

## **БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

УДК 579.64: 631.46: 631.31/37

*В. Н. БОСАК<sup>1</sup>, Г. В. САФРОНОВА<sup>2</sup>, З. М. АЛЕЩЕНКОВА<sup>2</sup>,  
О. Н. МИНЮК<sup>1</sup>*

### **СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ФОСФАТНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
Минск, Беларусь, bosak1@tut.by*

*<sup>2</sup>Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
microbio@mbio.bas-net.by*

Исследовано влияние предпосевной обработки семян биопрепаратом «Фитостимифос», созданным на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* 2258СМФ, сочетающего фосфатмобилизацию с ростстимулирующим эффектом, на содержание доступного для растений фосфора в ризосферной почве овощных культур и их урожайность. Установлено в модельных и полевых опытах увеличение степени подвижности почвенных фосфатов в ризосфере редиса, моркови, огурцов и гороха в среднем на 20%. Урожайность этих культур возросла по сравнению с контролем в среднем на 32%. Обработка семян овощной фасоли и овощных бобов «Фитостимифосом» увеличила содержание легкодоступных соединений фосфора при сохранении подвижных соединений фосфора. Применение минеральных удобрений и биопрепарата «Фитостимифос» способствовало увеличению численности в ризосферной почве бобовых культур микроорганизмов, трансформирующих фосфаты кальция. Урожайность семян фасоли овощной и бобов овощных повышалась на 10,1–11,0 и 9,6–9,9 ц/га соответственно при содержании сырого протеина в семенах 22,9–23,0% и 19,2–19,3%.

**Введение.** Фосфор принадлежит к основным макроэлементам, необходимым для роста и развития растений: участвует в синтезе и распаде сахарозы, крахмала, белков, жиров и других соединений, входит в состав органических соединений: нуклеопротеидов, нуклеиновых кислот, липидов, фитина и т. д.

Помимо органических фосфатов в тканях растений в небольшом количестве присутствуют также неорганические фосфаты, которые играют важную роль в образовании буферной системы клеточного сока и служат резервом фосфора для образования различных фосфорорганических соединений. Фосфор в растительной клетчатке играет исключительную роль в энергетическом обмене, участвует в процессах деления и размножения, имеет важное значение в углеводном обмене, процессах фотосинтеза и брожения. При достаточном содержании фосфора ускоряется рост и развитие растений, образование репродуктивных органов и созревание растений, увеличивается урожайность и качество сельскохозяйственной продукции [1–5].

Дерново-подзолистые почвы, преобладающие в нашей стране, содержат от 0,06 (песчаные) до 0,16% (суглинистые) валового фосфора, большая часть которого представлена труднодоступными для растений органическими и минеральными соединениями. Сельскохозяйственные культуры используют лишь небольшую часть подвижных почвенных фосфатов, устойчивость и доступность которых зависит от кислотности почвы, активности разных катионов (прежде всего  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2-3+}$ ), применения удобрений, известкования и ряда других факторов.

В Республике Беларусь довольно остро стоит вопрос эффективности использования ресурсов фосфора, так как наша страна импортирует минеральное фосфатсодержащее сырье и готовые фосфорные удобрения, которые имеют самую высокую стоимость среди всех видов минеральных удобрений. Органические же удобрения содержат небольшое количество фосфора, при этом их запасы ограничены [1, 6, 7].

Растениями усваивается около 25% внесенных фосфорных удобрений, а 75% – связывается в почвах в труднорастворимые фосфаты. Недостаток фосфора в почве нарушает обмен веществ и энергии в растениях, что тормозит развитие, задерживает созревание и снижает урожайность.

Повышение доступности для растений труднорастворимых почвенных фосфатов может обеспечить биологическая фосфатмобилизация при использовании бактериальных удобрений на основе фосфатмобилизирующих бактерий [8–14].

Наряду с фосфатным режимом немаловажное значение в оптимизации почвенного плодородия имеет микробиологический режим почвы. Высокая биогенность (суммарная численность микроорганизмов агрономически ценных групп) является существенным показателем микробиологической активности почвы, так как активно развивающаяся ризосферная микрофлора не только трансформирует биогенные элементы, но и санирует почву.

Наиболее показательным для оценки плодородия почв и высокой продуктивности растений считают групповой состав микроорганизмов, связанных с циклом превращения азота: аммонифицирующие, в том числе спорообразующие аммонификаторы; усваивающие минеральный азот, в том числе актиномицеты; олигонитрофилы, в том числе азотфиксаторы, микромицеты. Важной группой микроорганизмов для роста и развития культур являются фосфатмобилизаторы. Численность и качественный состав микроорганизмов этих физиологических групп являются важным фактором, характеризующим пригодность почв для выращивания растений и получения высоких качественных урожаев [9, 13, 15].

**Цель исследования** – изучение эффективности использования биопрепарата «Фитостимофос» на фоне пониженных доз минеральных фосфорных удобрений для оптимизации фосфатного режима дерново-подзолистой супесчаной почвы при возделывании овощных культур.

**Материалы и методы.** Фосфатмобилизующую активность штамма *A. radiobacter* 2258СМФ устанавливали по руководству [16].

Ростстимулирующее влияние штамма *A. radiobacter* 2258СМФ на овощные культуры: огурцы сортов Конкурент и Белорусские, редис бело-розовый и лук-чернушку исследовали в серии лабораторных опытов [17].

Синтез биологически активных веществ штаммом *A. radiobacter* 2258СМФ изучали по руководствам [18, 19].

Препарат биологический «Фитостимофос» нарабатывали в соответствии с ТУ РБ 100289066. 022-2002 [20].

Влияние предпосевной обработки «Фитостимофосом» семян овощных культур редиса сорта Ультра, моркови сорта Нантская

и огурцов сорта Монастырские определяли в полевых опытах. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 4,9–5,9, содержание общего азота – 0,11–0,14%, гумус – 1,59–1,80%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 24,9–26,0 мг/100 г почвы,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 16,2–21,8 мг/100 г почвы, гидролитическая кислотность – 3,2–3,8 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 4,0–4,2 мг-экв./100 г почвы, емкость поглощения – 7,2–8,0 мг-экв./100 г почвы. Обработка почвы обычная. Под основную вспашку почвы в контроле вносили  $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$  в опыте –  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ . Также вносили доломитовую муку по  $\frac{1}{2}$  гидролитической кислотности. Учетная площадь делянок 1 м<sup>2</sup>, расположение однорядное, последовательное. Повторность – 4–6-кратная. Посев проводили вручную. Инокуляцию семян редиса сорта Ультра и моркови сорта Нантская в опытных вариантах проводили непосредственно перед посевом биологическим препаратом «Фитостимифос». Титр жизнеспособных клеток *A. radiobacter* 2258 СМФ на одно семя редиса сорта Ультра составлял  $1,74 \times 10^6$ , моркови сорта Нантская –  $9,59 \times 10^5$  КОЕ/семя. Огурцы сорта Монастырские сеяли наклюнувшимися семенами, бактеризованными перед проращиванием «Фитостимифосом» из расчета 3–5 млн жизнеспособных КОЕ/семя.

Влияние препарата «Фитостимифос» на степень подвижности почвенных фосфатов и урожай зерна гороха овощного сорта Миллениум определяли в полевых условиях на дерново-подзолистой почве, развивающейся на легком лесовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 6,2, гумус – 1,4%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 17,6 мг/100 г почвы,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 18,6 мг/100 г почвы. Общая площадь делянки – 54 м<sup>2</sup>, учетная – 43,8 м<sup>2</sup>, повторность опыта – четырехкратная. Норма высева семян – 200 кг/га. Семена культуры перед посевом обрабатывали 2%-ной рабочей жидкостью биологического препарата «Фитостимифос».

Степень подвижности почвенных фосфатов исследовали методом Скофилда [21].

Исследования по изучению фосфатного режима почвы и численности олигонитрофильных и фосфатмобилизирующих микро-

организмов в ризосферной почве проводили в полевых опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве в Пинском районе Брестской области с фасолью овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Магура и бобами овощными (*Vicia faba* L. var. *major* Harz) сорта Белорусские. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели:  $pH_{KCl}$  5,9–6,2, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 170–180 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 220–240 мг/кг, гумуса (0,4 н  $K_2Cr_2O_7$ ) – 2,0–2,3%, бора ( $H_2O$ ) – 0,5–0,6 мг/кг, меди (1 М HCl) – 1,5–1,7 мг/кг, цинка (1 М HCl) – 4,1–4,3 мг/кг, марганца (1 М KCl) – 0,4–0,6 мг/кг, молибдена (аксалатный буфер) – 0,08–0,09 мг/кг почвы (индекс агрохимической окультуренности 0,92).

Схема опыта предусматривала контрольный вариант без применения удобрений, вариант с внесением в предпосевную культивацию полного минерального удобрения  $N_{30}P_{40}K_{90}$  (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий), а также вариант с внесением пониженных доз фосфорных удобрений  $N_{30}P_{20}K_{90}$  и инокуляцией семян в день посева биопрепаратом «Фитостимифос» (2,5 л/га + 10 л  $H_2O$ ).

Агротехника возделывания фасоли овощной и бобов овощных – общепринятая для Беларуси.

Определение легкодоступных и подвижных соединений фосфора, а также труднорастворимых фосфатов в пахотном слое дерново-подзолистой почвы при возделывании фасоли овощной и бобов овощных проводили по методам Чирикова и Кирсанова [21].

Численность олигонитрофильных и фосфатмобилизирующих микроорганизмов в ризосферной почве овощных бобовых культур исследовали по общепринятым методикам [10, 22].

Статистическую обработку данных проводили при помощи статистического пакета Microsoft Excel по руководству [23].

**Результаты и обсуждение.** Во всем мире в последние десятилетия в технологии возделывания многих сельскохозяйственных культур широко используются микробные препараты на основе азотфиксирующих и фосфатсольбилизирующих микроорганизмов. В Институте микробиологии НАН Беларуси создан биологический препарат «Фитостимифос», предназначенный для

микробиологической фосфатмобилизации и повышения урожайности озимой ржи, ярового ячменя, овса, гороха, кукурузы, кормовой и сахарной свеклы.

Биологический препарат «Фитостимифос» получают путем глубинного культивирования фосфатмобилизующих бактерий *A. radiobacter* 2258СМФ. Штамм обладает комплексом полезных для растений свойств:

1. Переводит труднорастворимые фосфаты в доступную для растений водорастворимую форму, что особенно важно на ранних стадиях развития культур (рис. 1, 2). Диаметр зон «гало» фосфатов кальция на агаризованной среде Муромцева составлял 11,3–11,8 мм. Культура *A. radiobacter* 2258СМФ способна солюбилизировать более 50 мг/100 мл фосфора из  $AlPO_4$  и 36,2 мг/100 мл из  $FePO_4$ .

2. Стимулирует прорастание семян и ускоряет их рост. Инокуляция семян овощных культур *A. radiobacter* 2258СМФ повышает их всхожесть на 5–22%, а длину проростков увеличивает на 5–44% (рис. 3).

3. Синтезирует ростовые вещества, что подтверждает эффект ростстимуляции растений. Штамм *A. radiobacter* 2258СМФ, сочетающий фосфатмобилизацию с ростстимулирующим эффектом, синтезирует 45,4 мкг/мл ИУК, 0,4–0,8 мкг/мл рибофлавина и ряд аминокислот (табл. 1).

Биологический препарат «Фитостимифос», используемый в сельском хозяйстве, благодаря комплексному механизму действия повышает биологический потенциал выращиваемых растений, стимулируя размножение фосфатсолюбилизирующей микрофлоры, и, как следствие, увеличивает содержание подвижной  $P_2O_5$  в ризосферной почве и урожай культур.

Данные по определению эффективности инокуляции «Фитостимифосом» овощных культур при снижении доз

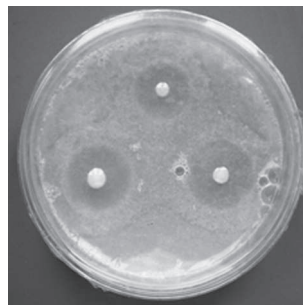


Рис. 1. Фосфатмобилизующая активность *A. radiobacter* 2258СМФ на агаризованной среде Муромцева, содержащей осажденный фосфат кальция

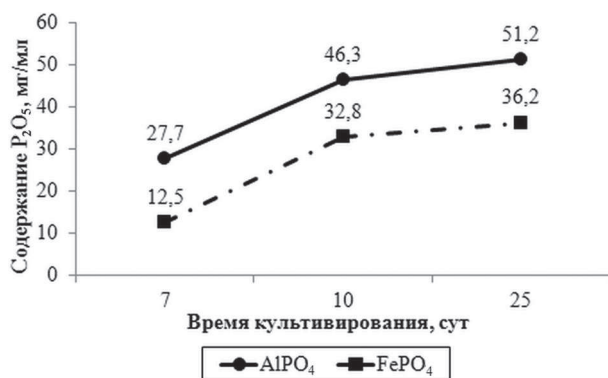


Рис. 2. Активность растворения фосфатов алюминия и железа штаммом *A. radiobacter* 2258СМФ в глубинной культуре

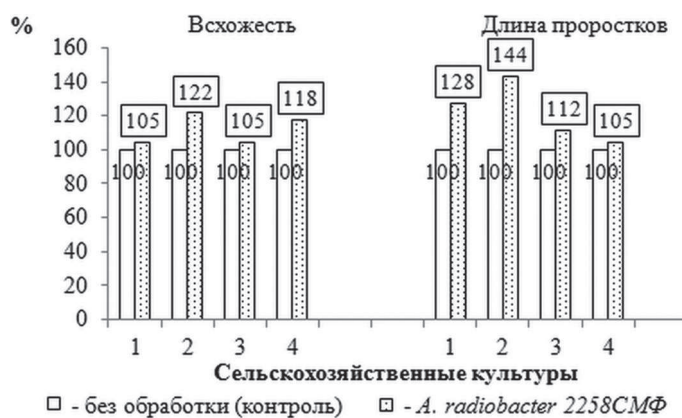


Рис. 3. Ростстимулирующее влияние *A. radiobacter* 2258СМФ на различные виды овощных культур: 1 – огурцы сорта Конкурент; 2 – огурцы сорта Белорусские; 3 – редис бело-розовый; 4 – лук-чернушка

минеральных фосфорных удобрений в модельном опыте приведены в табл. 2.

Содержание подвижной  $P_2O_5$  в ризосфере растений, инокулированных «Фитостимифосом» при снижении внесения фосфора с 90 до 60 кг/га, в среднем на 3,2 мг/100 г почвы выше контроля. Установлено повышение урожая редиса сорта Ультра на 53%

(в контроле 84,7 г/м<sup>2</sup>), моркови сорта Нантской – на 10% (в контроле 320,5 г/м<sup>2</sup>), огурцов сорта Монастырских – на 28% (в контроле 2784,7 г/м<sup>2</sup>).

Данные проверки эффективности биопрепарата «Фитостимифос» в полевых опытах представлены на рис. 4 и в табл. 3–5.

Таблица 2. Влияние предпосевной бактериализации семян биопрепаратом «Фитостимифос» на урожай овощных культур

| Вариант опыта   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г почвы | Средний вес плода, г |                |               | Средний урожай, г/м <sup>2</sup> |
|---|--|----------------------|----------------|---------------|----------------------------------|
|   |  | x                    | σ <sub>x</sub> | % от контроля |                                  |
| Редис сорта Ультра  |  |                      |                |               |                                  |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> (контроль)     | 16,4   | 4,2                  | 0,46           | –             | 84,7                             |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Фитостимифос | 19,8   | 6,49                 | 0,56           | 154           | 129,7                            |
| Морковь сорта Нантская  |  |                      |                |               |                                  |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> (контроль)     | 16,0   | 14,4                 | 0,80           | –             | 320,5                            |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Фитостимифос | 19,2   | 15,9                 | 0,87           | 110           | 352,6                            |
| Огурцы сорта Монастырские                                       |  |                      |                |               |                                  |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> (контроль)     | 15,9   | 80,5                 | 1,73           | –             | 2173,6                           |
| N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Фитостимифос | 19,0   | 87,0                 | 1,65           | 108           | 2784,7                           |

При проведении эксперимента в варианте опыта с исключением фосфорных удобрений и обработкой семян гороха овощного сорта Миллениум биопрепаратом «Фитостимифос» установлено увеличение степени подвижности почвенных фосфатов по сравнению с контролем и N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>: обеспеченность почвы фосфором по этому показателю была повышенной (согласно принятой в Беларуси группировки III группа) (рис. 4, а). Прибавка урожая зерна гороха овощного от использования «Фитостимифоса» для предпосевной бактериализации семян на фоне N<sub>30</sub>K<sub>60</sub> составляет 9,2 ц/га (в контроле 25,1 ц/га, в варианте опыта с применением N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> – 8,3 ц/га) (рис. 4, б).

Применение минеральных удобрений и биопрепарата «Фитостимифос» оказало значительное влияние на фосфатный режим почвы и численность фосфатмобилизующих микроорганизмов в ризосферной почве других возделываемых бобовых овощных культур (табл. 3–5).



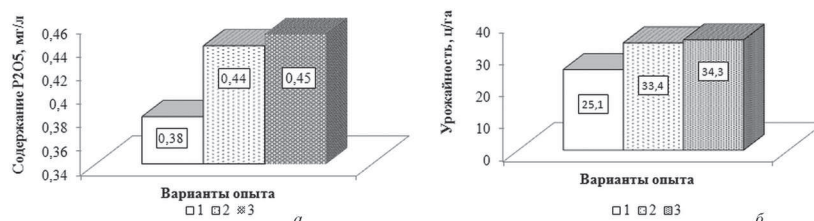


Рис. 4. Влияние биопрепарата «Фитостимифос» на степень подвижности почвенных фосфатов (а) и урожайность гороха овощного сорта Миллениум (б) (среднее за 2 года): 1 – без удобрений и обработки (контроль); 2 – N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>; 3 – N<sub>30</sub>K<sub>60</sub> + Фитостимифос

Предпосевная инокуляция семян фасоли овощной и бобов овощных биопрепаратом «Фитостимифос» на фоне пониженных доз фосфорных удобрений (P<sub>20</sub>) увеличила в пахотном горизонте дерново-подзолистой супесчаной почвы содержание легкодоступных соединений фосфора (0,5 М CH<sub>3</sub>COOH – по Чирикову): с 98–99 мг/кг до 102 и 103 мг/кг в фазе бутонизации и до 104 и 107 мг/кг – в фазе технологической спелости соответственно (табл. 3). В контрольном варианте без применения удобрений, а также в варианте с внесением полной дозы минеральных удобрений N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> вследствие активного потребления растениями легкодоступных соединений фосфора отмечено снижение их содержания с 98–99 до 92–93 мг/кг в исследуемые фазы.

В контрольном варианте без применения удобрений прослеживается тенденция снижения подвижных соединений фосфора (0,2 М HCl – по Кирсанову) с 175–176 мг/кг (перед посевом) до 171 мг/кг (фаза технологической спелости). В удобренных вариантах содержание подвижных соединений фосфора по мере роста и развития растений фасоли овощной и бобов овощных практически не изменилось.

Некоторая тенденция снижения труднорастворимых фосфатов (0,5 М HCl – по Чирикову) отмечена во всех исследуемых вариантах.

Применение минеральных фосфорных удобрений и предпосевная инокуляция семян биопрепаратом «Фитостимифос» увеличивали численность фосфатмобилизующих микроорганизмов, трансформирующих фосфаты кальция (табл. 4).

Таблица 3. Динамика фосфатного режима дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от применения удобрений и фазы роста при возделывании бобовых овощных культур, мг/кг

| Вариант  | 0,5 М CH <sub>3</sub> COOH |      | 0,2 М HCl |      | 0,5 М HCl |      |
|--|----------------------------|------|-----------|------|-----------|------|
|  | фасоль                     | бобы | фасоль    | бобы | фасоль    | бобы |
| До посева  |                            |      |           |      |           |      |
| Без удобрений и обработки (контроль)                           | 99                         | 99   | 175       | 176  | 443       | 443  |
| N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>                | 98                         | 99   | 173       | 176  | 443       | 442  |
| Фитостимифос + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>90</sub> | 99                         | 98   | 176       | 174  | 446       | 445  |
| HCP <sub>05</sub>  | 3,4                        | 3,4  | 6,2       | 6,3  | 15,6      | 15,5 |
| Бутонизация  |                            |      |           |      |           |      |
| Без удобрений и обработки (контроль)                           | 95                         | 94   | 173       | 175  | 442       | 441  |
| N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>                | 92                         | 92   | 172       | 174  | 441       | 440  |
| Фитостимифос + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>90</sub> | 102                        | 103  | 178       | 174  | 443       | 443  |
| HCP <sub>05</sub>  | 3,3                        | 3,3  | 6,2       | 6,2  | 15,6      | 15,6 |
| Технологическая спелость                                       |                            |      |           |      |           |      |
| Без удобрений и обработки (контроль)                           | 92                         | 92   | 171       | 171  | 437       | 435  |
| N <sub>30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>                | 92                         | 93   | 172       | 174  | 438       | 437  |
| Фитостимифос + N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>90</sub> | 104                        | 107  | 176       | 175  | 440       | 438  |
| HCP <sub>05</sub>  | 3,3                        | 3,4  | 6,3       | 6,2  | 15,5      | 15,4 |

Так, при возделывании бобов овощных сорта Белорусские численность фосфатмобилизаторов в ризосферной почве в удобрённых вариантах в фазе бутонизации увеличилась с  $(2,31 \pm 0,097) \times 10^5$  до  $(6,83 \pm 0,019) \times 10^5$  и  $(7,73 \pm 0,209) \times 10^5$  КОЕ/г, в фазе технологической спелости – с  $(2,73 \pm 0,073) \times 10^6$  до  $(3,82 \pm 0,018) \times 10^6$  и  $(3,92 \pm 0,035) \times 10^6$  КОЕ/г при несколько больших значениях в варианте с предпосевной обработкой семян биопрепаратом «Фитостимифос». Аналогичная тенденция наблюдается и для фасоли овощной сорта Магура.

Численность олигонитрофильных микроорганизмов в ризосферной почве, в свою очередь, в меньшей мере зависела от применения минеральных удобрений и биопрепарата «Фитостимифос» (табл. 5).

Таблица 4. Численность фосфатмобилизующих микроорганизмов, трансформирующих  $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_3$ , в ризосферной почве бобовых овощных культур, КОЕ/г а. с. п.

| Вариант опыта  | Бутонизация                    | Технологическая спелость       |
|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Фасоль овощная сорта Магура                              |                                |                                |
| Без удобрений и обработки (контроль)                     | $(1,68 \pm 0,032) \times 10^4$ | $(2,80 \pm 0,094) \times 10^6$ |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{40}\text{K}_{90}$                | $(4,27 \pm 0,185) \times 10^4$ | $(4,20 \pm 0,098) \times 10^6$ |
| Фитостимифос + $\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{90}$ | $(5,40 \pm 0,185) \times 10^4$ | $(4,16 \pm 0,148) \times 10^6$ |
| Бобы овощные сорта Белорусские                           |                                |                                |
| Без удобрений и обработки (контроль)                     | $(2,31 \pm 0,097) \times 10^5$ | $(2,73 \pm 0,073) \times 10^6$ |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{40}\text{K}_{90}$                | $(6,83 \pm 0,019) \times 10^5$ | $(3,82 \pm 0,018) \times 10^6$ |
| Фитостимифос + $\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{90}$ | $(7,73 \pm 0,209) \times 10^5$ | $(3,92 \pm 0,035) \times 10^6$ |

Таблица 5. Численность олигонитрофильных микроорганизмов в ризосферной почве (КОЕ/г а. с. п.), урожай и содержание сырого протеина в зерне бобовых овощных культур

| Вариант опыта  | Бутонизация                    | Технологическая спелость       | Семена, ц/га | Сырой протеин, % |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------|
| Фасоль овощная сорта Магура                              |                                |                                |              |                  |
| Без удобрений и обработки (контроль)                     | $(2,21 \pm 0,092) \times 10^6$ | $(2,98 \pm 0,172) \times 10^6$ | 30,8         | 20,4             |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{40}\text{K}_{90}$                | $(1,68 \pm 0,068) \times 10^6$ | $(3,13 \pm 0,111) \times 10^6$ | 40,9         | 22,9             |
| Фитостимифос + $\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{90}$ | $(2,16 \pm 0,085) \times 10^6$ | $(3,29 \pm 0,158) \times 10^6$ | 41,8         | 23,0             |
| $\text{HCP}_{05}$  |                                |                                | 1,9          | 0,6              |
| Бобы овощные сорта Белорусские                           |                                |                                |              |                  |
| Без удобрений и обработки (контроль)                     | $(1,68 \pm 0,073) \times 10^6$ | $(2,08 \pm 0,080) \times 10^6$ | 89,2         | 17,9             |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{40}\text{K}_{90}$                | $(2,41 \pm 0,319) \times 10^5$ | $(2,21 \pm 0,235) \times 10^6$ | 98,8         | 19,2             |
| Фитостимифос + $\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{90}$ | $(2,61 \pm 0,061) \times 10^6$ | $(2,98 \pm 0,145) \times 10^6$ | 99,1         | 19,3             |
| $\text{HCP}_{05}$  |                                |                                | 3,4          | 0,6              |

При возделывании фасоли овощной сорта Магура численность олигонитрофильных микроорганизмов в фазе бутонизации в удобренных вариантах не превышала их количества в контрольном варианте без применения удобрений; в фазе технологической спелости отмечено лишь незначительное увеличение их численности.

При возделывании бобов овощных сорта Белорусские применение минеральных удобрений и биопрепарата «Фитостимифос» способствовало увеличению численности олигонитрофильных микроорганизмов в фазе бутонизации с  $(1,68 \pm 0,073) \times 10^6$  до  $(2,41 \pm 0,319) \times 10^5$  и  $(2,61 \pm 0,061) \times 10^6$  КОЕ/г, в фазе технологической спелости – с  $(2,08 \pm 0,080) \times 10^6$  до  $(2,21 \pm 0,235) \times 10^6$  и  $(2,98 \pm 0,145) \times 10^6$  КОЕ/г.

Применение минеральных удобрений и биопрепарата «Фитостимифос» увеличило урожайность семян фасоли овощной на 10,1–11,0 ц/га, семян бобов овощных – на 9,6–9,9 ц/га при содержании сырого протеина в зерне фасоли овощной 22,9–23,0%, в зерне бобов овощных – 19,2–19,3%.

Улучшение фосфатного и микробиологического режима почвы в вариантах с применением «Фитостимифоса» на фоне пониженных доз фосфорных удобрений обеспечило практически одинаковые урожайность и качество семян фасоли овощной и бобов овощных по сравнению с вариантом с полной дозой минерального фосфора.

**Заключение.** Применение биологического препарата «Фитостимифос», созданного на основе фосфатмобилизующего штамма *A. radiobacter* 2258СМФ, обладающего комплексным механизмом действия (ростстимуляция, обусловленная синтезом ИУК, рибофлавина и ряда аминокислот), при возделывании овощных культур позволяет снизить дозы вносимых фосфорных удобрений на 20–30 кг/га, оптимизировать фосфатный режим почвы и повысить их продуктивность.

Предпосевная инокуляция семян редиса, моркови, огурцов, гороха биологическим препаратом «Фитостимифос» на фоне пониженных доз фосфорных удобрений, увеличивала степень под-

вижности почвенных фосфатов в ризосфере в модельных и полевых опытах в среднем на 20%. Урожайность вышеперечисленных культур возросла по сравнению с контролем в среднем на 32%.

Использование «Фитостимифоса» при снижении доз фосфорных удобрений увеличило содержание в пахотном горизонте исследуемой дерново-подзолистой супесчаной почвы легкодоступных соединений фосфора (0,5 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  – по Чирикову) при сохранении в пахотном горизонте подвижных соединений фосфора (0,2 М  $\text{HCl}$  – по Кирсанову).

Совместное применение минеральных удобрений и биопрепарата «Фитостимифос» увеличило численность фосфатмобилизирующих микроорганизмов, трансформирующих фосфаты кальция, в ризосферной почве. Их совместное использование повышало урожайность семян фасоли овощной на 10,1–11,0 ц/га, семян бобов овощных – на 9,6–9,9 ц/га при содержании сырого протеина в семенах 22,9–23,0 и 19,2–19,3% соответственно.

## Литература

1. *Богдевич, И. М.* Фосфорные удобрения в сельском хозяйстве важны и незаменимы / И. М. Богдевич, В. В. Лапа // Земляробства і ахова раслін // 2004. – № 2. – С. 24–25.
2. *Босак, В. Н.* Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
3. *Вильдфлуш, И. Р.* Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа. – Минск: Хата, 1999. – 196 с.
4. *Bosak, V.* Changes of potassium and phosphorus content of Podzoluvisol in long-term experiment on fertilizer application / V. Bosak, A. Smeyanovich // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2003. – Vol. 49. – P. 101–103.
5. *Bosak, V.* Dynamik des Phosphorhaushalts der Fahlerde im Dauerdüngungsversuch / V. Bosak, A. Smejnovitsch // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. – 2001. – N 96/2. – S. 405–406.
6. *Босак, В. Н.* Органические удобрения / В. Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
7. *Босак, В. Н.* Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – 176 с.

8. *Алещенкова, З. М.* Микробные удобрения как неотъемлемый элемент экологического земледелия / З. М. Алещенкова // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 8–15.
9. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 243–252.
10. *Минюк, О. Н.* Приемы возделывания фасоли овощной и бобов овощных на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.08 / О. Н. Минюк; БГТУ. – Жодино, 2015. – 22 с.
11. Трансформация водонерастворимых почвенных фосфатов микроорганизмами / Г. В. Сафронова [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. – Минск: Беларуская навука, 2011. – Т. 3. – С. 192–210.
12. *Щапова, Л. Н.* Влияние удобрений и извести на микробиологическую активность почвы / Л. Н. Щапова // Агрохимия. – 2005. – № 12. – С. 11–21.
13. *Goenadi, D.* Bioactivation of poorly soluble phosphate rocks with a phosphorus-solubilising fungus / D. Goenadi, H. Siswanto, Y. Sugiarto // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2000. – Vol. 64. – P. 927–932.
14. *Mehrvarz, S.* Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield components of *Hordeum vulgare* L. / S. Mehrvarz, M. R. Chaichi, H. A. Alikhani // Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci. – 2008. – Vol. 3. – P. 822–828.
15. *Стенуро, М. Ф.* Научные основы интенсивных технологий овощных культур / М. Ф. Стенуро, А. А. Аутко, Н. Ф. Рассоха. – Минск: Вараксин, 2011. – 295 с.
16. Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств: метод. рекоменд. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. микробиол. – Л., 1987. – 53 с.
17. *Возняковская, Ю. М.* Микрофлора растений и урожай / Ю. М. Возняковская. – Л.: Колос, 1969. – С. 14–22.
18. *Libbert, E.* Isolation and identification of the IAA-producing and degrading Bacteria from Pod Plants / E. Libbert // Physiologia Plantarum. – 1969. – Vol. 22. – P. 51–58.
19. *Сэги, Й.* Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги. – Минск: Колас, 1983. – 296 с.
20. Препарат биологический Фитостимофос. Технические условия. ТУ РБ 100289066.022-2002.
21. Агрохимия: практикум / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
22. *Теппер, Е. З.* Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
23. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с.