

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготько, М. Л. Радкевич

**КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ, РЕГУЛЯТОРОВ
РОСТА РАСТЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ В ПРЕДПОСЕВНОЙ
ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ПРОСА
И ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО**

*Рекомендации
для руководителей и специалистов сельскохозяйственных
организаций, фермерских хозяйств, слушателей ФПК
и научных сотрудников*

Горки
БГСХА
2015

УДК 633.171:633.367.2:631.531.027

ББК 40.40+42.112+42.113

П26

*Одобрено Научно-техническим советом БГСХА
20.01.2015 (протокол № 2) и Научно-техническим советом
секции растениеводства Главного управления растениеводства
Министерства сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь 04.03.2015 (протокол № 2)*

Авторы:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Т. Ф. Персикова*;
старшие преподаватели *Ю. В. Коготько, М. Л. Радкевич*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. С. Камасин*;
кандидат биологических наук, доцент *К. Г. Шашко*

Персикова, Т. Ф.

П26

Комплексное применение микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений в предпосевной обработке семян проса и люпина узколистного : рекомендации / Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготько, М. Л. Радкевич. – Горки : БГСХА, 2015. – 24 с.

Изложены результаты исследований по применению микроэлементов в хелатной и органо-минеральной формах, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений в предпосевной обработке семян проса и люпина узколистного. Приведена характеристика, дозы, сроки внесения этих удобрений и препаратов, обеспечивающих повышение урожайности, улучшение качества продукции проса и люпина узколистного, обоснована экономическая эффективность их применения.

Для руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций, фермерских хозяйств, слушателей ФПК и научных сотрудников.

УДК 633.171:633.367.2:631.531.027

ББК 40.40+42.112+42.113

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2015

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси в последние годы реализуются принципы адаптивного земледелия. Это обусловлено новой стратегией развития сельскохозяйственной отрасли в нашей стране, в которой предусмотрен переход от техногенно-химической к более биологизированной, экологизированной, ресурсоэкономичной и природоохранной интенсификации сельскохозяйственного производства.

В сложившихся условиях любой технологический прием должен быть наименее энергоемким и давать прибыль. Следовательно, необходимо вести поиск более дешевых и менее энергоемких способов производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции высокого качества. С точки зрения энергоресурсосберегающей и экологически безопасной технологии возделывания применение регуляторов роста, бактериальных удобрений и микроудобрений является перспективным приемом повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

В рекомендациях представлены результаты исследований, проведенные в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии с различными формами микроудобрений, бактериальными препаратами и регуляторами роста растений при различных уровнях минерального питания на культурах зернокармливого направления – просе и люпине.

1. РОЛЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

Важным условием получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур является обеспеченность их необходимыми микроэлементами. Микроэлементы играют многогранную роль в жизнедеятельности растений: участвуют в различных биохимических и физиологических процессах, активируют деятельность ферментов, витаминов, гормонов, повышают устойчивость к болезням и факторам внешней среды.

В результате агрохимических исследований и полевых опытов были разработаны и рекомендованы производству несколько технологий применения микроудобрений:

- в составе макроудобрений;
- при предпосевной обработке семян;
- в некорневую подкормку.

К рациональным приемам использования микроэлементов относятся те, при которых с наименьшими затратами можно получить высокие прибавки урожая и улучшить качество сельскохозяйственной продукции. Это, например, централизованное протравливание семян фунгицидами совместно с микроэлементами. Внесение микроудобрения в почву позволяет создать определенный уровень корневого питания растений микроэлементами в течение вегетации. Предпосевная обработка семян обеспечивает растения микроэлементами в самом начале роста, вызывает определенную перестройку процессов жизнедеятельности растений. Обработка семян микроэлементами улучшает посевные качества, повышает энергию прорастания, силу роста проростка, способствует активизации начальных ростовых процессов, ускоряет интенсивный переход от гетеротрофного типа питания к автотрофному, повышает полевую всхожесть растений, особенно в неблагоприятные периоды, при засухе.

Физиологические особенности сельскохозяйственных культур обуславливают их потребность в различных микроэлементах на протяжении всего периода вегетации. Важнейшими микроэлементами для зерновых и зернобобовых культур являются медь, марганец, цинк, бор, молибден и кобальт.

Медь в условиях Беларуси является одним из дефицитных элементов питания. Этим часто объясняется недобор урожая и недостаточное содержание меди в растительных кормах.

Физиологическая роль меди в растениях в значительной мере определяется вхождением ее в состав медьсодержащих белков и ферментов (цитохромоксидазы, полифенолоксидазы, аскорбинатоксидазы, нитритредуктазы, гипонитритредуктазы, тирозиназы, редуктазы, оксида азота и др.). Она играет важную роль в окислительных процессах – в интенсификации газообмена (дыхание), образовании хлорофилла, азотном, углеводном и белковом обмене, активизации фотосинтеза. Содержание меди в растениях определяется рядом факторов, важнейшими из которых являются: биологические особенности самого растения, содержание подвижной меди в почве и метеорологические условия.

Значение **цинка** для растений тесно связано с его участием в азотном обмене. Под влиянием цинка повышается синтез сахарозы, крахмала, общее содержание углеводов и белковых веществ, он участвует в активизации ряда ферментов, связанных с процессами дыхания. Цинк влияет на поступление в растения макро- и микроэлементов, на водный обмен, устойчивость растений к неблагоприятным факторам и болезням. Одной из наиболее существенных особенностей физиологической роли цинка является его взаимодействие с ростовыми веществами.

Основной причиной внедрения **молибденовых** удобрений в сельское хозяйство является то, что он играет большую роль в обеспечении растений азотом, а сельскохозяйственных животных – белком. Роль молибдена не ограничивается участием в биологической фиксации атмосферного азота. Молибден необходим для роста растений вообще, так как при его недостатке в тканях растений накапливается большое количество нитратов и нарушается нормальный азотный обмен. Под воздействием данного микроэлемента в растениях увеличивается содержание хлорофилла и повышается интенсивность фотосинтеза.

Большой практический и научный интерес для растениеводства представляет **кобальт**. Он оказывает заметное положительное действие на активность нитратредуктазы, что крайне важно для усиления азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий и является необходимым условием для возделывания зернобобовых. Кобальт относится к металлам с переменной валентностью. Это позволяет ему принимать активное участие в реакциях окисления-восстановления.

В растениях **марганец** выполняет разнообразные физиологические функции. Наиболее важной из них является участие в окислительно-восстановительных реакциях. Под влиянием марганца улучшается синтез белков и жиров, фотосинтез, усиливается ассимиляционная

деятельность всего растения. Также марганец входит в состав ферментов, принимающих участие в различных реакциях обмена веществ, и поэтому влияет на урожайность и качество растениеводческой продукции. Марганец играет важную роль в азотном обмене. Он оказывает положительное влияние на биосинтез белка, а также на азотфиксирующую активность клубеньков.

В настоящее время в связи с возросшим плодородием почв, снижением почвенной кислотности и необходимостью получения сбалансированного по элементам минерального питания корма проблема оптимизации питания растений микроэлементами особенно актуальна. Ее значимость определяется дефицитом белка и микроэлементов в урожае. В связи с этим большое значение имеет оценка микроэлементного состава растениеводческой продукции, установление оптимальных доз и способов внесения микроэлементов, обеспечивающих повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур.

Для нормальной жизнедеятельности растений микроэлементы должны вводиться в живой организм в биологически активной форме, способной легко транспортироваться и усваиваться. Применение для этих целей неорганических солей металла, содержащих микроэлементы, малоэффективно и не всегда экономически выгодно. В таких соединениях большое количество балластных веществ и они слабо переходят в малодоступную форму, что не дает возможности растениям полностью усваивать микроэлементы. Кроме того, накапливаясь в почве, они начинают выступать в роли токсичных тяжелых элементов.

Исследования последних лет свидетельствуют о том, что наиболее эффективной формой микроэлементов для растений являются комплексные соединения металлов в форме хелатов (комплексонов и комплексоноватов). Важной особенностью комплексоноватов является проявление биохимической активности в связи с содержанием в их составе фрагментов аминокислот. Это позволяет рассматривать их не только как соединения, обеспечивающие лучшую доступность для растений микроэлементов, но и как одно из средств регулирования физиолого-биохимических процессов в растениях, способствующих их большей продуктивности.

Хелаты-комплексоноваты – органические внутрикомплексные соединения циклического строения, содержащие в своей молекуле ион какого-либо металла, который непосредственно участвует в образовании кольца. По своей структуре хелаты близки к природным соединениям, поэтому обладают биологической активностью и хорошо усваиваются.

Хелатные микроудобрения безопасны для окружающей среды при соблюдении техники безопасности и дозировки, в отличие от минеральных удобрений не засоливают почву. Более того, применение микроудобрений снижает уровень нитритов и нитратов в растениях на фоне повышения содержания ряда витаминов. Хелаты микроэлементов обладают рядом ценных свойств: практически не токсичны, хорошо растворимы в воде, обладают высокой устойчивостью (не изменяют своих свойств) в широком диапазоне кислотности (значений pH), хорошо адсорбируются на поверхности листьев и в почве, длительное время не разрушаются микроорганизмами, хорошо сочетаются с различными пестицидами. Комплексоны (ДГПА, ОЭДФ, ЭДТА) при внесении их в почву способствуют переводу недоступных микроэлементов в биологически активную форму. Хелаты микроэлементов являются водорастворимыми органическими солями и практически не закрепляются в почвенном поглощающем комплексе, длительное время оставаясь доступными для растений. Микроудобрения в форме хелатов удобны для использования в композиционных составах для инкрустации семян совместно с биологически активными веществами, протравителем и пленкообразующими веществами, что повышает равномерность нанесения всех компонентов инкрустирующего состава на каждое семя.

В последние годы, особенно с ростом дефицита и стоимости микроудобрений, идет разработка новых, более экономичных, технологичных, экологичных и универсальных по назначению видов микроудобрений и рациональных способов их применения под сельскохозяйственные культуры, возделываемые по интенсивным технологиям, а также на почвах с низким содержанием микроэлементов (табл. 1).

С экономической и экологической точек зрения внесение микроэлементов в почву считается невыгодным в большинстве стран Европы. В настоящее время разработаны и применяются такие эффективные способы, как обработка семян и некорневые подкормки.

В связи с широким применением интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур роль регуляторов роста растений резко возросла. Концентрация ресурсов в целях получения от них максимальной эффективности потребовала комплексного применения всех средств химизации, удобрений, пестицидов и регуляторов роста растений, определения их оптимального соотношения. Ценным свойством регуляторов роста является то, что они усиливают поступление элементов питания в корневую систему. Применение регуляторов рос-

та растений дает возможность направленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме, полнее реализовать потенциальные возможности сорта. Важнейшим аспектом действия регуляторов роста является повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды – высоким и низким температурам, недостатку влаги, фитотоксичному действию пестицидов, поражаемости болезнями и вредителями.

Таблица 1. Градации почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг почвы

Элемент	Вытяжка	Группа по обеспеченности микроэлементами			
		I (низкая)	II (средняя)	III (высокая)	IV (избыточная)
Cu	1,0 н. HCl	Менее 1,5*	1,6–3,0	3,1–5,0	5,1–7,0
		Менее 5,0**	5,1–9,0	9,1–12,0	12,1–16,0
Zn	1,0 н. HCl	Менее 3,0	3,1–5,0	5,1–10,0	10,1–16,0
		Менее 10,0	10,1–15,0	15,1–30,0	30,1–50,0
B	H ₂ O	Менее 0,3	0,31–0,70	0,71–1,00	Более 1,0
		Менее 1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	3,1–5,3
Mn	0,1 н. H ₂ SO ₄	Менее 25,0	25,1–100,0	100,1–300,0	Более 200,0
		Менее 75,0	75,1–300,0	300,1–600,0	600,1–900,0
Mn	1,0 н. KCl	Менее 2,0	2,0–6,0	6,1–10,0	Более 10,0
		Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–30,0	Более 30,0
Co	1,0 н. HNO ₃	Менее 1,0	1,1–2,5	2,51–3,0	Более 3,0
		Менее 3,0	3,1–7,5	7,51–9,0	9,1–12,0
Mo	Аксалатный буфер, рН 3,3	Менее 0,1	0,11–0,20	0,21–0,40	Более 0,40
		Менее 0,3	0,31–0,60	0,61–1,20	Более 1,20

*Минеральные почвы (в числителе); **торфяные почвы (в знаменателе).

В Беларуси исследования, связанные с поиском ризосферных, почвенных и эпифитных бактерий, способных образовывать стойкие сообщества с растениями и оказывать при этом ростостимулирующее действие на их развитие, ведутся во многих научных учреждениях. В последние годы на основе всестороннего изучения микробиологических препаратов азотфиксирующего, фосфатмобилизующего и защитного действия создан ряд бактериальных препаратов под различные сельскохозяйственные культуры. Наряду с симбиотической азотфик-

сацией в последние 20 лет достигнуты существенные успехи в изучении ассоциативной азотфиксации, которая превратилась в самостоятельный раздел учения о «биологическом азоте».

Применение бактериальных препаратов в числе других мер повышения урожайности сельскохозяйственных культур дает то преимущество, что в результате ничтожных затрат препарата, а тем самым и средств, можно активировать полезные микробиологические процессы.

Одним из путей дополнительного снабжения растений фосфором является микробиологическая фосфатмобилизация. Ее результатом является высвобождение из труднорастворимых фосфатов от 10 до 40 % подвижной и доступной растениям P_2O_5 . Большая доля всей микробной популяции обладает способностью растворять нерастворимые минеральные фосфаты.

В Институте микробиологии НАН Беларуси получены штаммы бактерий, обладающих способностью фиксировать азот атмосферы, подавлять развитие фитопатогенных грибов, осуществлять трансформацию труднорастворимых фосфатов почвы в более доступную форму.

2. ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ИНКРУСТАЦИОННЫХ СМЕСЕЙ С МИКРОУДОБРЕНИЯМИ И РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА РАСТЕНИЙ

Технология приготовления включает следующие операции:

- приготовление раствора полимера;
- приготовление раствора микроэлементов;
- приготовление раствора регулятора роста;
- смешивание растворов.

2.1. Приготовление раствора полимеров

Для приготовления рабочего раствора прилипателя используют емкости, оснащенные перемешивающим устройством. Na-КМЦ растворяют в 0,5 объема воды (5 л/т), предназначенной для инкрустации, при температуре 40–45 °С. При приготовлении 2%-ного раствора Na-КМЦ норма расхода полимера составляет 0,2 кг на 10 л воды. Нельзя засыпать препарат большими порциями во избежание комкования и трудностей в размешивании. Ориентировочная длительность перемешивания – 30–40 минут. В случае неполного растворения полимера время перемешивания увеличивают.

2.2. Приготовление растворов микроэлементов, регуляторов роста

Другую часть воды, предназначенную для растворения, заливают отдельно в емкость и постепенно туда засыпают микроэлементы, аналогично растворяют регуляторы роста растений.

Смешивание растворов должно проходить в следующей последовательности: в 0,5 объема воды (5 л/т) добавляют микроэлементы и регулятор роста, затем постепенно вводят выбранный протравитель семян. Все это делают в рабочей емкости протравителя семян (ПС-10А) при включенной мешалке. Затем добавляют заранее приготовленный полимер (Na-КМЦ), доводя объем состава до 10 л на тонну семян зерновых культур. Фунгициды и полимер хорошо смешиваются с регуляторами роста и микроэлементами.

В жидкой фазе клеящие свойства полимера сохраняются 5–10 минут. Сыпучесть семян появляется после полного высыхания. В результате семена имеют сухую полимерную пленку, состоящую из необходимых защитно-стимулирующих составов, и приобретают высокую прочность.

Обработку семян можно проводить перед посевом и заблаговременно.

В случае применения биологических препаратов инкрустирование проводят за 1–3 дня до посева. При инокуляции семян бактериальными препаратами следует учитывать титр раствора.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Сульфат меди (медный купорос) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Содержит 23,4–24,9 % Cu. Это кристаллический порошок серо-голубого цвета, хорошо растворимый в воде. Рекомендуемая доза для предпосевной обработки семян 90–150 г/т.

Сульфат цинка – кристаллический порошок белого цвета, содержащий 22 % цинка. Рекомендуемая доза для предпосевной обработки семян 150–200 г/т.

$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ – неорганическое соединение, комплексное соединение металла кобальта. Представляет собой желтые кристаллы, растворимые в холодной воде, содержание кобальта 20 %.

Хелатная форма микроэлементов была представлена одноконпонентными хелатами производства ОАО «БелВетУнифарм» – Купровет, Цинковет, Кобальвет.

Купровет (Cuprovetum, NaCuH(edta) · nH₂O, где edta – этилендиаминтетраацетат, n = 0–2) является комплексонатом меди (II). Препарат представляет собой однородный сыпучий порошок голубого цвета, хорошо растворимый в воде, без запаха. В 1 г препарата содержится меди (в хелатной форме) 0,17 г.

Цинковет (Zincovetum, NaZnH(edta) · nH₂O, где edta – этилендиаминтетраацетат, n = 0–2) является комплексонатом цинка. Препарат представляет собой однородный сыпучий порошок белого цвета, хорошо растворимый в воде, без запаха. В 1 г препарата содержится цинка (в хелатной форме) 0,17 г.

Кобальвет (Cobalvetum, NaCoH(edta) · nH₂O, где edta – этилендиаминтетраацетат, n = 0–2), является комплексонатом кобальта. Препарат представляет собой однородный сыпучий порошок сиреневого цвета, хорошо растворимый в воде, без запаха. В 1 г препарата содержится цинка (в хелатной форме) 0,12 г.

Рекомендуемые дозы микроэлементов и регулятора роста приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Норма расхода микроудобрений и регулятора роста при инкрустации семян, их совместимость с другими компонентами**

Соединение	Норма расхода на 1 т семян		Предельная растворимость в 1 л водного раствора при температуре 20 °С	Совместимость	
	в действующем веществе	в физическом весе		с Na-КМЦ	с протравителем семян (Кинто Дуо, Максим XL)
1	2	3	4	5	6
Купровет	150 г	900 г	170 г	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч
Цинковет	150 г	900 г	230 г	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч
Кобальвет	75 г	580 г	510 г	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч
Медь сернокислая	150 г	600 г	150 г	Совместим после стабилизации гидрооксидом аммония	Стабилен 1,5–2 ч

1	2	3	4	5	6
Цинк сернокислый	150 г	700 г	360 г	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч
Марганец сернокислый	150 г	650 г	380 г	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч
Гексонитрокобальтат натрия	75 г	375 г	530 г	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч
Эпин	20 мг	80 мл	Растворим	Совместим	Стабилен 1,5–2 ч

Как видно из таблицы, в качестве регулятора роста в опытах применяли **эпин** – препарат на основе эпибрассинолида, который относится к классу природных фитогормонов брассиностероидов. Он является биорегулятором роста и развития растений, антистрессовым адаптогеном, который повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (погодные условия, болезни, ядохимикаты и т. п.). Отличительной особенностью брассиностероидов является действие на рост и развитие растений в очень малых концентрациях. Препарат изготавливается на государственном предприятии «Белреахим» концерна «Белресурсы». Интервал рекомендуемых доз его внесения колеблется от 10 до 100 мл/га.

Ризобактерин – разработан на основе ассоциативного диазотрофа *Enterobacter Sh. 54*, титр 2–2,5 млрд. жизнеспособных клеток на 1 мл, обладает множественным эффектом (фиксация атмосферного азота, биосинтез ИУК).

Фитостимфос – фосфатмобилизующие бактерии *Agrobacterium radiobacter*, осуществляющие микробиологический перевод труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растениям форму. Титр жизнеспособных клеток – не менее 4,0 млрд/мл.

Сапронит – живая культура и метаболиты симбиотических азотфиксирующих бактерий рода *Rhizobium*, специфических для каждого вида бобовых растений (на люпине – *Rhizobium lupini*, штамм ЛПМ В 2255, титр 3–6 млрд. КОЕ/мл; на клевере – *Rhizobium trifolii*, титр 5–12 млрд. КОЕ/мл, штамм ЛПМ В 2259), субстратом-носителем его является сапрпель. Штамм клубеньковых бактерий имеет повышенную способность к синтезу ауксина.

Рекомендуемая доза бактериальных препаратов при инокуляции составляет 200 мл на гектарную норму семян.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН НА РАЗЛИЧНЫХ ФОНАХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

4.1. Просо

Просо является важнейшей крупяной культурой, которая обладает ценными пищевыми свойствами и используется во всем мире на продовольственные и кормовые цели, занимая в структуре мирового производства зерна 4,6–5,0 %.

Преимущество проса перед другими зерновыми культурами заключается в его засухоустойчивости, хорошей отзывчивости на улучшение агротехники, мелкосемянности, скороспелости, широкой амплитуде сроков сева, длительности хранения семян, в силу чего просо является прекрасной страховой культурой в случае гибели посевов озимых или ранних яровых культур.

В результате интенсификации современного производства необходимо наиболее полное соблюдение технологии возделывания проса, важнейшим элементом которой является система удобрения. Правильное построение этой системы в конкретных условиях произрастания является одним из первых условий наивысшего проявления сортового потенциала культуры. Это дает возможность получения высокой урожайности с отличными качественными показателями.

Исследования с просом проводились на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2009–2011 гг. Объектом исследований являлось просо сорта Галинка. Предшественником проса был овес. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Содержание гумуса среднее – 1,68, подвижного фосфора и калия повышенное – 243 и 227 мг/кг соответственно, подвижных меди и цинка низкое – 1,35 и 2,96 мг/кг соответственно, реакция почвенного раствора слабокислая – pH_{KCl} 5,98, близкая к нейтральной – pH_{KCl} 6,11.

Изучалось применение различных доз азотного питания и способы их внесения, а также на их фоне влияние различных инкрустационных

составов на урожайность и качество зерна проса. В качестве минеральных удобрений применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, которые вносились под предпосевную культивацию. В варианте $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ часть азота (30 кг/га) вносилась в подкормку в фазе 6–7 листьев (начало выхода в трубку).

Для инкрустации семян применялись различные формы микроудобрений в хелатной форме: купровет в дозе 900 г/т, цинковет 900 г/т и в виде солей: сульфат меди 600 г/т, сульфат цинка 700 г/т. Также совместно с микроэлементами в инкрустационные составы вводился регулятор роста эпин в дозе 80 мл/т. В качестве протравителя использовали Кинто Дуо в дозе 2 л/т.

Применение различных доз азотных удобрений проводилось на фоне $P_{60}K_{90}$ и давало достоверную прибавку во всех вариантах. При внесении дозы азота 90 кг/га прибавка зерна проса составила 10,9 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK килограммом зерна 6,6. Дробное внесение дозы N_{90} (N_{60+30}) снижало прибавку урожая зерна проса до 9,5 ц/га, также снижалась и окупаемость 1 кг NPK килограммом зерна до 6,0.

Применение микроудобрений при инкрустации семян проса было эффективно и способствовало увеличению урожайности от 1,8 до 5,2 ц/га. Наибольшее влияние на урожайность зерна проса оказало применение хелатной формы меди на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, где была отмечена самая высокая прибавка от применения меди – 5,2 ц/га, а также самая высокая прибавка от применения NPK – 21,1 ц/га. Это позволило получить в данном варианте самую высокую урожайность – 44,0 ц/га и окупаемость 1 кг NPK килограммом зерна 10,0. Следует отметить, что применение микроэлементов в виде солей для инкрустации семян проса было также эффективно, однако уступало по прибавке урожая хелатным формам микроудобрений.

Дополнительное введение эпина в инкрустационный состав на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ как совместно с хелатными формами микроудобрений, так и с солями способствовало увеличению урожайности. Лучшее сочетание эпина наблюдалось с хелатными формами меди и цинка, где прибавка от их внесения составила 5,3 ц/га при урожайности зерна проса 39,9 ц/га. Их совместное действие способствовало лучшему поглощению и усвоению основных элементов питания, что объясняется увеличением урожайности от применения NPK с 11,7 до 17,0 ц/га по сравнению с фоновым вариантом. Благодаря этому окупаемость 1 кг NPK килограммом зерна выросла до 8,1 (табл. 3).

Таблица 3. Влияние удобрений на урожайность зерна проса

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га, от применения				Окупаемость 1 кг НПК кг зерна
		НПК	N	Cu-Zn	Cu + Zn + эпин	
Без удобрений	22,9					
P ₆₀ K ₉₀	27,9	5,0				3,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	34,6	11,7	6,7			5,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	38,8	15,9	10,9			6,6
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	37,4	14,5	9,5			6,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат)	37,7	14,8		3,1		7,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат)	44,0	21,1		5,2		10,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ · 5H ₂ O	36,4	13,5		1,8		6,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ · 5H ₂ O	42,0	19,1		3,2		8,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат) + эпин	39,9	17,0			5,3	8,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ · 5H ₂ O + ZnSO ₄ · 7H ₂ O + эпин	39,1	16,2			4,5	7,7
НСП ₀₅	1,2–1,5					

Расчет экономической эффективности показал, что все варианты опыта с применением удобрений на просе были рентабельны. Наибольший чистый доход был получен при применении хелатной формы меди на фоне N₉₀P₆₀K₉₀, который составил 663,2 тыс. рублей при рентабельности 93,6 %. Самая высокая рентабельность от применения микроудобрений была получена также в варианте с хелатной формой меди, но на фоне N₆₀P₆₀K₉₀, она составила 118,6 % (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность применения удобрений при возделывании проса на зерно (по ценам 2010 г.)

Вариант опыта	Прибавка урожая, ц/га	Стоимость прибавки, тыс. руб.	Всего затрат с учетом накладных расходов (22 %), тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб/га	Рентабельность, %
Без удобрений					
P ₆₀ K ₉₀	5,0	325,0	260,2	64,8	24,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	11,7	760,5	418,2	342,3	81,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	15,9	1033,5	512,2	521,3	101,8
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	14,5	942,5	502,0	440,5	87,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат)	14,8	962,0	440,0	522,0	118,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат)	21,1	1371,5	708,3	663,2	93,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ · 5H ₂ O	13,5	877,5	467,8	409,7	87,6
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ · 5H ₂ O	19,1	1241,5	669,9	571,6	85,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.) + эпин	17,0	1105,0	489,0	616,0	126,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ · 5H ₂ O + ZnSO ₄ · 7H ₂ O + эпин	16,2	1053,0	508,6	544,4	107,0

Совместное применение микроудобрений и регулятора роста на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ позволило увеличить рентабельность до 126 % в варианте с применением хелатных форм микроэлементов и до 107 % в варианте с применением солей.

4.2. Люпин узколистный

Возделывание зернобобовых культур является важнейшим звеном в системе кормопроизводства республики и обусловлено главным образом запросами комбикормовой промышленности для балансирования концентрированных кормов по белку. Ежегодный дефицит белкового сырья составляет 600–650 тыс. тонн и в основном покрывается импортом дорогостоящего сырья.

Проблема производства растительного белка в нашей республике решается за счет расширения посевных площадей зернобобовых, вы-

сокобелковых злаковых культур и смесей с зернобобовыми культурами. Для того чтобы выйти на оптимальные площади посева зернобобовых культур (350–375 тыс. га, из них люпина узколистного – 130 тыс. га), необходимо не только правильно организовывать семеноводство этих культур, но и неукоснительно соблюдать технологические рекомендации по их возделыванию.

Реализация генетического потенциала зернобобовых культур, и в частности люпина узколистного, возможна лишь в условиях полного удовлетворения их биологических потребностей, что может быть осуществлено благоприятным сочетанием почвенно-климатических и технологических факторов.

В 2011–2013 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» учебно-опытного хозяйства БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, изучалось совместное применение бактериальных удобрений, регулятора роста и микроэлементов в предпосевной обработке семян люпина узколистного сорта Першацвет.

Почва среднекультуренная (ИО = 0,71) и по годам исследования имела низкое и среднее содержание гумуса (1,48–1,69 %), повышенное и среднее содержание подвижных форм фосфора и калия (238–242 и 176–187 мг/кг соответственно), низкое и среднее содержание меди и цинка (1,35–2,82 и 1,87–3,26 мг/кг соответственно), низкое содержание кобальта (0,55–0,60 мг/кг) и обменного марганца (1,5 мг/кг). Реакция почвы была близкой к нейтральной (pH_{KCl} 6,13–6,20).

Агротехника возделывания люпина узколистного (обработка почвы, нормы высева семян, сроки и способы сева) соответствовала современным технологическим регламентам. Предшественник – яровые зерновые. В качестве протравителя применяли Максим XL в дозе 1 л/т. Микроэлементы, регуляторы роста и бактериальные препараты вводили в пленкообразующие составы при предпосевной обработке семян. В качестве прилипателя использовали 2%-ный раствор Na-КМЦ. Для инкрустации семян применялись различные формы микроэлементов в виде солей: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 600 г/т, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 700 г/т, $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ – 360 г/т, $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 650 г/т и однокомпонентные микроэлементы в хелатной форме: Cu (хелат) – 900 г/т, Zn (хелат) – 900 г/т, Co (хелат) – 380 г/т. Также совместно с микроэлементами в инкрустационные составы вводился регулятор роста эпин в дозе 80 мл/т. Бактериальные препараты (фитостимифос и сапронит), соз-

данные в НИИ микробиологии НАН Беларуси, для инокуляции семян применяли в дозе 200 мл на гектарную норму высева.

В наших исследованиях установлено, что применение микроэлементов при обработке семян способствовало увеличению урожайности зерна. Так, ее прибавка относительно фона $N_{30}P_{30}K_{90}$ + фитостимифос + сапронит + эпин находилась в пределах 1,3–8,7 ц/га (табл. 5).

Таблица 5. Эффективность возделывания люпина узколистного сорта Першацвет на зерно (в среднем за 2011–2013 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Содержание сырого протеина, %	Выход перерабатываемого протеина, ц/га	Обеспеченность 1 к. ед. перерабатываемым протеином, г	Рентабельность, %
Без удобрений (контроль)	17,2		28,2	4,2	210,0	
$N_{30}P_{30}K_{90}$ + фитостимифос + сапронит + эпин (фон)	22,9		29,5	5,8	218,0	5,4
Фон + $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	31,4	+8,5	31,1	8,3	228,0	49,8
Фон + Cu (хелат)	27,9	+5,0	31,4	7,5	231,5	14,0
Фон + $Na_3[Co(NO_2)_6]$	25,8	+2,9	31,4	6,9	230,8	8,0
Фон + Co (хелат)	31,6	+8,7	32,3	8,7	237,1	44,7
Фон + $MnSO_4 \cdot 5H_2O$	28,6	+5,7	31,2	7,6	228,9	30,9
$HCPO_5$	0,7		0,5			

Введение в инкрустирующий состав сульфата меди обеспечило в среднем за три года 8,5 ц/га и было эффективнее применения данного микроэлемента в хелатной форме (прибавка зерна в среднем за три года составила 5 ц/га относительно фона $N_{30}P_{30}K_{90}$ + фитостимифос + сапронит + эпин). Исследования показали, что минеральные соли кобальта по своей эффективности уступают хелатным соединениям. Из данных по урожайности видно, что применение кобальта в хелатной форме позволило повысить урожайность за годы исследований на 8,7 ц/га по отношению к варианту, где данный элемент был в минеральной форме (2,9 ц/га). Необходимо отметить, что в данном варианте была получена и высокая средняя урожайность по опыту в 31,6 ц/га. Получение урожайности зерна на уровне 30 ц/га позволило сделать заключение о необходимости включения в предпосевную обработку сульфата марганца.

Условия питания по-разному влияли не только на величину, но и на качество урожая. Содержание сырого протеина в зерне люпина узколистного по вариантам опыта за годы исследований находилось в пределах 28,2–32,3 %. Его содержание в зерне контрольного варианта составило 28,2 % при среднем показателе по вариантам опыта 30,4 %. Предпосевная обработка семян бактериальными препаратами и регулятором роста на фоне минерального питания $N_{30}P_{30}K_{90}$ повышала содержание сырого протеина по отношению к контролю на 1,3 %. Положительное влияние на его накопление оказали микроэлементы. Так, в варианте с применением фитостимифоса, сапронита, эпина и кобальта в хелатной форме на фоне минерального питания содержание сырого протеина составило 32,3 % и было наибольшим по опыту. Следует отметить, что применение хелатной формы меди было менее эффективным по сравнению с минеральной по влиянию на величину урожайности люпина, но во все годы исследований качественные показатели зерна были более высокими. Так, содержание сырого протеина в варианте с хелатной формой меди было на 0,3 % выше относительно варианта, в котором применялся сульфат меди.

Сбор сырого протеина колебался в зависимости от условий питания от 4,9 до 10,2 ц/га. Наибольший сбор его с единицы площади получен в варианте с применением фитостимифоса, сапронита, эпина и минеральной меди – 10,2 ц/га. В среднем за три года исследований сорт Першачвет обеспечил сбор сырого протеина на уровне 7,6 ц/га. Наибольший выход переваримого протеина получен в варианте фон + Со (хелат) и составил 8,7 ц/га, обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином в данном варианте составила 237,1 г.

Расчет экономической эффективности показал, что наиболее высокие показатели (прибыль, рентабельность) были в варианте фон + $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, в котором прибыль составила 840,3 тыс. руб/га, рентабельность – 49,8 %. Также высокий экономический эффект был получен при применении сульфата марганца и кобальта в хелатной форме на фоне $N_{30}P_{30}K_{90}$ + фитостимифос + сапронит + эпин – рентабельность составила 30,9 и 44,7 % соответственно.

Полученные результаты подтверждены в производственных испытаниях с просом в РУП «Учхоз БГСХА» Могилевской области и филиале «Луч» ОАО «Березовский сыродельный комбинат» Брестской области на площади 10 и 50 га соответственно. В РУП «Учхоз БГСХА» Могилевской области также были внедрены результаты исследований с люпином узколистным на площади 10 га.

5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При возделывании проса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, рекомендуется применение минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$, которая обеспечит получение урожайности зерна проса на уровне 38,8 ц/га.

2. Для увеличения урожайности зерна проса на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ рекомендуется проведение инкрустации семян хелатными формами меди или сульфатом меди, которые способны давать прибавку урожая на уровне 5,2 и 3,2 ц/га соответственно совместно с протравителем.

3. Дополнительное введение в инкрустационный состав регулятора роста эпина на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ позволит получить высокую урожайность зерна проса (39,9 ц/га) при более низких дозах минеральных удобрений, что повысит рентабельность до 126 %.

4. При возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком, с низкой и средней обеспеченностью подвижными формами меди и кобальта, обменного марганца для повышения урожайности с хорошими качественными характеристиками рекомендуется включение в предпосевную обработку семян совместно с протравителем сульфата меди и марганца на фоне применения бактериальных удобрений и регуляторов роста растений в дозе 150 г/т д. в., а также хелатной формы кобальта в дозе 75 г/т д. в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение новых форм комплексных удобрений под кукурузу и люпин: рекомендации / Г. В. Пироговская [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2014. – 24 с.
2. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – С. 42.
3. Агробиологическая оценка смешанных посевов для условий дерново-подзолистых почв Беларуси / Т. Ф. Персикова [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – С. 162–163.
4. Привалов, Ф. И. Предпосевная обработка семян микроэлементами / Ф. И. Привалов // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 2. – С. 10–12.
5. Привалов, Ф. И. Состояние и перспективы возделывания люпина в Республике Беларусь / Ф. И. Привалов, В. Ч. Шор, Н. С. Купцов // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 3. – С. 3–9.
6. Рак, М. В. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожайность люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / М. В. Рак, Т. Г. Николаева // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 2 (37). – С. 105–111.
7. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 259 с.
8. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Беларус. навука, 2007. – 390 с.
9. Лысов, В. Н. Просо / В. Н. Лысов. – Л.: Колос, 1968. – 224 с.
10. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2006. – 28 с.
11. Прусакова, Л. Д. Обзоры. Роль брассиностероидов в росте, устойчивости и продуктивности растений / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова. – Минск, 1996. – 150 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Роль микроэлементов, регуляторов роста и бактериальных удобрений в жизни растений.....	4
2. Особенности приготовления инкрустационных смесей с микроудобрениями и регуляторами роста растений.....	9
2.1. Приготовление раствора полимеров.....	9
2.2. Приготовление растворов микроэлементов, регуляторов роста.....	10
3. Характеристика микроудобрений, регуляторов роста и бактериальных препаратов, применяемых для предпосевной обработки семян.....	10
4. Особенности применения микроудобрений, регуляторов роста и бактериальных удобрений при инкрустации семян на различных фонах минерального питания.....	13
4.1. Просо.....	13
4.2. Люпин узколистный.....	16
5. Предложения производству.....	20
Литература.....	21

Производственно-практическое издание

Персикова Тамара Филипповна
Коготько Юрий Владимирович
Радкевич Марина Леонидовна

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ,
РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ В ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ПРОСА
И ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

Рекомендации

Редактор *Н. Н. Пьянусова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *С. Н. Кириленко*

Подписано в печать 01.12.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,19.
Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.