

УДК 631.8

**ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПОД ПОЛЕВЫЕ КУЛЬТУРЫ НА ЧЕРНОЗЕМАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Гужвин Сергей Александрович  
к.с.-х.н., доцент

Климашевская Надежда Федоровна  
д.б.н., профессор

Каменский Николай Петрович  
аспирант

Клыкков Василий Васильевич  
аспирант  
*Донской государственный аграрный университет,  
п. Персиановский, Россия*

В Ростовской области изучена эффективность применения минеральных и бактериальных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры (арбуз, соя, просо и картофель). Под каждую культуру установлены штаммы бактерий, позволяющие получить наибольшую прибавку урожайности, как на естественном фоне плодородия, так и в сочетании с минеральными удобрениями: для сои – 626а, арбуза – Азоризин-8, просо – Азоризин-6, картофеля – 18-5. Установлены оптимальные сочетания минеральных и бактериальных удобрений под каждую культуру

Ключевые слова: АРБУЗ, СОЯ, КАРТОФЕЛЬ, ПРОСО, АССОЦИАТИВНЫЕ И СИМБИОТИЧЕСКИЕ АЗОТФИКСАТОРЫ, УРОЖАЙНОСТЬ

UDK 631.8

**APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND BACTERIAL PREPARATIONS FOR FIELD CULTURES IN THE CONDITIONS OF BLACK SOIL OF THE ROSTOV REGION**

Guzhvin Sergey Aleksandrovich  
Cand.Agr.Sci., associate professor

Klimashevskaya Nadezhda Fedorovna  
Dr.Sci.Biol., professor

Kamensky Nikolay Petrovich  
postgraduate student

Klukov Vasilij Vasiljevich  
postgraduate student  
*Don state agrarian university, Persianovsky, Russia*

The efficiency of mineral and bacterial fertilizers application for various agricultural crops (watermelon, soy bean, millet and potato) is investigated in the Rostov region. We established the bacteria stocks under each culture, allowing to receive the greatest increasing of productivity, both on a natural background of fertility, and in a combination with mineral fertilizers: for soy bean - 626a, watermelon - Azorizin-8, millet - Azorizin-6, potato - 18-5. The optimum combinations of mineral and bacterial fertilizers for each culture are established

Keywords: WATERMELON, SOY BEAN, POTATO, MILLET, ASSOCIATIVE AND SYMBIOTIC NITROGEN FIXERS, PRODUCTIVITY

Главный источник пополнения почвенных запасов и удовлетворения потребности растений в элементах питания – удобрения. В Ростовской области применение минеральных удобрений с 1990 по 1999 гг. сократилось с 76 до 4,7 кг/га, а органических с 34 до 0,4 т/га. С 2000 г. наметился существенный относительный рост. Ежегодно применение минеральных удобрений увеличивалось в 1,8-1,7 раза. Общий приход элементов питания с удобрениями в 2002 г. повысился на 20,2 кг/га или в 3 раза по сравнению с 1999 г. С 2003 года статистика применения удобрений в области ведется по всей площади, включая пашню и в крупных сельхозпредприятиях, и в

фермерских хозяйствах. Анализ данных показывает, что применение органических удобрений в последние годы продолжает уменьшаться. Вместе с тем, необходимо отметить, что с минеральными удобрениями внесено 84% элементов питания, следовательно, несмотря на некоторые положительные тенденции, продолжается ухудшение агрономических свойств почвы [1].

Однако минеральные удобрения являются не только фактором повышения плодородия почвы, но и источником загрязнения окружающей среды [2].

Наряду с минеральными и органическими удобрениями в сельском хозяйстве многих стран находят широкое применение бактериальные препараты. Их еще называют бактериальными удобрениями или микробными землеудобрительными препаратами. С бактериальными удобрениями в почву вносят не питательные вещества, а определенные виды почвенных организмов, которые участвуют в симбиотической или ассоциативной азотфиксации и улучшают условия питания растений. Это дешевые и экологически чистые удобрения, их применение обеспечивает экономию энергозатрат и материальных ресурсов, уменьшает загрязнение окружающей среды, способствует естественному протеканию почвообразовательного процесса в посевах сельскохозяйственных культур, повышает почвенное плодородие, урожайность и качество продукции [3].

Микроорганизмы – неотъемлемая часть любого биогеоценоза. В процессе своей жизнедеятельности они создают условия для развития других высших форм жизни. Как часть биоценоза, микроорганизмы постоянно находятся во взаимодействии со всеми его компонентами и, в первую очередь, с растениями [4].

Азот, фиксируемый почвенными микроорганизмами, называется «биологическим», а микроорганизмы, связывающие молекулярный азот - азотфиксаторами, или diaзотрофами.

Биологическая фиксация молекулярного азота из атмосферы – один из возможных и экологически чистых источников пополнения азотного фонда пахотных почв [5].

В связи с этим, вопрос дефицита минерального азота можно, в определенной степени, решить с помощью «биологического» азота, фиксированного почвенными микроорганизмами. Использование микробиологической азотфиксации позволит сократить энергетические затраты, связанные с производством минеральных азотных удобрений, и сократить их внесение в почву, что, в свою очередь, снизит негативное воздействие минерального азота на окружающую среду [6].

Установлено, что большинство бактериальных препаратов улучшает питательный режим растений за счет мобилизации почвенных запасов макро- и микроэлементов. Поэтому актуальность изучения совместного применения биопрепаратов и минеральных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур очевидна – оптимизация экологического состояния агроландшафтов возможна на основе рационального сочетания различных видов минеральных удобрений и биопрепаратов [7].

Таким образом, система удобрения сельскохозяйственных культур должна предусматривать применение таких удобрений, способных фиксировать азот и частичную замену минерального азота биологическим за счет симбиотической или ассоциативной азотфиксации путем применения бактериальных препаратов.

Как показывают опыты, проведенные на различных почвах, бактериальные удобрения способствуют существенному увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [8, 9, 10, 11, 12].

**Методика исследований.** Целью наших исследований являлось изучение влияния минеральных и бактериальных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур: сои, проса, картофеля и арбуза.

Исследования по применению удобрений под арбуз, картофель и сою проводили на черноземе обыкновенном мицелярно-карбонатном, под просо – на черноземе южном в Ростовской области. Технология выращивания сельскохозяйственных культур общепринятая в соответствующих зонах. Сою, картофель и арбуз возделывали на орошении, просо – в богарных условиях.

Опыты с арбузом выполнены в 2007-2009 гг. в Семикаракорском районе, с соей – в 2005-2011 гг. в Веселовском районе. В первом случае использовали бактериальные удобрения – ризоторфин (р/т) на основе ассоциативных азотфиксаторов Азоризин-8 и Агрофил, во втором – в разные годы исследований были испытаны симбиотические азотфиксаторы со штаммами бактерий 634б, 640б, 645б, 626а и МБ-85. Изучение эффективности удобрений, вносимых под картофель в Усть-Донецком районе и под просо в Каменском районе проведены в 2010-2012 гг. Применяли ассоциативные азотфиксаторы: для картофеля - Флавобактерин 30, Мобилин, штаммы 30, штаммы 18-5, 204, 880 и ПГ-5; для проса - Азоризин-6, Азоризин-8 и штамм 17-1. Все бактериальные удобрения произведены и предоставлены ВНИИСХМ.

Бактериальные удобрения под арбуз и просо вносили при посеве через туковысевающий аппарат сеялки в смеси с наполнителем (сухая

структурированная почва) [13], под сою - путем предпосевной инокуляции семян, а под картофель - путем обработки клубней перед высадкой. Во всех случаях применялась гектарная норма бактериального препарата. Минеральные удобрения под все культуры вносили под предпосевную культивацию. Схемы применения удобрений приведены в таблице.

**Результаты исследований.** В опытах с соей наиболее эффективным за все годы исследований оказался штамм бактерий 626а, как на естественном фоне плодородия чернозема обыкновенного, так и на фоне применения минеральных удобрений. Урожайность от инокуляции семян бактериями на естественном фоне питания повысилась до 2,15 т/га, прибавка к контролю составила 0,33 т/га или 18,1 % (табл.).

На контроле урожайность в среднем за годы исследований составила 1,82 т/га с варьированием по годам от 1,21 т/га (2006 год) до 2,62 т/га (2011 год).

Применение минеральных удобрений приводило к существенному увеличению урожайности. Причем прирост урожайности зависел от дозы минерального азота: чем доза больше, тем урожайность была выше.

Максимальный эффект получен от совместного применения минеральных и бактериальных удобрений. Следовательно, штамм бактерий 626а обладает не только высокой активностью, вирулентностью и толерантностью к естественной почвенной микрофлоре, но и хорошо переносит увеличение концентрации азота в почвенном растворе. Максимальная урожайность получена от инокуляции семян сои на фоне  $N_{90}P_{45}K_{60}$  – 2,72 т/га. Это на 0,90 т/га или на 49,5 % больше, чем в контроле.

Неплохой эффект получен от предпосевной инокуляции семян сои штаммом симбиотических азотфиксаторов 634б. Однако прибавки урожайности уступали действию штамма 626а. В среднем за годы исследований урожайность составила 2,03 т/га, прибавка к контролю – 0,21 т/га.

Таблица – Влияние удобрений на урожайность  
сои, арбуза, проса и картофеля, т/га.

Вариант	Урожай- ность	Прибавка к контролю		Вариант	Урожай- ность	Прибавка к контролю	
		т/га	%			т/га	%
soя, среднее за 2005-2011 гг.				арбуз, среднее за 2007-2009 гг.			
Контроль	1,82	-	-	Контроль	38,3	-	-
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,14	0,32	17,6	N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	46,4	8,1	21,1
N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,26	0,44	24,2	N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	48,0	9,7	25,5
N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,51	0,69	37,9	N <sub>120</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	50,3	12,0	31,3
P/т 626а	2,15	0,33	18,1	Азоризин-8	42,3	4,0	10,4
p/т 626а + N <sub>30</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,31	0,49	26,9	Азоризин-8 +N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	54,1	15,8	41,3
p/т 626а + N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,44	0,62	34,1	Азоризин-8 +N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	56,3	18,0	47,0
p/т 626а + N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	2,72	0,90	49,5	Азоризин-8 +N <sub>80</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	60,0	21,7	56,7
просо, среднее за 2010 - 2012 гг.				картофель, среднее за 2010- 2012 гг.			
Контроль	1,89	-	-	Контроль	12,4	-	-
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	2,33	0,44	23,3	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,6	1,2	9,7
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	2,34	0,45	23,8	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,7	1,3	10,5
N <sub>40</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub>	2,48	0,59	31,2	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	13,9	1,5	12,1
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub>	2,61	0,72	38,1	18-5	13,5	1,1	8,9
Азоризин-6	2,13	0,24	12,7	18-5 + N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	14,2	1,8	14,5
Азоризин-6 + N <sub>40</sub> P <sub>40</sub>	2,36	0,47	24,9	18-5 + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	15,0	2,6	20,1

На вариантах с совместным применением минеральных и бактериальных удобрений отмечены те же закономерности, что и со штаммом 626а.

Применение других штаммов симбиотических азотфиксаторов на сое было менее эффективным.

Хорошие результаты дало применение под арбуз ассоциативных азотфиксаторов. Применение штамма Азоризин-8 способствовало повышению урожайности до 42,3 т/га, что на 4,0 т/га или 10,4 % больше, чем в контроле.

В блоке вариантов минерального питания урожайность арбуза повышалась с увеличением дозы азота до 120 кг/га, фосфора и калия - до 160 кг/га. В среднем за три года она была максимальной в варианте  $N_{120}P_{160}K_{160}$  - 50,3 т/га, абсолютная прибавка урожайности к контролю составила 12,0 т/га, а относительная - 31,3 %. Дальнейшее увеличение дозы NPK приводило к снижению эффекта.

В вариантах с сочетанием минеральных удобрений и Азоризина урожайность арбуза повысилась более существенно, максимально - на фоне  $N_{80}P_{160}K_{160}$ . Урожайность составила 60,0 т/га, что на 21,7 т/га выше контроля. По сравнению с лучшим вариантом в блоке с минеральными удобрениями -  $N_{120}P_{160}K_{160}$  преимущество составило 25,4 %. Даже сочетание Азоризина с  $N_{60}P_{120}K_{120}$  дало эффект на 10 % больше, чем  $N_{120}P_{160}K_{160}$ . Следовательно, бактериальные удобрения не только обеспечили экономию 60 кг/га азота и по 40 кг/га  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , но при этом еще и урожайность повысилась на 6 т/га. Применение Агрофила оказалось менее эффективным.

Выявлена очень сильная положительная реакция проса на улучшение условий минерального питания. Внесение  $N_{40}P_{40}$  увеличивало урожайность до 2,33 т/га, прибавка к контролю – 0,44 т/га. Добавление калия к фону  $N_{40}P_{40}$  увеличивало урожайность всего на 0,01 т/га. Большой эффект получен от увеличения дозы фосфора, а затем и азота. Урожайность повы-

шалась с увеличением дозы азота и фосфора до 80 кг/га в сочетании с  $K_2O$ . В среднем за три года исследований в варианте  $N_{80}P_{80}K_{40}$  урожайность составила 2,61 т/га, а прибавка к контролю - 0,72 т/га или 38,1 %.

Лучшим за три года исследований из всех штаммов бактерий был Азоризин-6. Инокуляция семян способствовала увеличению урожайности в сравнении с контролем в среднем на 12,7 %. Использование других штаммов дало значительно более скромные результаты. Урожайность проса в контроле в среднем за три года составила 1,89 т/га.

Применение бактериальных удобрений под просо на фоне минеральных удобрений практически не изменило урожайность. По-видимому, бактерии штамма Азоризин-6 испытывали угнетение при увеличении концентрации минеральных веществ, в частности азота, в почве.

Урожайность картофеля в контроле в среднем за три года составила 12,4 т/га. Наиболее эффективным из всех испытанных штаммов оказался штамм 18-5. Урожайность здесь составила 13,5 т/га, прибавка к контролю – 1,1 т/га или 8,9 %. Влияние бактериальных удобрений, содержащих другие штаммы микроорганизмов, оказалось значительно слабее.

В блоке вариантов минерального питания минимальный эффект дало применение минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . С повышением дозы азота он увеличивался. В варианте  $N_{90}P_{60}K_{60}$  урожайность составила 13,7 т/га, это выше контроля на 1,3 т/га или 10,5 %. Хотя, по сравнению с вариантом с меньшей дозой азота, прибавка составила всего 0,1 т/га.

Увеличение дозы фосфора в составе полного удобрения до 90 кг/га позволило получить урожайность на уровне 13,9 т/га, что на 1,5 т/га больше, чем на контроле и на 0,2 т/га больше, чем на варианте с меньшей дозой фосфора.

Наиболее высокие результаты обеспечило внесение штамма 18-5 в сочетании с минеральными удобрениями. Максимальная урожайность в опыте получена на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 15,0 т/га, прибавка к контролю соста-

вила 20,1 %. По сравнению с фоном минеральных удобрений в такой дозе, но без бактерий урожайность картофеля увеличивалась на 1,4 т/га или 10,3%. При уменьшении дозы азота вдвое в этом сочетании прибавка урожайности на 0,8 т/га меньше, но сэкономлено 30 кг/га азота.

**Заключение.** Из всех испытанных штаммов азотфиксирующих бактерий на черноземных почвах Ростовской области наибольший эффект получен от применения в опытах с арбузом – штамма Азоризин-8, проса – штамма Азоризин-6, сои – штамма 626а и картофеля – штамма 18-5. Максимальный прирост урожайности при возделывании арбуза, картофеля и сои получен при совместном применении минеральных и бактериальных удобрений. По сравнению с контролем она увеличивалась на 22,9-56,7 %. Это давало возможность сэкономить применение минерального азота на 30-60 кг/га, и снизить его негативное воздействие на окружающую среду. Оптимальная система удобрения: для арбуза - Азоризин-8 +  $N_{60-80}P_{120-160}K_{120-160}$ ; картофеля – штамм 18-5 +  $N_{30}P_{60}K_{60}$ ; проса –  $N_{80}P_{80}K_{40}$  или Азоризин-6; сои - штамм 626а +  $N_{60}P_{45}K_{60}$ .

## Литература

1. Агафонов Е.В., Громаков А.А. Влияние рельефа и удобрений на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность ярового ячменя. пос. Персиановский, 2008, 142 с.
2. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. М.: Агропромиздат. 1990. 287 с.
3. Гамаюн И.М., Пилипенко А.Д. Бактериальные удобрения // Наука – производству: Сборник научных трудов. Тирасполь, 2000. С. 219-224.
4. Тихонович И.А., Кравченко Л.В., Шапошников А.И. Ризосфера как наномолекулярный интерфейс растительно-микробных систем // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 4. С. 19-21.
5. Куренкова С.В. Табаленкова Г.Н. Влияние ризоагрина на рост и продуктивность ячменя // Агрехимия. 2004. № 3. С. 25-32.
6. Удобрение арбуза при орошении с максимальным использованием биологического азота / Е.В. Агафонов, В.С. Барыкин, С.А. Гужвин и др. п. Персиановский, 2010. 140 с.

7. Пронько В.В., Алинкина Т.А. Влияние азотных удобрений и препаратов ассоциативных diaзотрофов на урожайность зернового сорго и биологическую активность чернозема южного // Проблемы агрохимии и экологии. 2011. № 4. С. 8-12.

8. Агафонов Е.В., Гужвин С.А., Абраменко С.В. Применение бактериальных удобрений под сельскохозяйственные культуры // Значение и перспективы агрохимических исследований в повышении продуктивности земледелия: Материалы науч. конф. пос. Персиановский, 2011. С. 23-26.

9. Завалин А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9-11.

10. Кокорина А.Л., Кожемяков А.П., Тимофеева С.В. Эффективность влияния биопрепаратов комплексного действия на продуктивность овощных культур в различных регионах России // Известия СПб государственного аграрного университета. 2005. № 2. С. 41-48.

11. Лукин С.М., Марчук Е.В. Влияние биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 18-21.

12. Сергеева И.И. Изучение азотного питания растений при использовании регуляторов роста растений и бактериальных препаратов // Агрохимический вестник. 2007. № 5. С. 38-40.

10. Пат. 2454060 Российская Федерация, МПК<sup>51</sup> А01С 21/00. Способ внесения бактериальных удобрений в ризосферу растений, высеваемых пневматическими сеялками на черноземах [Текст] / Е.В. Агафонов, В.С. Барыкин, А.Я. Чернов, С.А. Гужвин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет». - № 2010147197/13; заявл. 18.11.2010; опубл. 27.06.2012, Бюл. № 18.