

На правах рукописи

КЛЫКОВ Василий Васильевич

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПРОСА
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ**

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой агрохимии, почвоведения и защиты растений ФГБОУ ВПО Донской государственной аграрный университет
Агафонов Евгений Васильевич

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кадастра и мониторинга земель ФГБОУ ВПО Новочеркасская государственная мелиоративная академия
Новиков Алексей Алексеевич

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет
Сигида Максим Сергеевич

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия»**

Защита диссертации состоится ____ декабря 2013 г. в __ часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ставропольского государственного аграрного университета и на сайте Министерства образования РФ: <http://www.vak.ed.gov.ru>

Автореферат разослан «__» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук

А. П. Шутко

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Просо является важной крупяной и кормовой культурой в России. В Ростовской области площади посевов проса в 2006–2012 гг. составляли в среднем 73,4 тыс. га, при урожайности 1,16 т/га. Одна из главных причин низкой продуктивности посевов – отсутствие детально разработанной системы применения минеральных удобрений и низкий уровень их применения.

В современных условиях большая роль отводится бактериальным препаратам с микроорганизмами, фиксирующими азот из воздуха, который является существенным дополнением к минеральным азотным удобрениям и позволяет сократить их применение. В Ростовской области имеется достаточно большой опыт применения подобных препаратов на ряде культур, но по просу таких данных нет.

В связи с этим совершенствование технологии возделывания проса на черноземе южном, обоснование системы применения минеральных удобрений и биопрепаратов, является актуальной научной проблемой.

Цель исследований – изучить эффективность применения минеральных удобрений, бактериальных препаратов и их сочетаний под просо в условиях недостаточного увлажнения и разработать оптимальную систему удобрения проса на черноземе южном.

Задачи исследований:

- изучить действие различных доз и сроков применения удобрений, обработки семян бактериальными препаратами на развитие растений проса и потребление ими элементов минерального питания;
- установить влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество проса;
- установить зависимость эффективности удобрений от обеспеченности почвы доступными формами питательных веществ, бактериальных препаратов – от степени усвоения растениями биологического азота;
- определить экономическую эффективность применения минеральных удобрений и биопрепаратов под просо.

Научная новизна. На черноземе южном определено влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов комплексного действия на урожайность и качество зерна проса; установлены оптимальные сочетания доз, сроков и способов применения удобрений; выявлен наиболее эффективный биопрепарат Азоризин 6 и особенности взаимодействия между ними; найдена зависимость действия минеральных

удобрений на продуктивность посевов от содержания питательных веществ в почве, а бактериальных препаратов – от степени усвоения растениями биологического азота. Установлена экономическая эффективность применения минеральных удобрений и обработки семян проса бактериальными препаратами.

Практическая значимость работы. На основании проведённых исследований производству рекомендованы оптимальные дозы и сроки внесения азотно-фосфорных удобрений, обработка семян проса бактериальным препаратом Азоризин 6 и их сочетания, обеспечивающие получение 2,5 т/га зерна с белковостью около 12 % и повышение сбора белка с 1 га на 35–58 %. Внедрение этих элементов технологии возделывания проса в трех хозяйствах Каменского района Ростовской области в 2012–2013 гг. на площади 267 га способствовало повышению урожайности на 0,24–0,45 т/га и повышению чистого дохода на 1300–1980 руб/га.

Основные положения, выносимые на защиту:

- влияние на урожайность и белковость зерна проса азотно-фосфорных удобрений при различных сроках и способах их внесения;
- критерии, позволяющие определять необходимость применения и дозы минеральных удобрений по содержанию в почве доступных форм азота, фосфора и калия;
- высокая эффективность обработки семян проса биологическим препаратом комплексного действия Азоризин 6 и ее зависимость от потребления растениями дополнительного биологического азота;
- экономическая целесообразность применения биопрепаратов на просе, способствующая снижению себестоимости зерна и увеличению дохода и рентабельности производства.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы обсуждены на ежегодных научно-практических конференциях ДонГАУ и АЧГАА 2011–2013 гг. Производственная проверка результатов исследований проведена в хозяйствах Каменского района Ростовской области.

Публикации результатов исследований. Основные результаты исследований диссертационной работы опубликованы в шести печатных работах, в том числе 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 149 страницах компьютерного текста, содержит 20 таблиц и 16 рисунков; включает введение, обзор литературы, материал, методику и результаты исследований, выводы и предложения производству, список ли-

температуры (содержащий 137 источника, в т. ч. 9 зарубежных авторов) и приложение.

2. МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты проводили в 2010–2012 гг. в Каменском районе Ростовской области в ИП К(ф)Х «Клыков В. Ф.».

Климат района проведения опытов – континентальный, с неустойчивым увлажнением. По данным Каменской метеостанции, среднее многолетнее количество осадков составляет 414 мм, за весенне-летний период в среднем – 200 мм. Среднегодовая температура 8,2 °С, сумма активных температур 2200–3200 °С, относительная влажность воздуха 70 %. Безморозный период – 160–175 дней.

В структуре почвенного покрова Ростовской области преобладают черноземы (59,1 %). Чуть меньше трети территории (28,0 %) занято каштановыми почвами. Черноземы на территории области представлены двумя подтипами: черноземами обыкновенными и черноземами южными. Площадь, занимаемая черноземом южным, составляет 2767,1 тыс. га, или 30,0 % площади области.

Почва опытного участка (место проведения опыта) – чернозем южный слабощебенчатый, слабосолонцеватый среднеслойный среднесмытый слабогумусируемый, среднесуглинистый, почвообразующие и подстилающие породы представлены желто-бурыми средними суглинками, подстилаемыми песчаниками. Количество гумуса в слое 0–20 см 3,7 %, емкость поглощения 40,0 мг-эк/100г почвы, рН 7,3–7,4. Содержание доступных форм элементов питания перед закладкой опытов в разные годы составило: N-NO₃ – 8,1–13,2; P₂O₅ – 16,9–23,5; K₂O – 360–480 мг/кг почвы.

По погодным условиям 2010 год был острозасушливым, 2012 – засушливым, а 2011 – благоприятным. Количество осадков за 2010 с.-х. год составило 335, 2011 – 496, 2012 – 429 мм, а за период активной вегетации проса (июнь – август) в 2010 – 64, в 2011 – 171, в 2012 году – 90 мм.

Площадь делянки 20 м². В опыте использовали следующие удобрения: аммофос (N₁₂P₅₂), хлористый калий (K₆₀), аммиачную селитру (N_{34,4}), азофоску (N₂₀P₂₀K₂₀) и биопрепараты на основе ризобактерий рода *Azospirillum* – Азоризин 6, Азоризин 8 и 17-1, которые обладают комплексом свойств.

Повторность опытов 4-кратная. Сорт проса Харьковское 57. Минеральные удобрения вносили вручную с осени под вспашку (аммофос и хлористый калий) и весной под предпосевную культивацию (ам-

миачная селитра), сеялкой при посеве (аммиачная селитра, аммофос, азофоска) в фазе кушения (аммиачная селитра). Обработку семян производили вручную – гектарной нормой бактериального препарата на гектарную норму семян.

Исследования проводили полевым и лабораторным методами с использованием следующих методик: отбор проб почвы – ГОСТ 28168–89; общие требования к проведению анализов – ГОСТ 29269–91; нитратный азот в почве – ГОСТ 26951–86; подвижный фосфор и калий в почве по методу Мачигина – ГОСТ 26205–91; влажность почвы – ГОСТ 28268–89; расчет продуктивной влаги в почве – по Е. В. Агафонову (1992); гумус – ГОСТ 26213–91; азот в растительных образцах – ГОСТ 13496.4–93; фосфор и калий в растительных образцах согласно «Руководству по анализам кормов», ЦИНАО (М.: Колос, 1982); масса 1000 зерен – ГОСТ 18842–89; экономическая эффективность – по Н. Н. Баранову (1966); математическая обработка полученных результатов – по Б. А. Доспехову (1979) с использованием ПЭВМ.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в Федеральном государственном бюджетном учреждении – Государственный центр агрохимической службы «Ростовский».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Водный и пищевой режимы почвы под просом

На содержание влаги в почве под просом оказали влияние погодные условия и ее потребление растениями. Запас продуктивной влаги был минимальным в 2010 г. – 86,1 мм, в 2011 и 2012 гг. – 116,7 и 136,0 мм. В течение вегетации проса влажность почвы в 2010 г. также была очень низкой, и к уборке в слое 0–60 см продуктивная влага отсутствовала. В 2011 г. благодаря обильным осадкам содержание влаги в почве поддерживалось на высоком уровне в течение всей вегетации. Особенно характерны различия между годами по влагообеспеченности слоя 0–20 см (рис. 1). Во все годы исследований четко проявилась тенденция уменьшения влажности почвы на вариантах с удобрениями по сравнению с контролем, обусловленная увеличением использования влаги растениями. Среднее за 2010–2012 гг. количество почвенной влаги, израсходованной в течение вегетации проса из метрового слоя, на контроле составило 67,6, при внесении $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 75,2, а $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 77,5 мм.

К моменту посева общее содержание нитратного азота в 60-сантиметровом слое почвы в 2010 и 2012 гг. было практически одинаковым – 59,1 и 58,4 кг/га, а в 2011 г. – 92,5 кг/га. При внесении дозы

азота 40 кг/га в 2010 и 2012 гг. оно увеличилось до 75–90, в 2011 г. – до 110 кг/га, а с дозой 80 кг/га – до 90–100 кг в первый и третий год и до 126 кг во второй. Уже к фазе кушения во все годы исследований содержание нитратного азота в почве существенно уменьшалось. Максимальным снижением было в 2011 г., к фазе выметывания при внесении $N_{80}P_{40}K_{40}$ оно составило 57 кг/га, что обусловлено более интенсивным расходом питательных веществ на формирование вегетативной массы проса в этом году. В последующий период высокие темпы уменьшения количества нитратного азота в почве сохранились в 2011 г., в 2010 – уменьшились, а в 2012 снижением прекратилось.

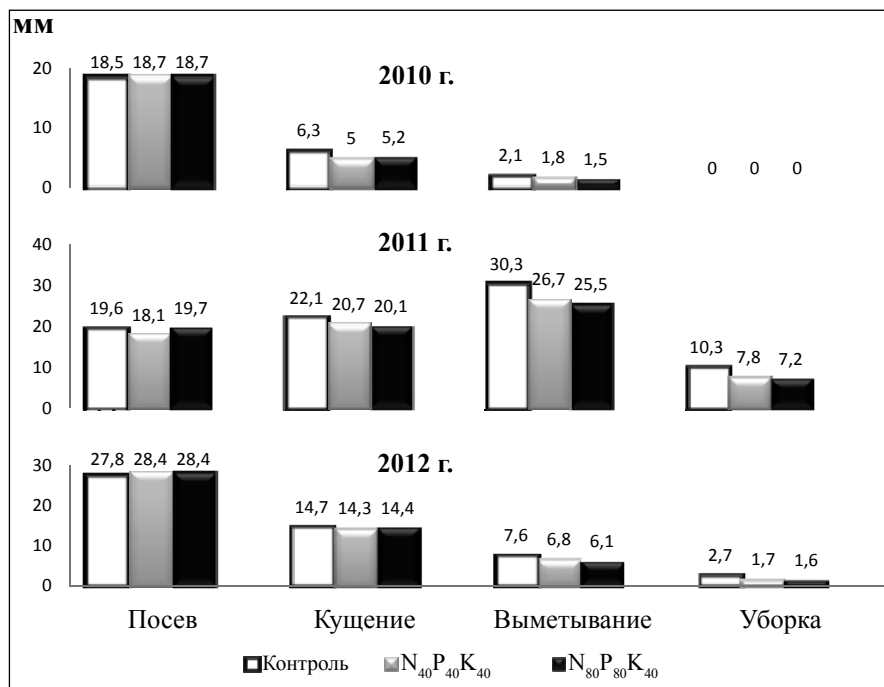


Рисунок 1 – Влияние внесения минеральных удобрений под просо на динамику содержания продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см, мм

Кривая снижения обеспеченности почвы нитратным азотом на вариантах с удобрениями является более крутой, чем на контроле. К уборке максимальные различия по сравнению с ним составили всего 7 кг/га (рис. 2).

N-NO₃, кг/га

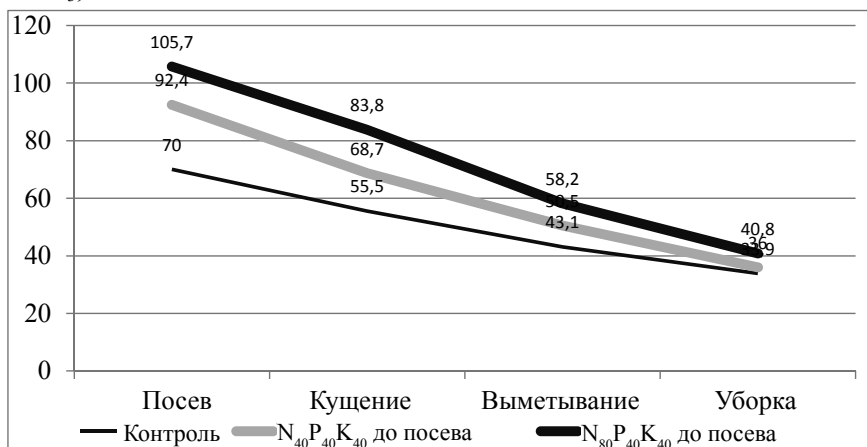


Рисунок 2 – Влияние внесения минеральных удобрений под просо на динамику содержания N-NO₃ в слое почвы 0–60 см, кг/га. Среднее за 2010–2012 гг.

Содержание подвижного фосфора в почве опытных участков в годы исследований в слое 0–20 см находилось в пределах средней обеспеченности – 16,9–23,5 мг/кг почвы. Внесение 40 кг/га фосфора повышало его до 20,4–28,1 мг/кг почвы, P₈₀ – до 23,9–30,2 мг/кг почвы. Наибольший уровень отмечен в 2011 г. Несколько увеличивалось содержание фосфора и в слое 20–40 см. В течение вегетации во все годы наблюдалось достаточно равномерное снижение количества фосфора в почве. К фазе кушения оно было минимальным, а к фазе выметывания более интенсивным, особенно в 2011 г. К моменту уборки различия по сравнению с контролем оставались еще достаточно большими. Содержание подвижного фосфора на вариантах с применением удобрений осенью и при посеве отличалось мало. Сходные тенденции отмечены и в слое почвы 20–40 см, только в более узком диапазоне значений.

Содержание подвижного калия в почве перед посевом проса в слое 0–20 см в разные годы находилось в пределах от 360 до 480 мг/кг почвы, что соответствует повышенной и даже высокой (2011 г.) обеспеченности почвы.

Применение удобрений, содержащих азот и фосфор, вызвало незначительную тенденцию увеличения содержания калия в почве – на

3–4 мг/кг почвы. При добавлении K_{40} изменения были более заметны: в слое 0–20 см они достигли 10–17, а в слое 20–40 см – 7–9 мг/кг почвы. При повышении дозы азота до 80 кг в отдельные годы содержание подвижного калия увеличивается еще на 4–6 мг/кг почвы, но эта тенденция была неустойчивой. В течение вегетации проса произошло уменьшение содержания подвижного калия до 385 мг/кг на контроле и 387–388 мг/кг на вариантах с удобрениями (среднее за 2010–2012 гг.).

3.2. Влияние удобрений на биометрические показатели растений и содержание в них элементов питания

Уже в фазу стеблевания существенно различались в разные годы высота и масса растений. Минимальными эти значения были в 2010 г., максимальными – в 2011. Применение удобрений в дозе $N_{40}P_{40}$ до посева способствовало заметному увеличению этих показателей. Добавление калия к азоту и фосфору не вызвало каких-либо изменений. Действие удобрений, вносимых при посеве, оказалось практически таким же, как и применяемых до посева.

Обработка семян бактериальным препаратом Азоризин 6 вызвала положительную тенденцию во все годы исследований, однако его влияние было слабее, чем действие минеральных удобрений (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние дозы и сроков внесения удобрений на сырую массу растений проса, г/м²

Доза и срок внесения удобрений	Стеблевание			Выметывание		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Контроль	252	346	309	617	1540	869
$N_{40}P_{40}$ дп	284	389	340	763	1770	1013
$N_{40}P_{40}K_{40}$ дп	291	394	338	778	1815	1028
$N_{80}P_{40}K_{40}$ дп	324	416	346	844	1989	1046
$N_{80}P_{80}K_{40}$ дп	329	417	348	852	2008	1062
$N_{10}P_{40}$ пос	286	381	328	656	1705	934
$N_{40}P_{40}$ пос	304	397	344	784	1816	1022
Азоризин 6 пос	286	380	330	674	1690	938
$N_{10}P_{40}$ + Азоризин 6 пос	300	390	344	708	1740	1006
$N_{40}P_{40}$ + Азоризин 6 пос	315	403	349	806	1829	1039

Примечание: дп – удобрение вносили до посева; пос – при посеве.

К фазе выметывания различия в развитии растений в разные годы исследований стали еще более существенными. В 2011 г. высота растений проса была почти в 1,5 раза больше, чем в 2010 г., вегетативная масса – в 2,5 раза. В действии удобрений на биометрические показатели проса в фазе выметывания проявились практически те же закономерности, что и в фазе стеблевания. Прирост высоты, массы растений и массы сухого вещества стал более значительным под влиянием удобрений как в абсолютном, так и в относительном выражении. При применении удобрений при посеве в дозе $N_{40}P_{40}$ биометрические показатели растений несколько выше, чем при допосевном внесении, но различия незначительны. Меньший эффект дало припосевное внесение $N_{10}P_{40}$ – 10–12 %. В этих же пределах проявилось положительное влияние бактериального препарата Азоризин 6.

Самое слабое увеличение концентрации азота в растениях проса в фазе выметывания вызвало применение при посеве $N_{10}P_{40}$. Сходные изменения произошли также с применением Азоризина 6. Наибольшее увеличение этого показателя вызвало применение N_{80} (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние дозы и сроков внесения удобрений на содержание азота в растениях проса в фазе выметывания, % на сухое вещество

Доза удобрений	Срок внесения	Год			Среднее
		2010	2011	2012	
Контроль	–	1,80	1,73	1,76	1,76
$N_{40}P_{40}K_{40}$	До посева	1,90	1,80	1,81	1,84
$N_{80}P_{40}K_{40}$	До посева	2,12	1,89	2,02	2,01
$N_{80}P_{80}K_{40}$	До посева	2,08	1,90	2,00	1,99
$N_{10}P_{40}$	При посеве	1,78	1,79	1,79	1,79
$N_{40}P_{40}$	При посеве	1,87	1,84	1,86	1,86
$N_{40}P_{40}K_{40}$	При посеве	1,86	1,80	1,85	1,84
Азоризин 6	При посеве	1,84	1,79	1,77	1,80
$N_{10}P_{40}$ + Азоризин 6	При посеве	1,85	1,80	1,78	1,81
$N_{40}P_{40}$ + Азоризин 6	При посеве	1,90	1,87	1,88	1,88
Среднее		1,90	1,82	1,85	1,86

В содержании фосфора в растениях картина изменений, обусловленных различиями в погодных условиях и минеральном питании

растений, менее четкая. Применение минеральных удобрений в дозе 40 кг/га вызвало повышение концентрации фосфора в растениях в целом за 3 года на 0,02 % независимо от срока и способа внесения удобрений, а также от наличия в составе удобрения калия. С дозами азота и фосфора 80 кг/га она увеличилась до 0,48 % (на 0,9 %).

Характерной особенностью является существенное изменение содержания калия в растениях проса под влиянием удобрений. Применение $N_{40}P_{40}$ до посева увеличивало концентрацию калия на 0,12 %, при посеве на 0,20 %. Положительные изменения отмечены также при использовании Азоризина, а максимальные отмечены при внесении N_{80} – 0,24 %.

На завершающем этапе развития растений произошла реутилизация азота, накопленного в вегетативной массе растений, перемещение его в зерно. Здесь проявились те же закономерности, что и в течение вегетации. Наиболее существенное влияние на содержание азота в зерне оказало увеличение дозы азота до 80 кг/га. По сравнению с контролем концентрация азота в зерне повысилась на 0,25 %. Достаточно высокий положительный эффект вызвало применение бактериальных препаратов, особенно Азоризина 6. Действие Азоризина 8 слабее. Как и в фазе выметывания, более высокая концентрация азота в зерне отмечена в 2010 г. Под действием NPK в дозе 40 кг/га в целом за все годы исследований концентрация фосфора увеличилась на 0,05–0,06 % при разных способах и сроках внесения удобрений. Влияние Азоризина 6 на содержание фосфора в растениях и в зерне проса было слабым. Зерно проса отличается низким содержанием калия, всего 0,66 % на контроле. С применением удобрений находилось в пределах 0,68–0,70 %. Под действием удобрений концентрация калия в соломе повышалась с 1,06 до 1,16 %.

3.3. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна проса

В разные годы уровень урожайности зерна проса был совершенно различным – от 0,85 до 3,35 т/га на контроле (табл. 3).

В 2010 г. допосевное удобрение в дозе $N_{40}P_{40}$ привело к повышению урожайности на 0,39 т/га, или на 45,9 %. Применение калийных удобрений в составе полного минерального эффекта не дало. Достоверно повысилась урожайность при повышении дозы азота с 40 до 80 кг/га на фоне РК. Увеличение дозы фосфора вдвое к изменению урожайности не привело. Наиболее низкий результат получен с минимальной дозой удобрений $N_{10}P_{40}$. Применение на этом фоне азотной подкормки в фазе кущения в дозе 30 кг/га давало меньший эффект, чем применение всей дозы азота (N_{40}) до посева или при посеве. Из бактериальных препаратов большее влияние на урожайность проса оказал Азоризин 6.

Таблица 3 – Влияние дозы и сроков внесения удобрений на урожайность зерна проса, т/га

Доза и срок внесения удобрений	Год			Среднее	Прибавка	
	2010	2011	2012		т/га	%
Контроль	0,85	3,35	1,46	1,89	–	–
N ₄₀ P ₄₀ дп	1,24	4,00	1,74	2,33	0,44	23,2
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ дп	1,25	4,03	1,75	2,34	0,45	23,8
N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀ дп	1,60	4,27	1,86	2,58	0,69	36,5
N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀ дп	1,25	4,13	1,87	2,42	0,53	28,0
N ₈₀ P ₈₀ K ₄₀ дп	1,64	4,32	1,88	2,61	0,72	38,1
N ₁₀ P ₄₀ пос	0,95	3,72	1,58	2,08	0,19	10,1
N ₄₀ P ₄₀ пос	1,24	4,07	1,77	2,36	0,47	24,9
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ пос	1,26	4,07	1,77	2,37	0,48	25,4
N ₁₀ P ₄₀ + N ₃₀ пос + пк	1,03	4,09	1,78	2,30	0,41	21,7
N ₁₀ P ₄₀ K ₄₀ + N ₃₀ пос + пк	1,03	4,11	1,79	2,31	0,42	22,2
Азоризин 6 пос	1,01	3,76	1,63	2,13	0,24	12,7
N ₁₀ P ₄₀ + Азоризин 6 пос	1,09	3,87	1,68	2,21	0,32	16,9
N ₄₀ P ₄₀ + Азоризин 6 пос	1,35	3,99	1,73	2,36	0,47	24,9
Азоризин 8 пос	0,89	3,69	1,60	2,06	0,17	9,0
N ₁₀ P ₄₀ + Азоризин 8 пос	0,99	3,79	1,65	2,14	0,25	13,3
N ₄₀ P ₄₀ + Азоризин 8 пос	1,20	3,97	1,73	2,33	0,44	23,3
17-1 пос	0,87	3,56	1,55	1,99	0,10	5,3
N ₁₀ P ₄₀ + 17-1 пос	0,95	3,82	1,66	2,14	0,25	13,3
N ₄₀ P ₄₀ + 17-1 пос	1,33	4,01	1,74	2,36	0,47	24,9
НСР₀₉₅	0,16	0,3	0,15	0,16	–	–
Sx, %	4,64	2,54	2,55	2,33	–	–

Примечание: дп – удобрение вносили до посева; пос – при посеве; пк – в подкормку в кущение.

В 2011 г. абсолютные прибавки урожайности были значительно больше, чем в 2010 г., но в относительном выражении – меньше вследствие высокого уровня урожайности. Увеличение дозы азота с 40 до

80 кг/га вызвало увеличение урожайности, но это лишь тенденция. Слабое преимущество имело дробное внесение азота ($N_{10}P_{40}$ при посеве + N_{30} в подкормку) по сравнению с однократным применением удобрений. При благоприятных условиях увлажнения эффект от бактериальных препаратов был больше, на варианте с Азоризином 6 прибавка составила 0,41 т/га. В 2012 г. проявились те же закономерности, что и в предыдущие годы.

В среднем за 3 года исследований урожайность проса на контроле составила 1,89 т/га, а при внесении $N_{40}P_{40}$ до посева – 2,33 т/га, такой же результат получен и при внесении полного удобрения. Повышение дозы азота до 80 кг на фоне $P_{40}K_{40}$ способствовало увеличению прибавки урожайности на 0,69 т/га, или на 36,5 %.

Математическая обработка урожайности зерна проса за все годы исследований показала, что изменение урожайности при внесении $N_{80}P_{40}K_{40}$ по сравнению с $N_{40}P_{40}K_{40}$ математически достоверно. Припосевное применение удобрений в дозе $N_{40}P_{40}$ и $N_{40}P_{40}K_{40}$ практически не имело преимуществ перед допосевным в тех же дозах. Перенос части дозы азотных удобрений (N_{30}) с посева на подкормку в фазе кущения вызвал незначительное ослабление эффекта.

Существенное повышение урожайности обеспечила обработка семян бактериальным препаратом Азоризин 6. В среднем за 3 года урожайность по сравнению с контролем была выше на 12,7 %. Другие препараты действовали слабее, особенно препарат 17-1. Применение Азоризина 6 с минеральными удобрениями в дозе $N_{10}P_{40}$ обеспечило повышение урожайности на 16,9 %. Сочетание препаратов с минеральными удобрениями в дозе $N_{40}P_{40}$ дало такие же результаты, как и минеральные удобрения без обработки семян.

На основе сопоставления данных урожайности проса на вариантах с минеральными удобрениями и контролем с исходными запасами доступных форм азота, фосфора и калия в почве, а также их уровнями, созданными при внесении удобрений, не представляется возможным выбрать узкие параметры оптимального содержания доступных форм элементов питания в почве, они находятся в широких пределах: $N-NO_3$ – 75–125 кг/га в слое 0–60 см, P_2O_5 – 20–28 мг/кг почвы в слое 0–20 см. Калийные удобрения при наличии в слое почвы 0–40 см более 300 мг/кг почвы подвижного калия положительного результата на фоне $N_{40}P_{40}$ не дали.

Однако, учитывая данные математической обработки урожайности проса за годы исследований, можно предположить, что при наличии в слое почвы 0–60 см к посеву проса менее 75 кг/га $N-NO_3$ необходимо дозу азота в удобрениях доводить до 80 кг/га, а при большем содержании

ограничиться дозой 40 кг/га. При средней исходной обеспеченности почвы фосфором – в пределах 17–24 мг/кг почвы в слое 0–20 см при любом уровне урожайности – достаточной является доза фосфора 40 кг/га.

На естественном фоне питания урожайность проса при обработке семян Азоризином 6 увеличилась на 12,7 %, а на фоне $N_{10}P_{40}$ лишь на 6,8 %. Эффективность других бактериальных препаратов снижалась до 2,9 и 4,8 %. На фоне дозы $N_{40}P_{40}$ она уменьшалась до нуля (рис. 3). Следовательно, бактериальные препараты на просе значительно лучше действуют на естественном фоне питания. Только Азоризин 6 можно применять и в сочетании с $N_{10}P_{40}$.

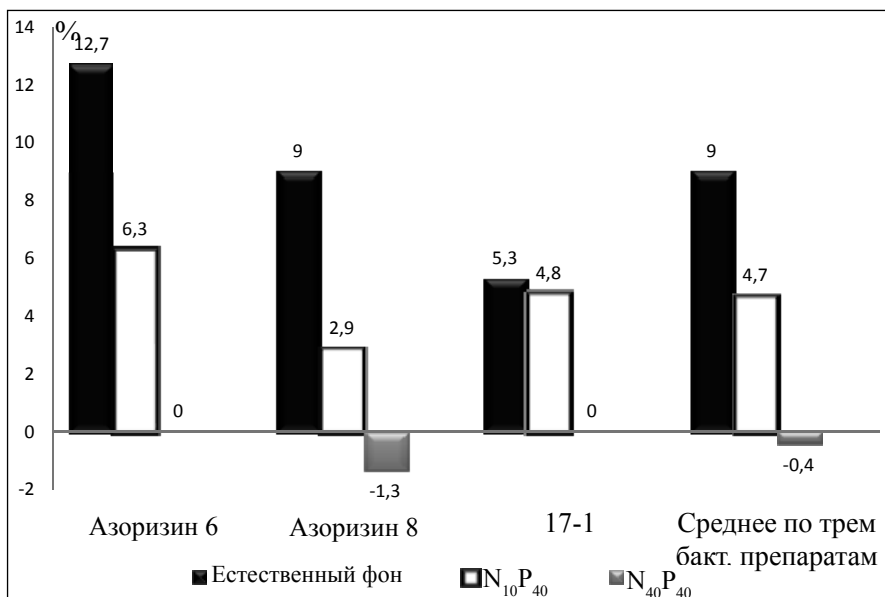


Рисунок 3 – Эффективность бактериальных препаратов в зависимости от дозы внесения минеральных удобрений, %. Среднее за 2010–2012 гг.

Содержание сырого белка в зерне проса в годы исследований различалось незначительно. Тем не менее некоторое преимущество по этому показателю имелось в 2010 г., что обусловлено большей засушливостью.

Минеральные удобрения оказали положительное влияние на содержание сырого белка в зерне проса (табл. 4). В наибольшей степени этот показатель зависел от обеспеченности растений азотом. Допосевное применение NPK в дозе 40 кг/га привело к его повышению на 0,4 %,

а $N_{80}P_{40}K_{40}$ – на 1,6 %. Наиболее слабое действие оказало припосевное внесение удобрений в дозе $N_{10}P_{40}$, а влияние $N_{40}P_{40}$ было несколько выше, чем при допосевном применении равной дозы удобрений. Достоверный эффект дала обработка семян Азоризином 6. При совместном применении бактериальных препаратов и минеральных удобрений их действие несколько усиливалось.

Таблица 4 – Влияние дозы и сроков внесения удобрений на содержание сырого белка в зерне проса, % на сухое вещество

Доза удобрений	Срок внесения	Год			Среднее
		2010	2011	2012	
Контроль		11,3	10,4	10,1	10,6
$N_{40}P_{40}K_{40}$	До посева	11,6	10,6	11,0	11,0
$N_{80}P_{40}K_{40}$	До посева	13,1	11,4	12,0	12,2
$N_{80}P_{80}K_{40}$	До посева	13,0	11,5	12,1	12,2
$N_{10}P_{40}$	При посеве	11,2	10,7	10,3	10,7
$N_{40}P_{40}$	При посеве	11,7	11,6	11,5	11,6
$N_{40}P_{40}K_{40}$	При посеве	12,0	10,9	11,4	11,4
Азоризин 6	При посеве	11,6	10,9	10,6	11,0
$N_{10}P_{40}$ + Азоризин 6	При посеве	11,9	11,0	10,6	11,2
$N_{40}P_{40}$ + Азоризин 6	При посеве	11,9	11,5	11,6	11,7
Азоризин 8	При посеве	11,7	10,8	10,4	11,0
$N_{10}P_{40}$ + Азоризин 8	При посеве	11,4	10,8	10,6	10,9
$N_{40}P_{40}$ + Азоризин 8	При посеве	11,9	11,6	11,4	11,6
Среднее		11,85	11,0	11,05	–
НСР ₀₉₅		0,57	0,45	0,39	0,4
Sx, %		1,6	1,4	1,2	1,4

Основная причина изменений белковости зерна проса – улучшение азотного питания растений. Подтверждением этому является очень тесная связь между содержанием сырого белка в зерне и концентрацией азота в вегетативной массе растений в фазу выметывания. Коэффициент корреляции равен $0,901 \pm 0,06$, т. е. белковость более чем на 80 % определяется этим фактором. Важным показателем оценки

влияния элементов технологии на качество продукции зерновых культур является выход сырого белка с единицы площади. На контроле в среднем за 2010–2012 гг. он равен 197 кг/га. Под действием удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$, вносимых до посева, сбор сырого белка увеличился на 29,4, а при посеве – на 34,5 %. При увеличении дозы азота до 80 кг/га прирост повысился до 55,8–58,4 %. Таким образом, с учетом общего содержания сырого белка в урожае оправданным является повышение дозы азота до 80 кг/га в 2011 и в 2012 гг. В 2011 г. увеличение составило 14,1 %, а в 2012 г. – 15,5 %. Существенное повышение количества сырого белка в урожае получено не только при обработке семян Азорином 6 – 18,3 %, но и Азорином 8 – 12,7 %. С учетом качества полученной продукции целесообразным является использование Азорина 6 и на фоне применения удобрений в дозе $N_{10}P_{40}$.

3.4. Вынос и баланс элементов питания при различных системах удобрения проса

Внесение двойного и полного удобрения, содержащего 40 кг азота, обеспечивало положительный баланс азота в 2010 г. и небольшой отрицательный баланс в размере 10–15 кг/га в 2012 г. При высокой урожайности проса в 2011 г. дефицит увеличился до 54–64 кг/га, он составил 35–39 кг/га даже при внесении 80 кг д. в. азота. С применением бактериальных препаратов дефицит азота формально соответствует его содержанию в урожае.

Основная доля в выносе фосфора с урожаем проса приходится на зерно, она в среднем составила около 57 %. С применением минеральных удобрений баланс фосфора был положительным, даже при высокой урожайности проса в 2011 г.

Основная масса калия две трети, или около 70 %, сосредоточена в соломе проса. Благодаря применению удобрений баланс калия в 2010 и 2012 гг. был близок к нейтральному, при высокой урожайности в 2011 г. дефицит достигал 40–60 кг/га.

В целом за годы исследований количество азота в надземной части растений проса на естественном фоне питания под влиянием препарата Азорин 6 увеличилось на 9,6, Азорин 8 – на 6,7 кг/га. На фоне $N_{10}P_{40}$ этот показатель снизился в среднем по двум препаратам до 5,5, а на фоне $N_{40}P_{40}$ – до 1,2 кг/га (рис. 4). Следовательно, испытываемые препараты содержат штаммы микроорганизмов, способных фиксировать азот из воздуха, который затем используют растения. Более активно они утилизируют азот при достаточном увлажнении почвы, а внесение в почву удобрений вызывает угнетение бактерий.

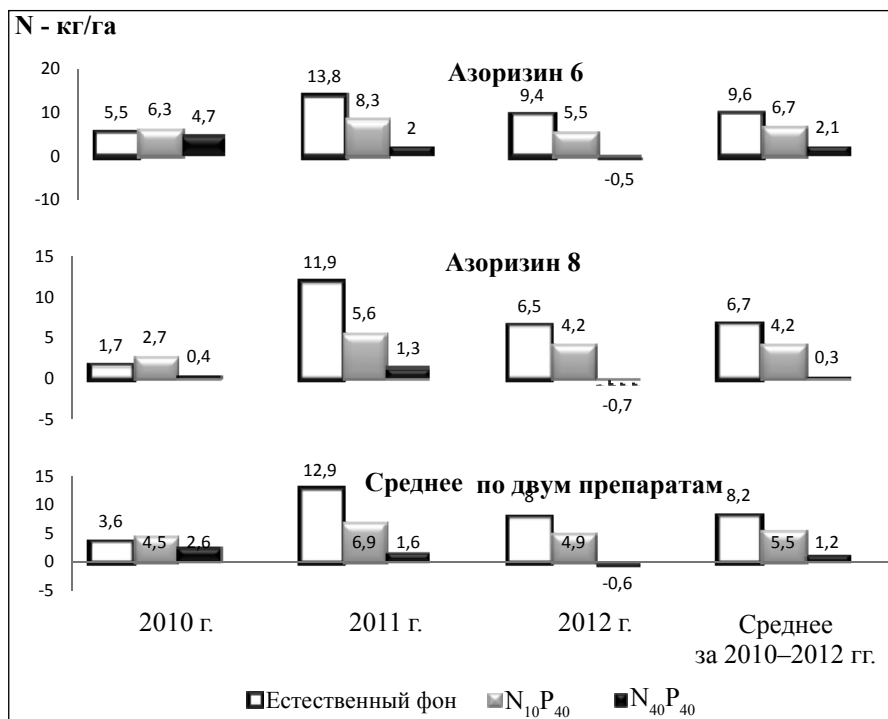


Рисунок 4 – Азот, поглощенный растениями проса под влиянием бактериальных препаратов на разных фонах минерального питания, кг/га

Анализ корреляционной связи между изменениями содержания азота в растениях проса и изменениями урожайности, вызванными применением биопрепаратов, показал, что между этими показателями связь линейная и очень тесная $r = 0,946 \pm 0,08$, то есть прирост урожайности обусловлен на 89,5 % улучшением азотного питания растений (рис. 5).

Это позволяет сделать заключение, что из многих положительных качеств испытанных бактериальных препаратов решающее значение имеет их способность к фиксации азота из воздуха. По-видимому, минерализация отмерших микроорганизмов идет достаточно быстро, и азот становится доступным растениям проса. При более высокой влажности почвы развитие данной микрофлоры происходит интенсивнее, и общее количество утилизированного азота выше, чем в засушливые годы.

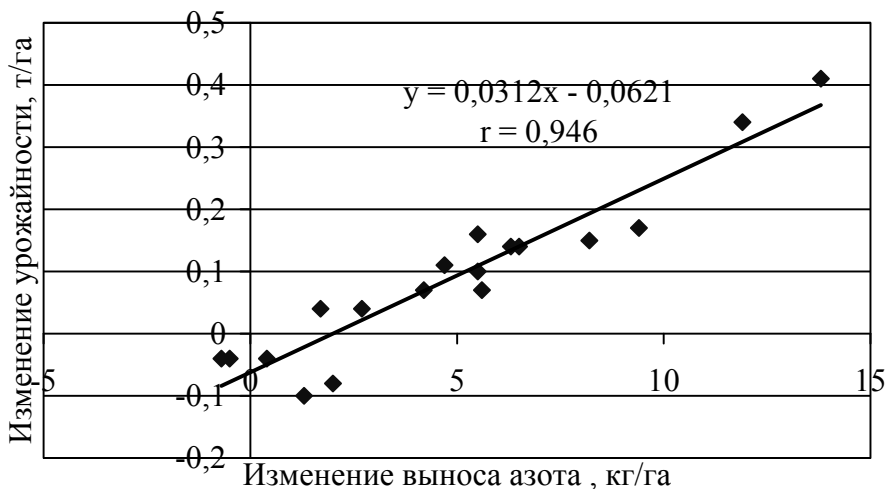


Рисунок 5 – Изменение урожайности проса в зависимости от потребления азота растениями, вызванное действием биопрепаратов

3.5. Экономическая эффективность применения удобрений и биопрепаратов

При использовании удобрений себестоимость производства зерна проса повысилась, а рентабельность уменьшилась, однако с учетом реализации соломы увеличился условно чистый доход, на варианте с применением $N_{40}P_{40}$ при посеве – больше чем на 1400 руб/га по сравнению с контролем. Обработка семян биопрепаратами способствовала улучшению всех экономических показателей. Лучшим было применение Азоризина 6. Здесь себестоимость 1 кг зерна уменьшилась на 0,39 руб., рентабельность увеличилась на 19,6 %, а условно чистый доход повысился на 2020 руб/га. Экономически оправданным было применение Азоризина 6 в сочетании с $N_{10}P_{40}$ при посеве.

ВЫВОДЫ

1. В благоприятный по увлажнению и в засушливые годы расход почвенной влаги растениями проса с применением минеральных удобрений больше, чем на контроле. К концу вегетации различия в содержании продуктивной влаги в метровом слое почвы достигли 5–14 мм.

2. Распределение нитратного азота по слоям почвы 0–20, 20–40 и 40–60 см к посеву проса было равномерным. В целом по слою 0–60 см его запас находился в пределах от 58–59 (2010–2012 гг.) до 92,5 (2011 г.) кг/га. Применение удобрений, имеющих в своем составе N_{40} , способствовало увеличению содержания $N-NO_3$ в почве на 16–31, N_{80} – на 32–42 кг/га. При внесении удобрений использование растениями проса азота из почвы было более интенсивным.

3. Обеспеченность почвы подвижным фосфором во все годы исследований была в диапазоне средней обеспеченности, в слое почвы 0–20 см она изменялась от 16,9 в 2010 г. до 23,5 мг/кг почвы в 2011 г. Применение удобрений, содержащих фосфор в дозе 40 кг/га, вызывало поднятие фосфатного уровня почвы в разные годы до 20,4–28,1, а в дозе P_{80} – до 23,9–30,2 мг/кг почвы. Динамика содержания подвижного фосфора в почве на контроле и с внесением удобрений в течение вегетации проса была практически одинаковой.

Исходное содержание подвижного калия в почве было повышенным в 2010 и в 2012 гг. и высоким в 2011 г., в слое почвы 0–40 см – в пределах от 345 до 463 мг/кг почвы. При внесении удобрений тенденция его увеличения была слабой.

4. Применение азотно-фосфорных удобрений и бактериальных препаратов во все годы исследований оказало существенное влияние на биометрические показатели растений проса уже в фазе стеблевания. В наибольшей степени это проявилось к фазе выметывания. Максимальных значений высота и масса растений достигли на вариантах, где в составе удобрений был азот в дозе N_{80} . Добавление калия мало влияло на развитие растений.

5. Применение удобрений, содержащих азот в дозе 40 кг/га, способствовало увеличению содержания азота в растениях в фазе выметывания на 0,06–0,11 %, N_{80} – на 0,16–0,32 %, обработка семян биопрепаратами – на 0,01–0,06 %. Содержание фосфора в растениях проса повысилось при внесении азота и фосфора в дозе 80 кг д. в. на 0,04–0,05 %, на всех остальных изменилось незначительно. Под влиянием удобрений концентрация калия увеличилась на 0,4–0,23 %, наибольший эффект вызвало повышение дозы азота с 10 до 80 кг/га.

При внесении N_{40} содержание азота в зерне проса повысилось с 1,76 до 1,84–1,90 %, а при N_{80} – до 2,3 %. Действие Азоризина 6

было эквивалентным применению $N_{40}P_{40}K_{40}$ до посева. Изменения в содержании фосфора под влиянием удобрений проявились в меньшей степени – на 0,02–0,11 %, а содержание калия осталось на том же уровне. Оно более существенно увеличилось в соломе.

6. Применение удобрений оказало положительное влияние на урожайность как при хорошем увлажнении (2011 г.), так и в засушливых условиях (2010, 2012 гг.). Локальное припосевное и допосевное под культивацию внесение $N_{40}P_{40}$ в среднем за 3 года дало близкий результат – урожайность повысилась на 24,9 и 23,2 %. Действие K_{40} на этом фоне было несущественным, а при увеличении дозы азота вдвое прибавка урожайности достигла 36,5 %. Увеличение дозы фосфора до 80 кг/га на урожайность не повлияло. Суммарный эффект дробного внесения удобрений при посеве $N_{10}P_{40}$ и N_{30} в подкормку в кушение был несколько ниже, чем от однократного при посеве в дозе $N_{40}P_{40}$.
Обработка семян проса бактериальным препаратом Азоризин 6 во все годы исследований способствовала достоверному увеличению урожайности в среднем на 12,7 %. Влияние других биопрепаратов было меньшим. Эффект от обработки семян биопрепаратами на фоне $N_{40}P_{40}$ снижался практически до нуля.
7. Применение удобрений при посеве проса в дозах $N_{40}P_{40}$ и $N_{40}P_{40}K_{40}$ способствовало повышению белковости зерна проса на 0,4–1,4 %, до посева – на 0,4 %. Максимальное содержание белка в зерне 12,2 % получено при внесении N_{80} . Бактериальные препараты Азоризин 6 и Азоризин 8 вызвали повышение белковости зерна на 0,3–0,5 %. Действие всех видов удобрений на величину сбора белка с 1 га проявилось в большей степени, чем на урожайность, выше преимущество локального припосевного способа внесения удобрений по сравнению с допосевным. Эффект от повышения дозы азота с 40 до 80 кг/га в 2011 и 2012 гг. составил 14,1 и 15,5 %. При обработке семян препаратом Азоризин 6 выход белка с 1 га увеличился по сравнению с контролем на 18,3 %, а с фоном $N_{10}P_{40}$ – на 11,2 %. Главный фактор повышения белковости зерна проса – улучшение азотного питания более чем на 80 % – определялось концентрацией азота в растениях в фазу выметывания.
8. Благодаря применению бактериальных препаратов улучшилось поглощение и вынос азота растениями проса. При обработке

семян Азоризином 6 увеличение содержания азота в надземной массе проса по сравнению с контролем в среднем за 3 года составило 9,6 кг, Азоризином 8 – 6,7 кг. На фонах с минеральными удобрениями количество дополнительно усвоенного азота резко снижается, на фоне $N_{10}P_{40}$ до 6,7–4,2 кг/га, а на фоне $N_{40}P_{40}$ почти до нуля. Имеется очень тесная корреляционная зависимость между накоплением дополнительного азота в растениях проса и изменениями его урожайности, связанными с применением биопрепаратов, $r = 0,946 \pm 0,08$.

9. Применение минеральных удобрений под просо на черноземе южном вызвало увеличение себестоимости зерна проса и снижение рентабельности. Однако с учетом реализации соломы применение удобрений при посеве в дозе $N_{40}P_{40}$ обеспечивает увеличение условно чистого дохода по сравнению с контролем более чем на 1400 руб/га. Повышению доходности способствовало увеличение дозы азота до 80 кг/га. Лучшие экономические показатели получены при обработке семян бактериальным препаратом Азоризин 6, рентабельность по сравнению с контролем увеличилась на 20 %, а при использовании Азоризина 8 – на 15 %. Рентабельно также применение препарата Азоризин 6 с минеральным удобрением в дозе $N_{10}P_{40}$.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При возделывании проса на черноземе южном со средней обеспеченностью подвижным фосфором, повышенной и высокой подвижным калием минеральные удобрения необходимо применять при посеве в дозе $N_{40}P_{40}$ в виде смеси аммофоса и аммиачной селитры. В годы с содержанием нитратного азота в почве перед посевом в слое 0–60 см менее 75 кг/га следует дополнительно внести 40 кг азота под предпосевную культивацию. При достаточном увлажнении в начальный период развития проса эффективна азотная прикорневая подкормка дозой 30 кг/га в фазе кущения.
2. Перед посевом семена проса необходимо обработать бактериальным препаратом Азоризин 6 из расчета 300 г на гектарную норму семян. Ее можно проводить также в сочетании с припосевным внесением аммофоса в дозе $N_{10}P_{40}$.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ:

1. Клыков, В. В. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под полевые культуры на черноземах Ростовской области / С. А. Гужвин, Н. В. Климашевская, Н. П. Каменский, В. В. Клыков // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 08(82). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/53.pdf>
2. Клыков, В. В. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под просо на черноземе южном / Е. В. Агафонов, В. В. Клыков // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 4(28). – С. 53–55.
3. Клыков, В. В. Применение бактериальных и минеральных удобрений под полевые культуры на черноземах Ростовской области / Е. В. Агафонов, С. А. Гужвин, Н. П. Каменский, В. В. Клыков // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 9. – С. 32–34.

Публикации в других изданиях:

4. Клыков, В. В. Система удобрения проса на черноземе южном / В. В. Клыков // Инновации в науке, образовании и бизнесе – основа эффективного развития АПК : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – п. Персиановский, 2011. – С. 48–50.
5. Клыков, В. В. Применение минеральных и бактериальных удобрений под полевые культуры / Е. В. Агафонов, С. А. Гужвин, Н. П. Каменский, В. В. Клыков // Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы : матер. Донской аграрной науч.-практ. конф. – Зерноград, 2012. – С. 77–80.
6. Клыков, В. В. Влияние минеральных удобрений в сочетании с бактериальными препаратами на урожайность и качество проса / В. В. Клыков // Современные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса России : матер. IX Междунар. дистанционной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – пос. Персиановский, 2012. – С. 105–107.

Подписано в печать 06.11.2013. Формат 60x84 $\frac{1}{16}$.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 500.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.