюю обрезку хмеля с осени / А. С. Шабранский, А. Б. Остроменский, В. М. Шуляр // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1986. – Вып. 8: Хмелеводство. – С. 19-21.
265. Шабранский, А. С. О сроках осенней обрезки главных корневищ хмеля / А. С. Шабранский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1984. – Вып. 6 : Хмелеводство. – С. 8-12.
266. Шабранский, А. С. Реакция сорта Сильный на сроки обрезки главных корневищ / А. С. Шабранский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 11: Хмелеводство. – С. 18-22.
267. Шабранский, А. С. Эффективность применения микроэлементов под хмель / А. С. Шабранский, Г. В. Оссовская // Совершенствования технологии выращивания технических культур в Полесье и Лесостепи УССР: учеб. пособие / А. С. Шабранский. – Житомир, 1985. – С. 94-98.
268. Шевчук, Н. Ч. Влияние площадей питания и способов формирования кустов на продуктивность хмеля в условиях республики Алтай: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: К120.01.02 / Н. Ч. Шевчук; Алтайский госуд. аграр. ун-т. – Барнаул, 1995. – 17 с.
269. Шуляр, В. М. Изучение возможности самозаводки хмеля / В. М. Шуляр // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12: Хмелеводство. – С. 30-33.

270. Шуляр, В. М. О сроках посадки хмеля / В. М. Шуляр, В. Д. Дзингилевский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1982. – Вып. 4: Хмелеводство. – С. 8-11.
271. Шуляр, В. М. Продуктивность молодых насаждений и качество шишек хмеля в зависимости от свойств сортов, способов посадки и удобрения / В. М. Шуляр // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1985. – Вып. 7: Хмелеводство. – С. 7-10.
272. Щербин, В. К. Комплексный науковедческий анализ деятельности Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в 1991-2006г.г. / В. К. Щербин. – Минск: Право и экономика, 2008. – 241с.
273. Щетинина, Л. Л. Влияние удобрения бором на урожай, качество шишек, содержание и вынос бора хмелем / Л. Л. Щетинина, Н. Г. Альшевский, Л. Х. Корчева // Микроэлементы в окружающей среде: науч. тр. / Наукова думка; под ред. Власюка П. А. – Киев, 1980. – С. 172-178.
274. Экономическая оценка выращиваемых в республике сельскохозяйственных культур / Рекомендации БелНИИЭИ АПК; ред. кол.: В. В. Валув [и др.]. – Минск, 1999. – С. 20-22.
275. Юрковский, И.М. Разработка технологии выращивания саженцев хмеля с закрытой корневой системой : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.14 / И.М. Юрковский; Укр. с.-х. акад. – Киев, 1987. – 24 с.
276. Юрковский, И. М. Эффективность использования различного исходного материала при выращивании саженцев с закрытой корневой системой / И. М. Юрковский // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1987. – Вып. 9: Хмелеводство. – С. 7-11.
277. Юрьев, В. И. Комплексная механизация возделывания хмеля / В. И. Юрьев, В. А. Якунин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Ежемес. теор. и науч.-практич. журн. – Москва, 2003. – № 10. – С. 10-12.
278. Якимов, А. С. Жаростойкость хмеля обыкновенного и условия микроклимата при зеленом черенковании / А. С. Якимов, И. Н. Котович // Сб. науч. тр. / Н.-и. и проект.-

- технолог. ин-т хмелеводства. – Киев, 1979. – Вып. 12 : Хмелеводство. – С. 15-18.
279. Якимов, А.С. Разработка технологии укоренения зеленых черенков хмеля с использованием различных видов полиэтиленовых пленок в условиях Чувашской АССР : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09 / А.С. Якимов; Всесоюзный с.-х. ин-т заочного образования. – Москва, 1988. – 18 с.
280. Ярошинская, О. С. Мировой рынок производства альфа-кислот / О.С. Ярошинская // Агрэономика. –2004. – №.7. – С.38-40.
281. Ярошинская, О. С. Оценка современного состояния и экономической эффективности развития хмелеводства в Республике Беларусь / О.С. Ярошинская // Аграрная экономика. – 2006. – №. 1. – С.44-45.
282. Ярошинская, О. С. Организационно-экономическая структура национальных рынков хмеля / О. С. Ярошинская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: Сб. науч. тр. / УО "Гроднен. гос. аграр. ун-т". – Гродно, 2004. – Т. 3, Ч. 1: Экономические науки. – С. 15-16.
283. Ярошинская, О. С. Основные направления развития хмелеводства в Республитке Беларусь / О. С. Ярошинская // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 27-28 нояб. 2003 г. / Гомельский ин-т им. П. Сухого. – Гомель, 2003. – С. 198-199.
284. Ярошинская, О. С. Основные тенденции развития мирового рынка хмеля / О. С. Ярошинская // Агрэономика: Ежемес. информ. бюл. БелНИИ экон. и информ. АПК по вопр. рын. отнош. – Минск, 2004. – № 3. – С. 31-32.
285. Ярошинская, О. С. Оценка современного состояния и основные подходы к развитию хмелеводства в Республике Беларусь / О. С. Ярошинская // Warunki rozwoju obszarow wiejskich. – Wroclaw, 2005. – P.140-149.
286. Ярошинская, О. С. Некоторые аспекты развития хмелеводства в Республике Беларусь / О. С. Ярошинская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр.

- Гродно, 2003 г. / УО „Гроднен. гос. аграр. ун-т”. – Гродно. – 2003. – С.121-124.
287. Ярошинская, О. С. Роль и значение производственной контрактации в организационно-экономической структуре хмелеводческой отрасли / О. С. Ярошинская // Хозяйствующий субъект: новое экономическое состояние и развитие: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Ярославль, 2003. – С. 52-54.
288. Ярошинская О. С. Рынок хмеля в Республике Беларусь: проблемы и перспективы развития // Стратегічний розвиток регіону - економічне зростання та інтеграція: Матеріали XV Міжнар. наук.-практ. конф., 11-12 травня 2006 р. – Чернівці, 2006. – С. 229-235.
289. Ярошинская, О. С. Современное состояние и основные направления организации производства и формирования рынка хмеля в Республике Беларусь // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2005. – № 5. – С. 54-56.
290. Ярошинская, О. С. Современное состояние и основные направления развития отрасли хмелеводства в Республике Беларусь / О. С. Ярошинская // Rozwoj lokalny – wykorzystanie instrumentow unijnych i regionalnych.- Szczecin, 2005. – P. 229-236.
291. Ярошинская, О. С. Современное состояние и перспективы развития национальных рынков хмеля России, Украины и Беларуси // Хозяйственный субъект: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ярославль, 9-10 дек., 2003 г. / Ярославский ун-т им. П. Демидова. – Ярославль, 2003. – С. 71-74.
292. Ярошинская О. С. Современное состояние и перспективы развития рынка хмеля в Республике Беларусь / О. С. Ярошинская // Warunki rozwoju obszarow wiejskich. – Wrocław, 2007. – P. 140-143.
293. Ярошинская, О. С. Мировое производство хмелепродуктов / О. С. Ярошинская // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно, 2004 г. / УО „Гроднен. гос. аграр. ун-т”. – Гродно, 2004. – С.12-14.

294. Ярошинская О. С. Сортовая структура мирового производства хмеля / О.С. Ярошинская, Ю. Г. Милоста., А. Л. Бондаренко // *Архитектура, строительство, транспортные коммуникации, аграрно-технические и аграрно-инженерные науки: Материалы VIII Респ. науч.-тех. конф. студентов и аспирантов. Минск, 9-10 декабря 2003г. – Минск, 2003. – С. 204-205.*
295. Ярошинская, О. С. Структура мирового производства хмелепродуктов / О.С. Ярошинская // *Архитектура, строительство, транспортные коммуникации, аграрно-технические и аграрно-инженерные науки: Материалы VIII Респ. науч.-тех. конф. студентов и аспирантов. Минск, 9-10 дек. 2003г. – Минск, 2003. – С. 230-231.*
296. Ярошинская, О. С. Условия и факторы, определяющие современное состояние пивоваренной отрасли Республики Беларусь / О. С. Ярошинская // *Сельское хозяйство . — проблемы и перспективы: сб. науч. тр. . – Гродно, 2003 г. // УО „Гроднен. гос. аграр. ун-т”. – Гродно, 2003. – С.130-132.*
297. АСТА Entomologica Lituania / Vilnius: Academia. – 1993. – Vol. 11. – P. 114-116.
298. Agriculture in the United Kindom. – London: HMSO, 1992. – P. 29-30.
299. Anon, A. Hopfen-Rundschau / A. Anon // *Wolncach. – 1991. – Т. 42. – № 3. – P. 28-31.*
300. Diener, H. Arzneipflanzen und Drogen / H. Diener // *Leipzig. – 1989. – P. 150-151.*
301. Dwornikiewicz, J. Plon glowny i uboczny oraz zawartosc skladnikow pokarmowych w roslinach chmielu / J. Dwornikiewicz // *Pulawy. – 2006. – P. 75-83.*
302. Dwornikiewicz, J. Pobranie skladnikow pokarmowych przez chmiel / J. Dwornikiewicz // *Pulawy. – 2006. – P. 83-91.*
303. Dwornikiewicz, J. Regionalizacja produkcji chmielu w Polsce / J. Dwornikiewicz // *Pulawy. – 2002. – P. 125-135.*
304. Dwornikiewicz, J. Uscislenie norm nawozenia chmielu w oparciu o pobranie skladnikow i wspolczynniki bilansowe / J. Dwornikiewicz // *Pulawy. – 2007. – P. 76-83.*
305. Hackl, R. Der Hopfen. / R. Hackl // *Deutscher Bauernfertrag. – 1955. – P. 136.*

306. Hopfen. Anbau. Sorten. Dungung. Pflanzenschutz. Ernte / Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. – 2005.
307. Kettner, L. Hallertauer Hopfenbau / L. Kettner . – Mainburg, 1976. – P. 67.
308. Kohlmann, H. Der Hopfen / H. Kohlmann, A. Kastner // Wolnzach. – 1975.– P. 14.
309. Koren, J. Zavlaha a vyziva chmele jako stabilizacni factor vynosu / J.Koren // Zatec, 2001. – Chmelarstvi 4. – P. 25-29.
310. Matatko, J. Nitrozinek – nove kapalne hnojivo pro chmel / J. Matatko // Galia M., 1988. – T. 61, № 12. – P. 179-181.
311. Matatko, J. Pudni zasobenost zakladnimi zivinami je jednim z rozhodujicich cinitelu vynosu chmele / J. Matatko, J. Ceska // Zatec, 2001. – Chmelarstvi 1. – P. 11-12.
312. Migdal, J. Atlas polskich odmian chmielu / J. Migdal // Pulawy, 1999. – P. 33.
313. Migdal, J. Poradnik plantatora chmielu / J. Migdal // Pulawy: IUNG, 1996. – P. 315.
314. Rybacek, V. Chmelarstvi / V. Rybacek // Praha: Statni Zemedelske Nakladatelstvi, 1980. – P. 174-178.
315. Sonderkultur Hopfen. – Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Land- wirtschaft und Forsten, 2000. – P. 104.
316. Sugier, D. // Evaluation of the macro-element nutritional state of hops on the basis of the chemical analyses of leaves and soil / D. Sugier, C. Szewczuk // Lublin, 2002. – University of Agrikulture. – P. 87-96.
317. Szewczuk, Cz. Nawozenie chmielnikow na podstawie zasobnosci gleby / Cz. Szewczuk, D. Sugier // Biul. Chmiel. 9 – 2005. – P. 2-3.
318. Szewczuk, Cz. Ocena stanu odzywienia roslin chmielu na podstawie plonow szyszek oraz analiz chemicznych lisci i gleby / Cz. Szewczuk // Lublin: Rozpr. Nauk, 1988. – P. 110.
319. Szewczuk, Cz. Wyniki badan oraz propozycje zmian w nawozeniu chmielu / Cz. Szewczuk, D. Sugier // Annales UMCS. – 2004. – Sec. E. 59 (2): P. 621-629.
320. World fertilizer use manual. Hops (*Humulus lupulus L.*) [Electronic resource] / G. Rossbauer <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/hops.htm>. 20.03.2007.

321. Jarosinska, O.C. Rynek chmielu na Bialorusi – problemy i perspektywy rozwoju / O.C. Jarosinska // Wybrane problemy rozwoju obszarow wiejskich, red. nauk. Plichta M. – Siedlce, 2005. – P. 300-306.
322. Zaorski, T. Zarys dziejow chmielarstwa polskiego / T. Zaorski. – Pulawy: IUNG, 2002. – 136 p.
323. Chmielarskie ABC / Pod red. J.Migdal / IUNG. – Pulawy: IUNG, 1995. – 70s.
324. Венгер, В. М. Динаміка розвитку та шкодо чинність основних шкідників та хвороб хмелю, прогноз появи їх на хмільниках України та заходи захисту рослин / В. М. Венгер // Хмелярство : Міжвідомчий тем. наук. зб. – 2005. – № 22. – С. 79-89.
325. Венгер, В. М. Захист хмелю від шкідників, хворо та бур' янів : Начальний посібник / В. М. Венгер, О.П. Боровий [ и др.]. – Київ, 2004. – С. 91.
326. Венгер, В.М. Особливості технології сучасного вирощування та захисту хмелю / В.М. Венгер, О.М. Лапа [ и др.] / Українська Академія аграрних наук. – Київ, 2006. – 96 с.
327. Венгер, В. М. Проблеми та перспективи захисту хмелю / В. М. Венгер, Н. А. Лукашевич, О. О. Венгер // Хмелярство : Міжвідомчий тем. наук. зб. – 2006. – № 23. – С. 103-107.
328. Венгер, О.В. Контролювання бур' янів у хмеленасадженнях / О. В. Венгер // Хмелярство : Міжвідомчий тем. наук. зб. – 2005. – № 22. – 72-78.
329. Вітковський, В. С. Удосконалення деяких методів випробування хмелю / В. С. Вітковський, О. О. Стаде // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 2004. – Вып. 21: Хмелярство. – С. 90-93.
330. Годованій, А. О. Агроєкологічна оцінка використання добрив під хміль / А. О. Годованій // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1996. – Вып. 18: Хмелярство. – С. 50-59.
331. Годованій, А. О. Вплив локального внесення нітроамфоски під хміль на міграцію елементів живлення із місця їх внесення по профілю ґрунту / А. О. Годованій, В. М. Ющенко, В. И. Вержбицький // Зб. наук. пр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вып. 13: Хмелярство. – С. 36-38.

332. Годований, А. О. Науково-дослідні розробки з удобрення хмелю / А. О. Годований, Г. Ю. Колос, Л. Х. Корчева // Сб. науч. тр. / Аграрна наука. – Київ, 1995. – Хмелярство України. – С. 20-28.
333. Елісеев, А. М. Вплив посадкових якостей черенків на вихід та якісь сажанців хмелю / А. М. Елісеев // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вип. 13: Хмелярство. – С. 20-23.
334. Елісеев, А. М. Вплив способів основної підготовки ґрунту під закладку хмельових шкілок на ріст і розвиток саджанців хмелю // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вип. 13 : Хмелярство. – С. 17-20.
335. Інструкція з апробації сортових маточних насаджень і садивного матеріалу хмелю: затв. НТР Міністерства аграрної політики України 10. 02. 2005. – Київ, 2005. – 32 с.
336. Колос, Г. Ю. Потреба хмелю в макро- та мікроелементах залежно від ґрунтових умов / Г. Ю. Колос, Л. Х. Корчева // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1995. – Вип. 17: Хмелярство. – С. 17-23.
337. Корчева, Л. Х. Вміст макро- та мікроелементів у різних типах ґрунтів плодоносних насаджень хмелю / Л. Х. Корчева, Г. Ю. Колос, Г. М. Севрук // Зб. наук. тр. / Н.-д. і проект.-технолог. ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вип. 13: Хмелярство. – С. 23-29.
338. Кулініч, М. А. Випробування сортів хмелю в Луганській області / М. А. Кулініч, М. Я. Місяченко, О. В. Журавльова // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1999. – Вип. 20: Хмелярство. – С. 10-14.
339. Кулініч, М. А. Прискорений метод добору селекційного матеріалу по урожаю / М. А. Кулініч, Е. П. Михайліченко Е. П. // Зб. Наук. Тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вип. 13 : Хмелярство. – С. 3-6.
340. Куровський, И. П. Хміль / И. П. Куровський, В. В. Зіновчук // Технічні культури: учеб. пособие. – Київ, 1982. – С. 113-145.
341. Лінецька Г. М. Якісь і технологічна оцінка ароматних і гірких сортів хмелю / Г. М. Лінецька, Л. В. Будко, М. М. Ко-

- жухар // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вип. 13 : Хмелярство. – С. 6-10.
342. Ляшенко, Н. І. Особливості складу ароматичних і гірких сортів хмелю / М. І. Ляшенко // Зб. наук. тр. / Н.-д. і проект.-технолог. ін-т хмелярства. – Київ, 1992. – Вип. 14: Хмелярство. – С. 11-16.
343. Медвідь, А. Л. Визначення фенолкабонових кислот як складової частини поліфенольних речовин шишок хмелю методом іоноексклюзійної хроматографії / А. Л. Медвідь // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1994. – Вип. 16: Хмелярство. – С. 40-43.
344. Мельничук, М.Д. Технологія прямої *in vivo* адаптації клонованих *in vitro* рослин хмелю (*humulus lupulus*) / М.Д. Мельничук, А.Л. Бойко [ і др.]: Методичні рекомендації, Каб. Міністрів Укр., Нац. агр. ун-т. – Київ, 2008. – 13 с.
345. Мігдал, Ю. У. Польський хміль: історія і сучасність / Ю. Мігдал // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1997. – Вип. 17: Хмелярство. – С. 50–54.
346. Мігдал, Ю. У. Удобрення хмелю у Польщі / Ю. Мігдал // Зб. наук. тр. / Н.-д. і проект.-технолог. ін-т хмелярства. – Київ, 1993. – Вип. 15: Хмелярство. – С. 48–51.
347. Науково-технічні розробки інституту, які пропонуються для впровадження в господарствах Поліської зони України в 2007-2010 роках / Українська Академія аграрних наук [и др.]. – Житомир, 2007. – 12 с.
348. Остроменський, О. Б. Наукові розробки з агротехніки / О. Б. Остроменський, А. С. Шабранський, В. М. Шуляр // Сб. науч. тр. / Аграрна наука. – Київ, 1995. – Хмелярство України. – С. 16-19.
349. Севрук, Г. М. До методики агрохімічного обстеження хмільників / Г. М. Севрук, Л. Х. Корчева, Г. Ю. Колос // Зб. наук. тр. / Н.-д. і проект.-технолог. ін-т хмелярства. – Київ, 1993. – Вип. 15: Хмелярство. – С. 13-17.
350. Стецюк, О. П. Вектор екологічних процесів в екосистемі хмільників / О. П. Стецюк и др. // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1997. – Вип. 22: Хмелярство. – С. 59-67.

351. Хмелярство України: сб. науч. ст. / Українська Академія аграрних наук, Інститут хмелярства. – Житомир, 1995. – 86 с.
352. Хміль подрі не саджати, а вирощувати // Агрополітика. – 2007. – № 37. – С. 8-9.
353. Якімов, А. А. Вплив умов зовнішнього середовища і мікроклімату на біохімічні зміни в зелених живцях хмелю (*Humulus lupulus* L) при вкоріненні під покриттям різноманітними плівками // Зб. наук. тр. / Ін-т хмелярства. – Київ, 1991. – Вип. 13: Хмелярство. – С. 12-17.

## Содержание

<b>Введение</b> .....	3
<b>1. Состояние производства хмеля в зарубежных странах и Республике Беларусь</b> .....	5
1.1. Исторические аспекты возделывания хмеля в мировом растениеводстве.....	5
1.2. Состояние производства хмеля в Республике Беларусь.....	10
<b>2. Систематика, морфология и биология хмеля</b> .....	15
2.1. Ботаническая систематика.....	15
2.2. Морфологические особенности хмеля.....	16
2.2.1. Строение и функции подземных органов.....	16
2.2.2. Строение и функции надземных органов.....	17
2.2.3. Генеративные органы хмеля.....	20
2.3. Биологические особенности хмеля.....	21
2.3.1. Этапы органогенеза развития растений хмеля.....	21
2.3.2. Влияние условий внешней среды на рост и развитие хмеля.....	24
2.3.3. Особенности роста и развития хмеля в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь.....	26
2.3.4. Динамика накопления надземной биомассы хмеля и особенности формирования его листовой массы.....	30

<b>3. Химический состав шишек хмеля и оценка продуктивности сортов</b> .....	33
3.1. Химический состав шишек хмеля.....	33
3.2. Классификация сортов хмеля по химическому составу.....	35
3.3. Оценка продуктивности сортов в почвенно-климатических условиях западного региона Республики Беларусь .....	37
<b>4. Закладка плантации хмеля</b> .....	47
4.1. Размещение хмельника.....	47
4.2. Подготовка почвы для плантации.....	48
4.3. Получение посадочного материала.....	49
4.3.1. Заготовка стеблевых и корневищных черенков.....	50
4.3.2. Получение укорененных саженцев.....	51
4.4. Посадка хмеля.....	56
4.5. Уход за хмелем в первый год после посадки.....	57
<b>5. Агротехнические мероприятия по уходу за плодоносящей плантацией хмеля</b> .....	59
5.1. Весенние полевые работы на хмельнике.....	59
5.1.1. Весенняя обработка почвы.....	59
5.1.2. Обрезка корневищ хмеля.....	60
5.1.3. Закрепление поддержек для побегов хмеля.....	65
5.1.4. Направление (заводка) растений на поддержки.....	66
5.1.5. Густота посадки и площадь питания.....	67
5.2. Работы в летний период.....	68
5.2.1. Обработка почвы в междурядьях.....	68
5.2.2. Пасынкование растений.....	69
5.2.3. Обрезка боковых побегов.....	70
5.3. Полевые работы после уборки хмеля.....	71
<b>6. Система удобрения хмеля</b> .....	75
6.1. Особенности применения удобрений при возделывании хмеля.....	75
6.2. Дозы внесения минеральных удобрений.....	78
6.3. Особенности применения азотных удобрений.....	98
6.4. Применение микроудобрений.....	104
6.5. Известкование почвы.....	114
6.6. Применение комплексных удобрений при возделывании хмеля.....	119
<b>7. Защита хмеля от болезней, вредителей и сорной растительности</b> .....	128

7.1. Экологические факторы, влияющие на развитие болезней, вредителей, сорняков.....	128
7.2. Прогнозирование развития болезней и вредителей.....	134
7.3. Болезни хмеля и применение фунгицидов.....	134
7.3.1. Грибные болезни.....	136
7.3.2. Бактериальные болезни.....	149
7.3.3. Вирусные болезни.....	149
7.3.4. Вироидные болезни.....	152
7.3.5. Неинфекционные болезни.....	153
7.4. Вредители хмеля и применение инсектицидов.....	156
7.4.1. Вредители, повреждающие надземную часть хмеля.....	156
7.4.2. Вредители, повреждающие подземные органы хмеля.....	167
7.5. Защита хмеля от сорной растительности.....	170
7.6. Методы защиты растений хмеля от вредных объектов и их особенности.....	187
<b>8. Уборка и переработка хмеля.....</b>	<b>192</b>
8.1. Сроки и способы уборки хмеля.....	192
8.2. Технология сушки хмеля, переработка сухого хмеля, упаковка.....	194
<b>9. Качество продукции в зависимости от почвенных условий, применения удобрений и элементов агротехники.....</b>	<b>195</b>
9.1. Химический состав и вынос элементов минерального питания.....	195
9.2. Технологические показатели качества шишек хмеля для пивоваренной промышленности в зависимости от сроков уборки и элементов агротехники.....	200
9.3. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами на показатели качества пива.....	208
9.4. Антимикробная активность водных настоев шишек хмеля в зависимости от системы удобрения.....	215
<b>10. Экономика производства хмеля.....</b>	<b>225</b>
10.1 Производство хмеля и хмелепродуктов в ведущих зарубежных странах.....	225
10.2. Экономическая эффективность производства хмеля в Республике Беларусь.....	234
<b>Заключение.....</b>	<b>237</b>
<b>Список использованных источников.....</b>	<b>246</b>

Научное издание

**Милоста** Генрих Марьянович  
**Лапа** Виталий Витальевич

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ВЫРАЩИВАНИЯ ХМЕЛЯ  
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Монография

Компьютерная верстка: Г.М. Милоста

Подписано в печать 14.02.2010 г.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать Riso. Усл. печ. л. 16,62. Уч.-изд.л. 15,78.  
Тираж 150 экз. Заказ № 2186

Учреждение образования  
«Гродненский государственный аграрный университет»  
Л.И. № 02330/0548516 от 16.06.2009.  
230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28.

Отпечатано на технике издательско-полиграфического отдела  
Учреждения образования «Гродненский государственный  
аграрный университет».  
230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28.

