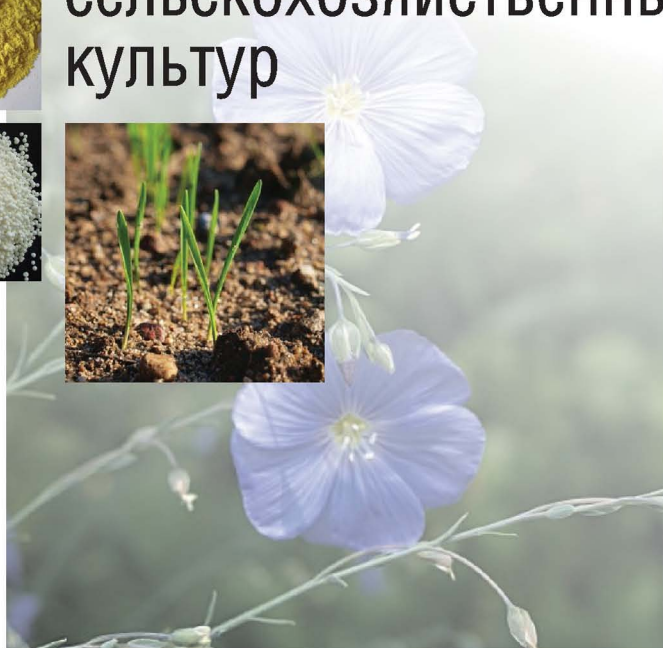




Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур



УДК 631.8:631.5

Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с. – ISBN 978-985-08-1353-4.

Приведены результаты изучения физиологической роли микроэлементов и биологически активных веществ, дана характеристика микроудобрений и регуляторов роста, обобщены результаты исследований, изучающих влияние микроудобрений, биологически активных веществ и комплексных препаратов на их основе на продукционные процессы, урожайность и качество озимых и яровых зерновых культур, гороха, картофеля, кукурузы, сахарной свеклы, ярового и озимого рапса, льна.

Предназначена для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов высших учебных заведений и слушателей ФПК. Будет полезной для специалистов, фермеров и руководителей сельскохозяйственных предприятий.

Табл. 109. Библиогр.: 247.

Р е ц е н з е н т ы:

академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор И. М. Богдевич;
доктор сельскохозяйственных наук Ф. И. Привалов

ISBN 978-985-08-1353-4

© Оформление. РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2011

ВВЕДЕНИЕ

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в процессах жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [1, 2]. На почвах с низким содержанием микроэлементов внесение микроудобрений может повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10–15 % и более. Микроудобрения существенно улучшают качество растениеводческой продукции, так как они положительно влияют на накопление белков и углеводов [2, 3]. Микроэлементный состав растениеводческой продукции – важный показатель биологической ценности.

Интенсификация земледелия усиливает потребность в использовании микроудобрений в сельском хозяйстве. Это связано с ростом урожайности сельскохозяйственных культур, использованием новых высокопродуктивных сортов, имеющих интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая микроэлементы [2].

Ранее широко применялось непосредственное внесение микроудобрений в почву до посева сельскохозяйственных культур. Однако при этом вносятся повышенные дозы микроэлементов, что затратно с экономической точки зрения. К тому же, ряд микроэлементов является тяжелыми металлами и внесение их в повышенных дозах небезопасно для окружающей среды. Обработка семян микроудобрениями улучшает питание растений микроэлементами только в период их роста и развития.

Как показывают исследования, наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки [3]. Подкормки микроэлементами проводятся, когда растения ощущают в них максимальную потребность. Иногда ставится под сомнение положительное влияние некорневой подкормки удобрениями из-за малых доз внесения. Однако концентрация удобрений в почве при традиционном способе внесения, даже при больших дозах, меньше концентрации рабочих растворов при некорневой подкормке.

Применение больших доз азотных удобрений уменьшает доступность к растениям меди и молибдена, фосфорных – цинка, калийных – бора. Известкование затрудняет доступность многих микроэлементов [2].

В настоящее время наряду с простыми солями стали широко применяться органо-минеральные и хелатные соединения микроэлементов [4, 5]. Комплексоны металлов поступают в растения из почвы через листья (при некорневых подкормках) без изменений и только в растении происходит их разрушение и переход микроэлементов в метаболиты растительных тканей. Внесение микроудобрений в виде комплексонов меди, цинка и других микроэлементов позволяет повысить урожайность зерновых на 10–23 % по сравнению с простыми солями. В ряде случаев в почвах наблюдается низкое содержание нескольких микроэлементов и большой интерес представляет применение комплексных микроудобрений, содержащих несколько микроэлементов в хелатной форме.

Следует отметить, что почвы Беларуси в недостаточной мере обеспечены бором, медью, цинком, молибденом, другими микроэлементами и остро нуждаются во внесении микроудобрений. Так, по содержанию подвижных форм бора 71,5 % пахотных почв относятся к I и II группе по обеспеченности, меди – 91,6 %, цинка – 91,5 %. Эффективное и безопасное применение микроудобрений возможно лишь с учетом содержания соответствующих микроэлементов в почвах. Медь, цинк и другие микроэлементы относятся

к тяжелым металлам и увеличение их содержания в почвах должно быть умеренным, не превышающим соответствующих пороговых значений. Поэтому дозировки микроудобрений и равномерность их внесения имеют первостепенное значение.

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство высоких энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста растений. Управление ростом и развитием при помощи регуляторов роста в настоящее время приобретает актуальное значение в связи с тем, что позволяет существенно повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: высоким и низким температурам, недостатку влаги, поражаемости болезнями и вредителями [6]. Их применение дает возможность направленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме, полнее реализовывать потенциальные возможности сорта, заложенные в геноме природой и селекцией. На современном этапе развития сельскохозяйственного производства ставится задача в любых погодных условиях получать устойчивые урожаи. Большая роль в повышении продуктивности и улучшении качества сельскохозяйственных культур принадлежит биологически активным веществам.

Повысить эффективность применения микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые эффективны в любых почвенно-агрохимических условиях и хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом первостепенное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (Экосил, гуматы и др.), которые имеют преимущества, поскольку они свободно включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [7]. В последнее время широкое распространение получили комплексные препараты на основе микроудобрений и регуляторов роста растений.

Авторы настоящей монографии, используя собственные исследования и экспериментальные исследования других авторов, обобщили данные по влиянию микроудобрений, биологически активных веществ на продукционные процессы, урожайность и качество основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Беларуси. Большое внимание уделено новым формам однокомпонентных и комплексных микроудобрений в хелатной и органо-минеральной форме, а также комплексным препаратам на основе микроэлементов и биологически активных веществ. В монографии дана экономическая и энергетическая оценка применения микроудобрений, регуляторов роста и комплексных препаратов на их основе. Научно обоснованная система комплексного применения макро- и микроудобрений, биологически активных веществ позволяет получать высококачественную растениеводческую продукцию, повысить экономическую и энергетическую эффективность использования средств химизации.

1. ЗНАЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Микроэлементы – это необходимые элементы питания, находящиеся в растениях в тысячных-стотысячных долях процента. Растения не могут полноценно развиваться без микроэлементов. Микроэлементы входят в состав важнейших физиологически активных веществ и участвуют в процессах синтеза белков, углеводов, витаминов, жиров. Под влиянием микроэлементов улучшается процесс фотосинтеза, транспорта ассимилятов, происходит процесс фиксации атмосферного азота и восстановления нитратов в растениях. Они положительно влияют на развитие семян и их посевные качества. Под влиянием микроэлементов растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям атмосферной почвенной засухи, пониженным и повышенным температурам, поражению вредителями и болезнями [1, 2]. В результате применения микроэлементов в некоторых случаях удается сократить сроки созревания сельскохозяйственных культур.

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Причем это важно не только для роста урожая, но и повышения качества продукции растениеводства и животноводства. Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая и микроэлементы.

Интенсификация земледелия усиливает потребность в микроэлементах. Это связано с ростом урожайности сельско-

хозяйственных культур и увеличением выноса ими микроэлементов. Потребность в микроудобрениях растет и в связи с ростом применения концентрированных минеральных удобрений, лучше очищенных, в которых микроэлементы содержатся в незначительных количествах. Это не обеспечивает восполнение расхода микроэлементов. Снизилось в последние двадцать лет и применение органических удобрений в Беларуси, которые являются также источником микроэлементов. Особенно сильно потребность в микроудобрениях возрастает при внесении повышенных доз азота, фосфора и калия. Это связано с тем, что при внесении высоких доз фосфора уменьшается поступление цинка, калия – бора, азотных – меди, молибдена. Известкование затрудняет доступность многих микроэлементов [1, 2].

На почвах с низким содержанием микроэлементов внесение микроудобрений может существенно повысить урожайность сельскохозяйственных культур. По обобщенным данным ряда научных исследований Беларуси и России, прибавка урожайности от применения микроудобрений приведена в табл. 1. При использовании микроудобрений существенно улучшается и качество продукции, так как они положительно влияют на накопление белков и углеводов. Микроэлементный состав сельскохозяйственной продукции – важный показатель ее биологической ценности. Отклонения в содержании микроэлементов от оптимального в сторону уменьшения или увеличения имеют прямое отношение к проблеме здоровья человека и животных.

Несбалансированность элементного состава кормов и пищевых продуктов по микроэлементам приводит к нарушению минерального обмена, что является причиной и стартовым механизмом возникновения многих заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, онкологических и других. Например, первичный дефицит меди, а также неблагоприятное соотношение этого элемента с цинком приводят к биохимическим сдвигам, которые можно рассматривать в качестве факторов риска ишемической болезни сердца.

Таблица 1. Эффективность применения микроэлементов при возделывании сельскохозяйственных культур

Культура	Средняя прибавка урожайности, ц/га				
	Бор	Медь	Цинк	Молибден	Марганец
Озимая пшеница (зерно)	–	3,0–4,0	–	–	2,1
Озимое тритикале (зерно)	–	2,0–3,0	–	–	–
Озимая рожь (зерно)	–	2,0–3,0	–	–	–
Ячмень (зерно)	2,0	2,8	1,8	–	–
Яровая пшеница (зерно)	–	3,1	2,4	2,0	2,2
Овес (зерно)	–	3,2	–	–	–
Кукуруза (з/м)	49,0	53,0	58,0	51,0	–
Клевер (семена)	0,5	–	–	0,5	–
Горох (семена)	2,8	2,3	–	2,7	–
Лен (солома)	8,0	4,9	6,0	3,6	–
Картофель (клубни)	39,0	45,0	–	–	–
Сахарная свекла (корнеплоды)	37,0	36,0	–	23,0	23,7
Яровой рапс (семена)	2,1	–	–	–	–
Вика яровая (зерно)	3,4	2,0	–	2,1	–
Кормовая свекла	36,0	–	–	–	–
Люпин (семена)	–	–	–	1,4	–
Люпин (з/м)	–	–	–	30	–

Имеющиеся данные указывают на то, что необходимо обратить внимание на нормирование питания человека по содержанию цинка, меди и селена. Систематическое потребление этих микроэлементов с пищей и лекарственными препаратами в будущем станет одним из путей профилактики ишемической болезни и атеросклероза [2]. Имеются сведения о положительном влиянии кобальтовых добавок на сопротивляемость раковой агрессии.

Таким образом, содержание микроэлементов в растениеводческой продукции имеет большое значение для здоровья человека и сельскохозяйственных животных, и задача агрохимиков – с помощью микроудобрений получать продукцию с оптимальным содержанием микроэлементов.

Многочисленные эксперименты показали, что с помощью условий почвенного питания микроэлементный состав сель-

скохозяйственных культур, может быть подвергнут существенной коррекции, хотя пределы содержания микроэлементов отличаются друг от друга. Так, содержание меди, цинка, марганца в семенах зерновых и зернобобовых культур с помощью микроудобрений можно увеличить примерно в два раза. Гораздо более высокое повышение концентрации молибдена отмечено при внесении молибденовокислого аммония [2]. Очень часто в растениеводческой продукции недостает селена, который необходим для человека. Опыты с овощными культурами показали, что можно достичь обогащения овощной продукции этим элементом без снижения продуктивности.

Необходимость в некоторых случаях снижения содержания микроэлементов в растениеводческой продукции может быть достигнута путем известкования почвы. Таким образом, агрохимическими приемами можно регулировать содержание микроэлементов, доводя их до оптимального (а в определенных случаях до заданного) уровня в пищевых продуктах на основе диетологических и медицинских рекомендаций. К сожалению, химическая промышленность не удовлетворяет потребность сельского хозяйства в микроудобрениях, поэтому применение их крайне ограничено. Отсюда стоит вопрос их рационального использования. Такое использование микроудобрений, как и макроудобрений, в хозяйствах должно быть обеспечено только на основе крупномасштабных карт содержания микроэлементов в почвах хозяйств. Применение микроудобрений является важным элементом высокой культуры земледелия. Поэтому вносить их следует в первую очередь при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям с высоким уровнем планируемых урожаев, а также на почвах с низким содержанием микроэлементов [5].

Основными источниками поступления микроэлементов в почву являются материнские почвообразующие породы. Чем больше микроэлементов в материнской породе, тем, как правило, больше их в почве. В почвообразующих поро-

дах Беларуси с увеличением содержания частиц физической глины растет количество микроэлементов. Так, в моренных лессовидных суглинках содержание кобальта, хрома, стронция в 2–2,5 раза, а никеля, ванадия, титана, бария, бора, марганца в 3–4 раза больше, чем в песках. Самые высокие концентрации всех исследуемых микроэлементов, за исключением бора, характерны для озерно-ледниковых глин. Торфяно-болотные почвы бедны микроэлементами. Содержание микроэлементов увеличивается с накоплением в почве органического вещества. Внесение навоза, компостов и других органических удобрений обогащает почву не только макро-, но и микроэлементами. В настоящее время в нашей республике широко применяются такие микроэлементы, как медь, бор, цинк, молибден и марганец.

2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов [8]. Потребность в микроудобрениях также возрастает в связи с расширением применения высококонцентрированных макроудобрений, которые лучше очищены и почти не содержат примесей микроэлементов [1]. Дефицит микроэлементов в почве может служить барьером в эффективном применении макроудобрений. Объясняется это тем, что недостаток микроэлементов приводит к нарушению важнейших биохимических процессов в организме растений [1, 9].

В решение теоретических и практических вопросов, связанных с питанием растений микроэлементами, большой вклад внесли Я. В. Пейве, М. В. Каталимов, П. А. Власюк, О. К. Кедров-Зихман, М. Я. Школьник, Г. П. Дубиковский и другие ученые. Многие исследователи обращают внимание на важные для земледелия свойства микроэлементов: образовывать комплексы с нуклеиновыми кислотами, оказывать воздействие на физиологические функции рибосом, влиять на проницаемость клеточных мембран и регулировать поступление минеральных веществ в растения [10–13].

Микроэлементы создают комплексные соединения с большим количеством органических веществ и улучшают энергетическую сторону передвижения веществ [14–16]. Физиологическая роль микроэлементов заключается в том, что они принимают участие в окислительно-восстановительных

процессах, углеводном и азотном обмене, повышают интенсивность фотосинтеза, устойчивость к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды, регулируют водный режим растений [17–19]. Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах служит основой для разработки технологий применения микроудобрений в конкретных условиях. Недостаточное содержание их подвижных форм в почве зачастую является фактором, лимитирующим формирование урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции [1]. Значимость проблемы микроэлементного питания растений определяется также дефицитом микроэлементов в кормах. При научно обоснованном применении микроэлементов с учетом содержания их в почве и отзывчивости сельскохозяйственных культур прибавка достигает 10–15 %, улучшается качество продукции [3].

В настоящее время в Беларуси ведется агрохимическое картирование на содержание в почвах микроэлементов (бора, меди, цинка и марганца) [20]. Разработана группировка обеспеченности дерново-подзолистых и торфяно-болотных почв этими микроэлементами.

Запасы подвижных форм микроэлементов изменяются не только на протяжении нескольких лет, но и в течение вегетационного периода под влиянием увлажнения и других факторов. Так, по данным восьмого тура обследования, в Беларуси 53,8 % площади пашни имеют показатель рН, равный 6,1 и выше, при которой снижается подвижность меди, цинка, кобальта, марганца и других микроэлементов [5].

Медь в условиях Беларуси является одним из дефицитных элементов питания. Этим часто объясняется недобор урожая и недостаточное содержание меди в растительных кормах. С урожаем различных культур меди с 1 га выносятся 7–27 г. Оптимум ее содержания – 5–12 мг/кг сухого вещества корма [9]. Роль меди в жизни растений весьма специфична: она не может быть заменена каким-либо другим элементом или их суммой [1]. Медь входит в состав целого ряда ферментов (полифенолоксидазы, аскорбинатоксидазы,

лактазы, дегидрогеназы, тирозиназы, нитритредуктазы, гипонитритредуктазы, редуказ оксида азота и ряда других) [1, 18]. Она широко участвует в процессах дыхания, ауксиновом, азотном и углеводном обменах. В растительной клетке около 2/3 меди находится в нерастворимом, связанном состоянии. Медь поглощается как катион Cu^{++} или в форме хелатных соединений через корни и листья [21].

Медь обладает меньшей подвижностью в растениях по сравнению с другими элементами, большей частью оставаясь в тканях корней. Максимум подвижности достигается при оптимальном содержании в растительном организме. Медь всесторонне влияет на биохимические процессы в растениях, действует на азотный обмен в них. При внесении высоких доз азота потребность в меди возрастает [2]. Установлено, что в корневой среде между медью и фосфором существует антагонизм, поскольку фосфаты обладают большей способностью к адсорбции меди [22].

Рядом исследователей показано положительное действие меди на устойчивость растений к болезням, повышение засухоустойчивости и урожайности. Установлено сильное влияние меди на процесс фотосинтеза и, в частности, на образование хлорофилла и его устойчивость против разрушения. Недостаток меди вызывает задержку роста, хлороз, потерю тургора и увядание растений, задержку цветения и гибель урожая. У злаковых растений при остром дефиците меди происходит побеление кончиков листьев и не развивается колос (белая чума или болезнь обработки), у плодовых культур при недостатке меди появляется суховершинность [18, 19, 23, 24]. На некоторых осушенных торфяниках из-за недостатка меди вообще не удается получить урожай сельскохозяйственных культур.

По результатам опытов Географической сети, внесение медных удобрений на торфяно-болотных и дерново-подзолистых супесчаных почвах приводит к увеличению урожайности зерновых культур на 2–5 ц/га [18]. В Латвии от внесения медных удобрений урожайность зерновых возра-

стала на 3,2–6,5 ц, Эстонии – на 13,1 ц, в Англии – на 8,7–18,7 ц/га [12]. По данным П. И. Ансποка [1], урожайность ячменя при внесении меди возростала на 4,9–11 %, овса – на 10,2–20,1 %, яровой пшеницы – на 9,0–13,9 %.

На дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с средним содержанием подвижных форм меди некорневая подкормка яровой пшеницы 150 г сернокислой меди совместно с КАС не повышала урожайности зерна, но способствовала увеличению содержания белка в зерне на 0,4 % и сырой клейковины на 0,9 % [25–26].

Наиболее высокий эффект от микроудобрений может быть достигнут только при оптимальной обеспеченности основными элементами питания. По обобщенным данным П. И. Ансποка [1], урожайность зерна яровых зерновых (овса, ячменя, яровой пшеницы) и зернобобовых культур (гороха, вики), на дерново-подзолистых почвах с содержанием подвижной меди менее 2 мг/кг повышалась на 1,3–5,2 ц/га. При более высоком содержании меди в почве урожайность повышалось незначительно или не изменялась вообще. Более высокая эффективность медных удобрений наблюдалась в засушливые годы, так как при недостатке влаги подвижность и доступность меди снижается [1, 24].

В опытах БелНИИПА на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах урожайность зерна озимой пшеницы при применении некорневых подкормок сернокислой медью (300 г/га) возросла на 5,2 ц/га, яровой пшеницы – на 1,6 ц/га. Выше эффективность медных удобрений была в годы с засушливым вегетационным периодом [28]. Применение сульфата меди способствует и повышению содержания белка в зерне ячменя на 0,7 %, овса – на 0,6 %, яровой пшеницы – на 0,5 % [28].

Эффективность медных удобрений зависит от обеспеченности почвы подвижными формами этого элемента. Чем ниже содержание, тем выше эффективность, и наоборот. По обобщенным данным 10 опытов в Беларуси, прибавка урожайности зерна овса при применении медных удобрений при

содержании подвижной меди 0,5 мг/кг и менее на дерново-подзолистых почвах составляла 5,2 ц, 0,6–2,0 мг/кг – 2,6 ц/га и 2,1–3,0 мг/кг почвы – 1,1 ц/га. По данным 18 опытов, у ячменя прибавка урожайности зерна от применения меди при приведенных выше уровнях содержания подвижной меди составила 4,2; 2,0 и 0,4 ц/га соответственно [29]. В среднем по 51 опыту с медными удобрениями, проведенному в Германии, прибавка урожайности овса от применения меди составила 3,4 ц/га [30]. Содержание меди, по обобщенным данным, в зерновых культурах в Германии составляет 4–7 мг/кг [41]. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Тверской области России с низким содержанием меди некорневая подкормка овса медью повышала урожайность зерна на 3,8 ц/га [31].

В Беларуси нередко наблюдается недостаточное содержание меди в растительных кормах [32–37]. Первичный дефицит меди, а также неблагоприятные соотношения этого элемента с цинком приводит к биологическим сдвигам, которые можно рассматривать в качестве факторов риска ишемичной болезни сердца [38]. Учитывая, что содержание микроэлементов в растениеводческой продукции имеет большое значение для здоровья человека и сельскохозяйственных животных, перед агрохимиками стоит задача с помощью микроудобрений получать продукцию с оптимальным содержанием микроэлементов [18, 39]. Наиболее эффективным и дешевым приемом обогащения растениеводческой продукции микроэлементами являются некорневые подкормки, которые в ряде случаев позволяют оптимизировать микроэлементный состав растениеводческой продукции [40].

Медь из почвы в растения мигрирует слабо, и фитоксичность меди выше, чем цинка [42]. Максимально допустимый уровень содержания меди в зерне зерновых и зернобобовых культур – 10 мг/кг [43]. ПДУ валового содержания меди в дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почвах при $pH > 5,5$ – 100, супесчаных – 70 и песчаных – 50 мг/кг, а при $pH < 5,5$ – 80, 60 и 50 мг/кг почвы соответ-

ственно [5]. ПДУ содержания подвижных форм меди в дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почв при $pH > 5,5$ составляет 15, супесчаных – 12, песчаных – 10 мг/кг, а при $pH < 5,5$ – 12, 10 и 8 мг/кг.

Цинк широко распространен в природе и входит в состав 64 минералов, из которых наибольшее практическое значение имеют сфалерит, цинкит, смитсонит. Валовое содержание цинка в автоморфных дерново-подзолистых почвах Беларуси составляет в среднем 16,0–46,6 мг/кг почвы [2]. Средневзвешенное содержание цинка в пахотных почвах Республики Беларусь составляет 3,32 мг/кг. На пашне 57,7 % почв имеют слабую обеспеченность подвижным цинком [5].

Цинк входит в состав 40 и активирует более 200 ферментов [1, 18, 24]. По данным других ученых [27, 44, 45], цинк входит в 52 фермента, а по мнению Е. Ф. Генлецкого [46], – примерно в сто ферментов. Он принимает участие в белковом, фосфорном обмене, синтезе аскорбиновой кислоты, тиамина и ростовых веществ, повышает водоудерживающую силу растений [1, 18]. Цинк большое влияние оказывает на окислительно-восстановительные процессы, проницаемость мембран, стабилизацию клеточных компонентов и систем микроорганизмов [27]. При дефиците цинка подавляется деление клеток, накапливаются редуцирующие сахара, и уменьшается содержание сахарозы и крахмала, увеличивается накопление органических кислот, снижается содержание ауксина, нарушается синтез белка [1, 18]. Цинк поступает в растения как катион Zn^{++} или в форме хелатных соединений через корни и листья [21]. Признаком недостатка цинка у полевых культур (зерновых, фасоли) являются мелколистность, крайчатый хлороз, у кукурузы – побеление верхних листьев. Для всех растений при недостатке цинка характерна задержка роста [18, 47]. Имеются данные о влиянии цинка на утилизацию фосфора. При недостатке цинка обнаруживается высокая концентрация фосфора в растениях вследствие замедления превращения неорганических фосфатов в органические формы [18].

К группе чувствительных к цинку культур относятся кукуруза, лен, картофель, гречиха, свекла, клевер луговой; к слабочувствительным – овес, пшеница, ячмень [1, 18, 48]. Более высокая эффективность цинковых удобрений наблюдается на почвах с низким содержанием цинка и имеющих слабокислую или близкую к нейтральной реакцию.

По данным опытов Р. С. Риньке [49], внесение цинка в почву способствовало увеличению урожайности зерна овса на 2,8–4,0 ц/га или на 17,0–20,3 %. При этом возрастало и содержание сырого протеина в зерне [49].

По обобщенным данным, в различных зонах РСФСР предпосевная обработка семян цинком, вместе с протравливанием и применением пленкообразующих полимеров, способствовали увеличению урожайности зеленой массы кукурузы на 36 ц/га, зерен пшеницы и овса на 2,4 и 1,8 ц/га соответственно [50]. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со средним содержанием подвижного цинка некорневая подкормка 200 г сернокислого цинка совместно с КАС не повышала урожайность зерна яровой пшеницы, но способствовала увеличению содержания белка на 0,6 %, сырой клейковины на 1 % [25].

Бор положительно влияет на фотосинтез, углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, на оплодотворение, плодобразование и урожайность семян бобовых и других культур. Потребность в боре возрастает в период бутонизации – цветения [1, 9, 51]. Бор необходим для развития меристемы. При его недостатке нарушается синтез, превращение и передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение [1, 18]. Считается, что основная физиологическая роль бора заключается в участии в обмене ауксинов и фенольных соединений. Бор не входит в состав ферментов, но активизирует α -ауксиноксидазу и β -глюкозидазу.

Среднее содержание бора в растениях составляет 1 мг/кг массы. Бор необходим растениям на протяжении всей жизни.

Он не может реутилизироваться в растениях, поэтому при его недостатке особенно страдают молодые растущие органы. Возникают заболевания, происходит отмирание точек роста. Растения поглощают бор в форме ионов (BO_3) через корни и листья [21]. Недостаток бора вызывает поражение корнеплодов сухой гнилью и гнилью сердечка, льна – бактериозом, картофеля – паршой, у бобовых нарушается развитие клубеньков и снижается фиксация азота, замедляется рост и формирование репродуктивных органов, у плодовых культур появляется суховершинность, развивается наружная пятнистость и опробковение тканей плодов [2, 18].

Бор положительно влияет на цветение и плодоношение растений. Его присутствие необходимо для прорастания пыльцы и роста пыльцевой трубки. Он благоприятно влияет на водный режим [1, 21]. Без бора нарушается процесс созревания семян. При помощи меченых атомов установлено, что бор ускоряет передвижение фосфора из стеблей в листья. Под его влиянием повышается содержание фосфора в верхних молодых листьях и снижается в нижних. Этим в значительной степени можно объяснить положительную роль бора в синтезе и передвижении углеводов [9]. Хорошая обеспеченность растений кальцием и фосфором повышает их требовательность к обеспеченности бором. Особенно большую роль бор играет в условиях известкования кислых дерново-подзолистых почв, так как известкование уменьшает доступность бора, закрепляет его в почве и задерживает поступление в растения [1, 18]. Положительно на бор реагируют зернобобовые культуры, так как бор играет положительную роль в синтезе углеводов и необходим для нормального симбиоза между клубеньковыми бактериями и растениями. Зернобобовые выносят бора в 8 раз больше, чем зерновые [1].

Борные удобрения, по обобщенным данным П. И. Ансποка [1], повышают урожайность семян гороха на 1,0–3,6 ц/га. Наибольшая прибавка урожайности гороха получена на слабокислых и на почвах с близкой к нейтральной реакцией.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Значение микроэлементов	7
2. Физиологическая роль микроэлементов и основы применения микроудобрений	12
Борные удобрения	35
Медные удобрения	37
Цинковые удобрения.....	39
Молибденовые удобрения	41
Кобальтсодержащие удобрения.....	42
Марганцевые удобрения.....	43
Комплексные микроудобрения.....	44
3. Регуляторы роста растений	47
4. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур	59
4.1. Озимая рожь.....	59
4.1.1. Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста на динамику продукционных процессов озимой ржи....	60
4.1.2. Влияние удобрений на содержание и потребление основных элементов питания озимой рожью в онтогенезе.....	64
4.1.3. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество озимой ржи	68
4.1.4. Химический состав урожая, вынос питательных элементов и экономическая эффективность в зависимости от применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании озимой ржи	74
4.1.5. Эффективность применения новых форм комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании озимой ржи.....	78
4.2. Озимая пшеница	81
4.3. Яровое и озимое тритикале	86
4.4. Яровая пшеница	97

4.5. Ячмень	104
4.6. Овес	109
4.6.1. Динамика потребления основных элементов питания овсом в онтогенезе при применении удобрений и регуляторов роста	110
4.6.2. Влияние макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов овса	116
4.6.3. Динамика роста и накопления биомассы растениями овса в зависимости от применения удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста	120
4.6.4. Влияние макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста на урожайность и структуру урожая овса	124
4.6.5. Вынос и коэффициенты использования основных элементов питания овсом из удобрений в зависимости от применения удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста	133
4.6.6. Влияние макро- и микроудобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на качество зерна овса	138
4.6.7. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста при возделывании овса	145
4.6.8. Эффективность применения новых форм комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса	148
4.7. Горох	149
4.7.1. Динамика потребления элементов питания горохом по фазам развития в зависимости от применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепаратов	150
4.7.2. Влияние макро- и микроудобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов гороха	156
4.7.3. Динамика роста и накопление сухого вещества растениями гороха в зависимости от применения макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста	163
4.7.4. Влияние удобрений и регуляторов роста на образование клубеньков и азотфиксирующую способность гороха	167
4.7.5. Влияние макро- и микроудобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на урожайность и структуру урожая гороха	170
4.7.6. Влияние удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на вынос и коэффициенты использования питательных элементов горохом	175

4.7.7. Влияние макро- и микроудобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на качество семян гороха.....	180
4.7.8. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста при возделывании гороха.....	185
4.7.9. Эффективность применения новых форм микроудобрений, регуляторов роста и комплексных препаратов на их основе при возделывании гороха	188
4.8. Кукуруза.....	192
4.8.1. Влияние минеральных, бактериальных удобрений и регуляторов роста на динамику роста и накопления биомассы кукурузы.....	192
4.8.2. Потребление основных элементов питания по фазам развития кукурузы в зависимости от условий питания, применения биопрепаратов и регуляторов роста.....	197
4.8.3. Действие удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на урожайность кукурузы	200
4.8.4. Качество урожая кукурузы в зависимости от условий питания, применения биопрепаратов и регуляторов роста .	206
4.8.5. Влияние удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста на химический состав урожая кукурузы, вынос основных элементов питания.....	212
4.8.6. Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений, биопрепаратов, регуляторов роста при возделывании кукурузы.....	216
4.8.7. Эффективность применения новых форм микроудобрений и регуляторов роста при возделывании кукурузы ..	218
4.9. Картофель	224
4.10. Лен.....	233
4.11. Яровой и озимый рапс	244
4.12. Сахарная свекла	251
5. Микроэлементный состав растениеводческой продукции и приемы его оптимизации.....	257
Заключение	267
Литература.....	271