

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА АГРОМИК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

В. Н. БОСАК, Т. В. САЧИВКО, М. П. АКУЛИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: bosak1@tut.by; sachyuka@rambler.ru

З. М. АЛЕЩЕНКОВА, Н. Г. КЛИШЕВИЧ

Институт микробиологии НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: aleschenkova@mbio.bas-net.by; nataliklis@mail.ru

(Поступила в редакцию 14.04.2020)

В современном земледелии применение микробных препаратов наряду с другими агрохимическими приемами (применение минеральных и органических удобрений, агромелиорантов и средств защиты растений) обеспечивает получение высокой урожайности с благоприятным качеством товарной продукции, сохранение и повышение почвенного плодородия. Микробные препараты обеспечивают биологическую мобилизацию труднодоступных соединений питательных веществ из почвы и удобрений (азота, фосфора, калия, других макро- и микроэлементов), участвуют в стимуляции роста и развития растений, играют существенную фитосанитарную роль в агробиоценозах.

В совместных полевых и лабораторных исследованиях Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и Института микробиологии НАН Беларуси изучено влияние микробного препарата Агромик на микробиологическую активность ризосферной дерново-подзолистой суглинистой почвы, а также урожайность зеленой массы базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L) сорта Володар и укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский.

Микробный препарат Агромик создан на основе штаммов азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий, а также инокулюма арбускулярно-микоризных грибов в Институте микробиологии НАН Беларуси.

В результате исследований установлено, что применение микробного препарата Агромик повысило урожайность зеленой массы базилика обыкновенного на 0,19–0,25 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,78–1,84 кг/м², укропа пахучего – на 0,13 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,20 кг/м².

Обработка семян, корневой системы растений и посевов базилика обыкновенного и укропа пахучего микробным препаратом Агромик увеличила в почве концентрацию фосфатмобилизирующих и олигонитрофильных (в том числе азотфиксирующих) бактерий, а также микроорганизмов, усваивающих органические и минеральные формы азота.

Ключевые слова: базилик, укроп, микробный препарат, микробиологическая активность почвы, урожайность.

In modern agriculture, the use of microbial preparations along with other agrochemical methods (the use of mineral and organic fertilizers, agromeliorants and plant protection products) ensures high yields with favorable quality of marketable products, preservation and increase of soil fertility. Microbial preparations provide biological mobilization of hard-to-reach nutrient compounds from the soil and fertilizers (nitrogen, phosphorus, potassium, other macro- and microelements), participate in stimulating plant growth and development, and play a significant phytosanitary role in agrobiocenoses.

In the joint field and laboratory studies of Belarusian State Agricultural Academy and the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, they studied the effect of the microbial preparation Agromik on the microbiological activity of the rhizosphere sod-podzolic loamy soil, as well as the yield of green mass of common basil (*Ocimum basilicum* L) of the variety Volodar, and of common dill (*Anethum graveolens* L.) of the variety Gribovskii. The microbial preparation Agromik was created on the basis of strains of nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria, as well as the inoculum of arbuscular-mycorrhizal fungi at the Institute of Microbiology of the NAS of Belarus.

As a result of studies, it was found that the use of microbial preparation Agromik increased the yield of green mass of common basil by 0.19-0.25 kg / m² with a total yield of green mass of 1.78-1.84 kg / m², common dill – by 0.13 kg / m² with a total yield of green mass of 1.20 kg / m². The treatment of seeds, root systems of plants and crops of common basil and dill with the microbial preparation Agromik increased the concentration of phosphate-mobilizing and oligonitrophilic (including nitrogen-fixing) bacteria in the soil, as well as microorganisms that absorb organic and mineral forms of nitrogen.

Key words: basil, dill, microbial preparation, microbiological activity of the soil, productivity.

Введение

Микробные препараты, наряду с применением минеральных и органических удобрений и другими агротехническими приемами, в современном земледелии играют значительную роль в обеспечении высокой урожайности и качества растениеводческой продукции [1–6].

Применение микробных препаратов обеспечивают повышение продуктивности за счет биологической (микробной) мобилизации основных элементов минерального питания (азот, фосфор, калий, микроэлементы), стимуляции роста, а также выполняет фитосанитарные функции, повышая устойчивость растений к различным заболеваниям. Кроме того, использование бактериальных удобрений создает также условия для экономии минеральных удобрений, что делает их незаменимым компонентом органического земледелия [7–15].

В Республике Беларусь и на мировом рынке довольно широко представлены микробные и бактериальные удобрения на основе азотфиксирующих бактерий для бобовых и небобовых, что обусловлено перспективностью биологической азотфиксации в качестве источника связанного азота для обеспечения потребностей сельскохозяйственных культур, а также препараты на основе калиймобилизирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов. Перспективным направлением является применение препаратов, сочетающих различные группы микроорганизмов, участвующие в мобилизации нескольких питательных элементов из почвы и удобрений [9, 10, 14, 16–20].

Цель исследования – изучить влияние микробного препарата Агромик на микробиологическую активность почвы и урожайность базилика обыкновенного и укропа пахучего.

Основная часть

Исследования по изучению микробиологической активности почвы и урожайности пряно-ароматических культур проводили в полевых и лабораторных опытах в совместных исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и Института микробиологии НАН Беларуси на протяжении 2017–2019 гг.

Полевые опыты проводились в ботаническом саду УО БГСХА на окультуренно дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с базиликом обыкновенным (*Ocimum basilicum* L.) сорта Володар и укропом пахучим (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский согласно общепринятым методикам [21–23].

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} 6,5–6,8, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг, гумуса (0,4 н $K_2Cr_2O_7$) – 2,9–3,1 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Схема опытов включала варианты без применения удобрений, вариант с внесением под предпосевную культивацию $N_{60}P_{50}K_{80}$ (карбамид, аммофос, сульфат калия), а также варианты с применением микробного препарата Агромик (табл. 1–2).

Препарат микробный Агромик жидкий получают на основе ассоциативного азотфиксирующего штамма *Rhizobium rhizogenes* БИМ В-486Д, фосфатмобилизирующего штамма *Pseudomonas lini* БИМ В-485Д (в соотношении 1:1) и инокулюма арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus* (1,0 %) (ГУ ВУ 100289066. 092-2012). Микробный препарат Агромик предназначен для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений с целью повышения урожайности и устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды; внесен в Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь [24].

В исследованиях с базиликом обыкновенным микробный препарат Агромик применяли в сочетаниях: а) обработка корневой системы перед высадкой рассады + полив при посадке; б) полив при посадке + полив через 10 дней. При возделывании укропа пахучего микробный препарат Агромик применяли для предпосевной обработки семян + полив посевов через 10 дней.

Учет урожая зеленой массы базилика обыкновенного и укропа пахучего проводили в фазу цветения. Почвенные образцы для определения микробиологической активности отбирали весной перед закладкой опытов (смешанный образец) и после уборки урожая (образцы по опытным вариантам).

Плотность популяций микроорганизмов различных эколого-трофических групп в ризосферной почве изучали методом разведения и поверхностного посева почвенной суспензии на соответствующие агаризованные питательные среды (среда Муромцева, среда Эшби) [25, 26].

Усваивающие минеральные формы азота выявляли на КАА (крахмал-аммиачный агар), г/л: крахмал – 10, $(NH_4)_2SO_4$ – 2; K_2HPO_4 – 1; $MgSO_4$ – 1; $CaCO_3$ – 3; агар-агар – 20; H_2O – 1000 мл.

Усваивающие органические формы азота учитывали на МПА (мясо-пептонный агар): МПБ (мясо-пептонный бульон) – 900 мл; H_2O – 100 мл; агар-агар – 20 г; маннит – 10 г.

Как показали результаты испытаний, применение микробного препарата Агромик в среднем за годы исследований повысило урожайность зеленой массы базилика обыкновенного сорта Володар на 0,19–0,25 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,78–1,84 кг/м², укропа пахучего сорта Грибовский – на 0,13 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,20 кг/м² (табл. 1–2). Внесение до посева укропа пахучего полного минерального удобрения $N_{60}P_{50}K_{80}$ способствовало увеличению урожайности на 0,24 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,07 кг/м².

Применение микробного препарата Агромик в исследованиях оказало влияние на микробиологическую активность ризосферной почвы. Следует отметить, что в системе почва – микроорганизмы происходят закономерные и планомерные изменения количества и качества микроорганизмов,

направленности и напряженности микробиологических процессов, что называется микробной сукцессией [25].

Аммонифицирующие микроорганизмы, усваивающие органические формы азота – одна из важнейших физиологических групп, участвующих в трансформации органических соединений. В состав этой группы входят неспорообразующие аммонифицирующие микроорганизмы, начинающие разложение органического вещества, а также спорообразующие аммонификаторы, продолжающие данный процесс на более глубоких стадиях его распада.

Численность микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, является показателем хода минерализации органического вещества.

Важной эколого-трофической группой, участвующей в круговороте азота, являются олигонитрофильные микроорганизмы, способные переносить длительные периоды голодания, используя как свою эндогенную систему метаболизма, так и труднодоступные для других микроорганизмов субстраты. Олигонитрофильные микроорганизмы могут разлагать растительные остатки с широким соотношением C:N. Они используют органические и неорганические соединения азота и функционируют как аммонификаторы и азотфиксаторы.

Таблица 1. Влияние микробного препарата Агромик на численность микроорганизмов в почве и урожайность зеленой массы базилика обыкновенного

Вариант	Общее микробное число, КОЕ/г				Зеленая масса, кг/м ²
	среда Муромцева (глюкозоаспарагиновая); фосфатмобилизующие бактерии		среда Эшби; олигонитрофильные бактерии (в т.ч. азотфиксирующие)		
	до посадки	уборка	до посадки	уборка	
Контроль без удобрений	$(5,6 \pm 0,75) \times 10^6$	$(3,9 \pm 0,17) \times 10^6$	$(5,0 \pm 0,44) \times 10^6$	$(5,9 \pm 0,10) \times 10^6$	1,59
Агромик (обработка корневой системы + полив при посадке)	$(5,6 \pm 0,75) \times 10^6$	$(2,2 \pm 0,14) \times 10^7$	$(5,0 \pm 0,44) \times 10^6$	$(2,8 \pm 0,11) \times 10^7$	1,84
Агромик (полив при посадке + полив через 10 дней)	$(5,6 \pm 0,75) \times 10^6$	$(1,2 \pm 0,20) \times 10^7$	$(5,0 \pm 0,44) \times 10^6$	$(1,1 \pm 0,26) \times 10^7$	1,78
НСР ₀₅					0,11

Вариант	Общее микробное число, КОЕ/г			
	микроорганизмы, усваивающие органические формы азота (МПА)		микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота (КАА)	
	до посадки	уборка	до посадки	уборка
Контроль без удобрений	$(4,7 \pm 0,49) \times 10^6$	$(5,4 \pm 0,40) \times 10^6$	$(4,1 \pm 0,22) \times 10^6$	$(5,0 \pm 0,78) \times 10^6$
Агромик (обработка корневой системы + полив при посадке)	$(4,7 \pm 0,49) \times 10^6$	$(2,5 \pm 0,13) \times 10^7$	$(4,1 \pm 0,22) \times 10^6$	$(2,0 \pm 0,05) \times 10^7$
Агромик (полив при посадке + полив через 10 дней)	$(4,7 \pm 0,49) \times 10^6$	$(1,0 \pm 0,33) \times 10^7$	$(4,1 \pm 0,22) \times 10^6$	$(1,3 \pm 0,10) \times 10^7$

Таблица 2. Влияние микробного препарата Агромик на численность микроорганизмов в почве и урожайность зеленой массы укропа пахучего

Вариант	Общее микробное число, КОЕ/г				Зеленая масса, кг/м ²
	среда Муромцева (глюкозоаспарагиновая); фосфатмобилизующие бактерии		среда Эшби; олигонитрофильные бактерии (в т.ч. азотфиксирующие)		
	до посева	уборка	до посева	уборка	
Контроль без удобрений	$(4,5 \pm 0,26) \times 10^6$	$(4,6 \pm 0,14) \times 10^6$	$(5,1 \pm 0,24) \times 10^6$	$(4,2 \pm 0,50) \times 10^6$	0,83
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀	$(4,5 \pm 0,26) \times 10^6$	$(6,4 \pm 0,36) \times 10^6$	$(5,1 \pm 0,24) \times 10^6$	$(7,0 \pm 0,39) \times 10^6$	1,07
НРК + Агромик (обработка семян + полив через 10 дней)	$(4,5 \pm 0,26) \times 10^6$	$(9,2 \pm 0,39) \times 10^6$	$(5,1 \pm 0,24) \times 10^6$	$(8,4 \pm 0,39) \times 10^6$	1,20
НСР ₀₅					0,05

Вариант	Общее микробное число, КОЕ/г			
	микроорганизмы, усваивающие органические формы азота (МПА)		микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота (КАА)	
	до посева	уборка	до посева	уборка
Контроль без удобрений	$(5,7 \pm 0,16) \times 10^6$	$(4,2 \pm 0,58) \times 10^6$	$(3,7 \pm 0,27) \times 10^6$	$(5,2 \pm 0,18) \times 10^6$
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀	$(5,7 \pm 0,16) \times 10^6$	$(1,1 \pm 0,09) \times 10^7$	$(3,7 \pm 0,27) \times 10^6$	$(6,8 \pm 0,31) \times 10^6$
НРК + Агромик (обработка семян + полив через 10 дней)	$(5,7 \pm 0,16) \times 10^6$	$(1,2 \pm 0,42) \times 10^7$	$(3,7 \pm 0,27) \times 10^6$	$(8,6 \pm 0,27) \times 10^6$

Фосфатмобилизующие микроорганизмы в процессе жизнедеятельности используют несколько механизмов трансформации фосфатов: а) растворение минеральных и органических фосфатов в результате образования кислот; б) ферментативное дефосфолирование органических соединений фосфора при участии ферментов-фосфатаз; в) потребление доступного фосфора из закрепленного в биомассе микроорганизмов. Результатом превращений является высвобождение доступного фосфора в виде

минеральных легкорастворимых солей фосфорной кислоты в почвенный раствор, которые дальше поступают в корни растений.

В исследованиях с базиликом обыкновенным применение биопрепарата Агромик увеличивало количество микроорганизмов изученных эколого-трофических групп с более высокими показателями микробиологической активности в варианте с обработкой корневой системы рассады базилика перед посадкой с последующем поливе при посадке. Численность фосфатмобилизирующих бактерий в варианте с обработкой корневой системы биопрепаратом Агромик и последующим поливом при посадке составило $(2,2 \pm 0,14) \times 10^7$ КОЕ/г, олигонитрофильных бактерий (в т.ч. азотфиксирующих) – $(2,8 \pm 0,11) \times 10^7$, микроорганизмов, усваивающих органические формы азота – $(2,5 \pm 0,13) \times 10^7$, микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота – $(2,0 \pm 0,05) \times 10^7$ КОЕ/г.

В исследованиях с укропом пахучим применение полного минерального удобрения увеличило количество микроорганизмов всех изученных эколого-трофических групп в ризосферной почве, при этом их максимальная концентрация была получена в варианте с совместным применением НРК и биопрепарата Агромик (обработка семян + полив через 10 дней). Численность фосфатмобилизирующих бактерий в данном варианте составило $(9,2 \pm 0,39) \times 10^6$ КОЕ/г, олигонитрофильных бактерий (в т.ч. азотфиксирующих) – $(8,4 \pm 0,39) \times 10^6$, микроорганизмов, усваивающих органические формы азота – $(1,2 \pm 0,42) \times 10^7$, микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота – $(8,6 \pm 0,27) \times 10^6$ КОЕ/г.

Заключение

В исследованиях на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве применение микробного препарата Агромик повысило урожайность базилика обыкновенного сорта Володар на $0,19\text{--}0,25$ кг/м² при общей урожайности зеленой массы $1,78\text{--}1,84$ кг/м², укропа пахучего сорта Грибовский – на $0,13$ кг/м² при общей урожайности зеленой массы $1,20$ кг/м².

Обработка семян, корневой системы растений и посевов базилика обыкновенного и укропа пахучего микробным препаратом Агромик увеличила в ризосферной почве количество фосфатмобилизирующих бактерий, олигонитрофильных бактерий (в т.ч. азотфиксирующих), а также микроорганизмов, усваивающих органические и минеральные формы азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Применение минеральных удобрений при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, О. Н. Минюк // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГТАУ, 2019. – Т. 45. – С. 9–15.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
3. Применение агромелиорантов при возделывании зеленных и пряно-ароматических культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич и др. // Вестник БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 94–99.
4. Смеянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смеянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа, Н. И. Смеян, И. М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
6. Schubert, S. Pflanzenernährung / S. Schubert. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2018. – 234 S.
7. Агроэкономическая эффективность применения минеральных удобрений и Фитостимифоса при возделывании сельскохозяйственных культур / В. Н. Босак, В. В. Скорина, З. М. Алещенкова, М. Е. Кошман, Т. В. Колоскова, О. Н. Минюк // Вестник БГСХА. – 2011. – № 1. – С. 76–79.
8. Босак, В. Н. Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество бобов овощных / В. Н. Босак, О. Н. Минюк // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 12–13.
9. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
10. Босак, В. Н. Применение бактериальных препаратов при возделывании зернобобовых культур / В. Н. Босак // Научные труды Академии управления при Президенте Республики Беларусь. – 2015. – Вып. 17. – С. 46–52.
11. Босак, В. Н. Семенная продуктивность овощной фасоли в зависимости от применения удобрений и биопрепаратов / В. Н. Босак, О. Н. Минюк // Вестник БГСХА. – 2014. – № 1. – С. 92–96.
12. Кошман, М. Е. Особенности применения минеральных удобрений и биопрепарата фитостимифос при возделывании томата / М. Е. Кошман, В. Н. Босак // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 41. – С. 40–43.
13. Основные приемы возделывания сои в Республике Беларусь / В. Н. Халецкий [и др.]. – Минск: НАН Беларуси, 2012. – 23 с.
14. Применение удобрений при возделывании сои / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2011. – 23 с.
15. Deepshikha, T. Phosphate solubilising microorganisms: role in phosphorus nutrition of crop plants / T. Deepshikha, K. Rajesh, S. Vineet // Agricultural Review. – 2014. – Vol. 35. – P. 159–171.
16. Акулич, М. П. Урожайность и качество укропа пахучего в зависимости от применения минеральных удобрений, агромелиорантов и биопрепаратов / М. П. Акулич, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2019. – Т. 27. – С. 6–11.

17. Кочурко, В. И. Влияние микробного препарата Агромик на урожайность зерна ярового ячменя в условиях южной зоны республики / В. И. Кочурко, Е. Э. Акбарова, Е. М. Ритвинская // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2017. – Вып. 53. – С. 103–105.
18. Савчиц, Т. Л. Микробный препарат Агромик для стимуляции роста и развития декоративных насаждений / Т. Л. Савчиц, В. А. Тимофеева, Л. А. Головенко, З. М. Алешенкова // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2015. – № 21. – С. 60–65.
19. Соловьева, Е. В. Применение микробного препарата Агромик в растениеводстве / Е. В. Соловьева, З. М. Алешенкова // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2017. – Вып. 53. – С. 92–96.
20. Способ оптимизации фосфатного режима почвы при возделывании сельскохозяйственных культур / В. Н. Босак [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. – 2016. – Т. 8. – С. 148–162.
21. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
22. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 650 с.
23. Особенности агротехники и селекции базилика (*Ocimum L.*) / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 28 с.
24. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2020. – Режим доступа: <http://www.ggiskzr.by>. – Дата доступа 24.02.2020.
25. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М., 2005. – 328 с.
26. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильников, Г. И. Переверзева. – М.: ООО «Дрофа», 2004. – 256 с.