

Местные штаммы стрептомицетов в защите гороха (*Pisum sativum* L.) от вредоносных инфекций

© 2022. И. Г. Широких^{1,2}, д. б. н., г. н. с., профессор,
И. В. Лыскова¹, к. с.-х. н., с. н. с., Я. И. Назарова¹, к. б. н., н. с.,
Т. П. Градобоева¹, к. б. н., с. н. с., С. С. Пислегина¹, н. с.,
Н. А. Боков^{1,2}, магистрант, Р. И. Абубакирова¹, м. н. с.,

¹Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
610007, Россия, г. Киров, ул. Ленина, д. 166а,

²Вятский государственный университет,
610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,
e-mail: irgenal@mail.ru

Биологический азот в современном растениеводстве приобрёл особое значение в связи с общемировой проблемой дефицита белка и необходимостью ресурсосбережения. Горох посевной (*Pisum sativum* L.) – один из важнейших источников биологического азота в Северном Поволжье. Значительный ущерб продуктивности гороха наносят грибные заболевания. Система мероприятий по защите гороха от болезней включает предпосевное протравливание семян, а в период вегетации – опрыскивание посевов каждые 2–3 недели химическими фунгицидами, что влечёт ухудшение экологической обстановки и качества растительной продукции. Биологические фунгициды для применения на горохе в настоящее время не зарегистрированы. В работе проведена экспериментальная проверка способности местных штаммов *Streptomyces castelarensis* A4 (МК784817) и *Streptomyces antimycoticus* 8A1-3 (MT114717) ограничивать поражение гороха грибными инфекциями в результате предпосевной обработки семян. Установлена эффективность *S. antimycoticus* 8A1-3 в подавлении возбудителей корневых гнилей и фузариозного увядания, *S. castelarensis* A4 – в подавлении аскохитоза. Оба местных изолята стрептомицетов в сравнении с биологическим эталонным препаратом (Псевдобактерин-2) продемонстрировали более высокую эффективность в защите гороха от этих заболеваний. Преимущество перед биопрепаратами химического фунгицида Пионер установлено только в защите гороха от аскохитоза. Дополнительное опрыскивание биологическими фунгицидами вегетирующих растений способствовало повышению урожайности гороха.

Ключевые слова: биофунгициды, фузариозное увядание, корневые гнили, аскохитоз, бактериоз семян, *Streptomyces*.

Local strains of actinobacteria protect peas (*Pisum sativum* L.) from harmful infections

© 2022. I. G. Shirokikh^{1,2} ORCID: 0000-0002-3319-2729, I. V. Liskova¹ ORCID: 0000-0002-1079-3513,
Ya. I. Nazarova¹ ORCID: 0000-0002-2945-5282, T. P. Gradoboeva¹ ORCID: 0000-0002-8712-3083,
S. S. Pislegina¹ ORCID: 0000-0003-0553-7707, N. A. Bokov^{1,2} ORCID: 0000-0002-1000-1192,
R. I. Abubakirova¹ ORCID: 0000-0002-8526-2733

¹Federal Scientific Agricultural Center of the North-East,
166a, Lenina St., Kirov, Russia, 610007,

²Vyatka State University,
36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,
e-mail: irgenal@mail.ru

Biological nitrogen in modern crop production has acquired special importance in connection with the global problem of protein deficiency and the need for resource conservation. Peas (*Pisum sativum* L.) is one of the most important sources of biological nitrogen in the Northern Volga region. Significant damage to the productivity of peas is caused by fungal diseases. The system of measures to protect peas from diseases includes pre-sowing seed treatment, and during the growing season – spraying of crops once every 2–3 weeks with chemical fungicides, which leads to deterioration of the ecological situation and the quality of plant products. Biological fungicides for use on peas are not currently registered. The paper conducted an experimental test of the ability of local strains of *Streptomyces castelarensis* A4 (МК784817) and *Streptomyces antimycoticus* 8A1-3 (MT114717) to limit the damage of peas by fungal infections as a result of pre-sowing seed treatment. The effectiveness of *S. antimycoticus* 8A1-3 in suppressing pathogens of root rot and fusarium

wilt, *S. castelarensis* A4 – in suppressing ascochitosis has been established. Both local isolates of streptomycetes, in comparison with the biological reference drug (Pseudobacterin-2), demonstrated higher efficiency in protecting peas from these diseases. The advantage over biological preparations of the chemical fungicide Pioneer is established only in the protection of peas from ascochitosis. Additional spraying with biological fungicides of vegetative plants contributed to an increase in the yield of peas.

Keywords: biofungicides, fusarium wilt, root rot, ascochitosis, bacteriosis of seeds, *Streptomyces*.

Интенсивные агротехнологии в растениеводстве зачастую приводят к загрязнению природной среды и подавлению механизмов её саморегуляции, что, в свою очередь, ведёт к угнетению растений и почвенной микробиоты, не обеспечивает эффективного увеличения урожайности. Для преодоления неблагоприятной экологической обстановки, складывающейся в условиях интенсивного земледелия, необходимы принципиально новые подходы и стратегии [1]. В связи с этим повысился интерес к конструированию экологически сбалансированных высокопродуктивных и устойчивых агрофитоценозов, максимально приспособленных к местным природным условиям, чему в немалой мере способствуют биологический азот и широкое использование в защите растений биологических препаратов [2].

Биологический азот является одним из основных звеньев экологизации сельскохозяйственного производства, позволяя получать высокие стабильные урожаи и обеспечивать воспроизводство плодородия почв. Известно, что основной поставщик биологического азота в растениеводстве – бобовые травы и зернобобовые культуры. Однако в структуре посевных площадей бобовым отводится очень скромное место – приблизительно 10% в странах бывшего СНГ, а в США – 26% и более. По данным ФАО, в мировом производстве белка на долю зернобобовых культур приходится около 20%, в странах Восточной Европы – только 5% [1]. Традиционной для России зернобобовой культурой является горох, но и на его долю в стране приходится не более 2% от общего производства зерновых и зернобобовых культур [3]. Все возделываемые в настоящее время сорта гороха в той или иной степени поражаются болезнями. Наибольший вред гороху наносят аскохитоз, фузариозное увядание, корневые гнили различной этиологии и другие вызываемые фитопатогенными грибами заболевания [3–5]. Отмечается высокая вредоносность для гороха семенной инфекции. Заражённость семян в условиях Северного Поволжья может достигать 40%. При сильном поражении аскохитозом семена теряют 50–70% всхожести [3].

Система мероприятий по защите гороха от болезней включает в предпосевной пери-

од заблаговременное протравливание семян химическими фунгицидами, а в период вегетации опрыскивание посевов с интервалами 2–3 недели. Ассортимент зарегистрированных в Российской Федерации протравителей на горохе включает пока только пять препаратов: Максим, ТМТД, Виннер, Винцит и Скарлет. Для применения по вегетации изучено действие химических фунгицидов Винтаж, Титул Дуо, Аканто Плюс [6]. Несмотря на разнообразие биологических средств защиты растений, специализированные для применения на горохе биофунгициды на сегодняшний день в России отсутствуют, из-за чего в числе рекомендуемых отмечен только Фитоспорин М [7]. Преимущество биопрепаратов заключается в способности контролировать и восстанавливать природные механизмы почвенной супрессивности, решать проблему резистентности фитопатогенов к химическим пестицидам. К числу несомненных достоинств биологических препаратов относятся специфичность действия и высокая экологичность [2].

Цель работы – провести экспериментальную проверку способности местных штаммов стрептомицетов – продуцентов биофунгицидов ограничивать развитие возбудителей инфекций гороха.

Объекты и методы исследования

В работе были использованы ранее выделенные из ризосферы сельскохозяйственных растений на типичной для Северного Поволжья дерново-подзолистой почве (г. Киров) штаммы *Streptomyces castelarensis* A4 и *Streptomyces antimycoticus* 8A1-3. Нуклеотидные последовательности фрагмента гена 16S рРНК этих штаммов депонированы в NSBI с присвоением индивидуальных кодов доступа МК784817 и МТ114717 соответственно. Антифунгальная активность местных изолятов стрептомицетов *S. castelarensis* A4 и *S. antimycoticus* 8A1-3 ранее была показана в работе [8].

Культуры стрептомицетов для получения лабораторных образцов биопрепаратов выращивали в жидкой овсяной среде на качалке (120 об./мин) в течение 5 сут при $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ до

получения плотности суспензии $4,5 \cdot 10^7$ колониобразующих единиц (КОЕ)/мл по посеву.

Для выяснения сортовой чувствительности культуры гороха к живым клеткам и метаболитам стрептомицетов использовали семена районированных и перспективных сортов: Фалёнский усатый, Фалёнский юбилейный, Вятч, Рябчик, Вита, Е-1250 и Е-483. Семена замачивали в разведённых водой (1 : 10 и 1 : 100) жидких культурах (ЖК) бактерий на 20 ч, после чего проращивали их в рулонной водно-бумажной культуре при $t = 20 \pm 2$ °С. В контроле семена замачивали в воде. В каждом варианте опыта закладывали в рулоны по 40 шт. семян гороха. Учитывали всхожесть, линейные размеры и воздушно-сухую биомассу проростков.

Полевую оценку эффективности лабораторных образцов биофунгицидов проводили в посевах гороха в селекционном севообороте Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Предпосевной обработке были подвергнуты семена перспективных сортов гороха различных морфотипов: Фалёнский усатый, Фалёнский юбилейный и Е-483. Схема опыта: 1) контроль (без обработки); 2) фунгицид Пионер (флутриафол + тиабендазол) – химический препарат сравнения; 3) *S. castalarensis* А4; 4) *S. antimycoticus* 8А1-3; 5) Псевдобактерин-2 (*Pseudomonas aureofaciens* BS1393) – биологический препарат сравнения. Расход биопрепаратов, жидких (ж): 1 л/т семян, расход рабочей жидкости 10 л/т, замачивание на 3 ч, в контроле семена замачивали в воде. Обработку семян химическим фунгицидом Пионер осуществляли путём погружения семян в рабочую жидкость. Концентрированная суспензия (кс) – 1 л/т семян, расход рабочей жидкости 10 л/т. В вариантах 3, 4 и 5, наряду с протравливанием семян, на половине делянки дополнительно проводили опрыскивание растений в межфазный период «бутонизация – начало цветения». Обработка во время вегетации растений биопрепаратами – по инструкции к Псевдобактерину-2, ж – 1 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га [9].

Учётная площадь делянок в опыте 1 м², повторность трёхкратная, размещение делянок последовательное. Посев сеялкой ССФК-7, уборка – в фазу полной спелости вручную. Норма высева 1,2 млн всхожих семян на 1 га. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на покровных суглинках. Агрохимическая характеристика на момент закладки опыта: $pH_{КС1}$ 4,6,

содержание подвижного фосфора составило 318 мг/кг почвы, обменного калия – 248 мг/кг почвы. Минеральные удобрения внесены под культивацию в дозе NPK (20 : 52 : 52 д. в.). Фитопатологическую оценку в посевах гороха проводили в соответствии с методическими рекомендациями [10, 11].

Статистическую обработку данных выполняли стандартными методами с использованием пакетов программ Microsoft Excel 8 и Statgraphics 18.

Результаты и обсуждение

Streptomyces – наиболее многочисленный по видовому составу род актинобактерий, представители которого продуцируют разнообразные по химической структуре и физиологической активности соединения, способные оказывать на живые организмы как положительное, так и отрицательное воздействие [12]. На первом этапе исследований, чтобы исключить возможность ингибирующего влияния на растения водорастворимых метаболитов исследуемых штаммов, изучали сортовую реакцию гороха на обработку семян ЖК стрептомицетов.

В условиях водно-бумажной культуры проростки сортов Е-483 и Е-1250 без предварительной обработки семян имели признаки поражения семенной инфекцией и характеризовались вследствие этого меньшими линейными размерами, биомассой и более низкой всхожестью по сравнению с проростками других исследуемых сортов в контрольном варианте. В результате замачивания семян в ЖК *S. castalarensis* А4 (1 : 10) у проростков Е-483 и Е-1250 показатели всхожести семян, сухой биомассы (табл. 1) и длины корня (рис. 1А) достоверно возросли по сравнению с необработанным контролем. Отмеченные положительные эффекты наблюдали и при использовании для замачивания семян ЖК *S. castalarensis* А4 в разведении 1 : 100. У других, без признаков поражения семенной инфекцией, сортов гороха между бактериализованными и контрольными проростками существенных различий по всхожести и морфометрическим показателям не выявлено.

Аналогичные данные получены и при обработке семян гороха ЖК *S. antimycoticus* 8А1-3, с той разницей, что этот стрептомицет не оказал существенного влияния на всхожесть семян (табл. 1), но способствовал увеличению средних размеров как корня, так и побега у поражённых семенной инфекцией проростков

Таблица 1 / Table 1

Реакция различных сортов гороха на обработку семян местными штаммами стрептомицетов
Reaction of different varieties of peas to seed treatment with local strains of streptomycetes

Вариант Variant	Streptomyces antimycoticus 8 A1-3			Streptomyces castelarensis A4				
	биомасса, г biomass, g	% от контроля % to control	всхожесть, % germinating capacity, %	% от контроля % to control	биомасса, г biomass, g	% от контроля % to control	всхожесть, % germinating capacity, %	% от контроля % to control
Фалёнский юбилейный / Falenskiy yubileynyy								
Контроль / Control	0,34±0,04	–	90,00±0,00	–	0,47±0,04	–	87,50±5,00	–
1 : 10	0,46±0,07	136,29	95,00±4,08	105,55	0,37±0,07	78,72	98,75±2,50	112,86
1 : 100	0,46±0,09	136,29	92,50±5,00	102,78	0,40±0,04	85,11	91,25±8,54	104,28
Фалёнский усагый / Falenskiy usatuy								
Контроль / Control	0,52±0,05	–	91,25±7,50	–	0,23±0,03	–	85,00±9,13	–
1 : 10	0,51±0,03	98,08	88,75±7,50	97,26	0,19±0,01	82,61	82,50±6,45	97,06
1 : 100	0,44±0,00	84,61	93,75±4,79	102,74	0,27±0,07	117,39	83,75±0,07	98,53
Вятич / Vyatich								
Контроль / Control	0,30±0,01	–	96,25±2,50	–	0,37±0,07	–	97,50±2,89	–
1 : 10	0,39±0,04	130,00	97,50±2,89	101,30	0,47±0,04	127,03	100,00±0,00	102,56
1 : 100	0,37±0,04	123,33	97,50±0,00	101,30	0,48±0,07	129,73	98,75±2,50	101,28
Рябчик / Ryabchik								
Контроль / Control	0,56±0,06	–	96,25±2,50	–	0,25±0,02	–	95,00±7,07	–
1 : 10	0,56±0,06	100,0	96,25±2,50	100,00	0,36±0,04	144,00	87,50±2,89	92,11
1 : 100	0,59±0,06	105,36	96,25±4,79	100,00	0,39±0,03	156,00	88,75±6,29	93,42
E-483								
Контроль* / Control	0,30±0,02	–	82,57±2,89	–	0,14±0,01	–	53,75±4,79	–
1 : 10	0,56±0,05	186,67	90,00±7,07	108,99	0,22±0,03	157,14	92,50±2,89	172,09
1 : 100	0,38±0,03	126,67	78,75±4,79	95,17	0,25±0,02	178,57	90,00±5,77	167,44
E-1250								
Контроль* / Control	0,28±0,02	–	71,25±8,54	–	0,23±0,04	–	68,75±9,46	–
1 : 10	0,34±0,02	121,43	81,25±4,79	114,03	0,38±0,04	165,22	93,75±7,50	136,36
1 : 100	0,31±0,01	110,71	82,50±6,45	115,79	0,35±0,05	152,17	86,25±8,54	125,45
Вита / Vita								
Контроль* / Control	0,33±6,05	–	81,25±4,79	–	0,27±0,05	–	83,75±6,29	–
1 : 10	0,56±0,02	169,70	96,25±2,50	118,46	0,35±0,04	129,63	90,00±4,08	102,56
1 : 100	0,34±0,04	103,03	82,50±5,00	101,54	0,25±0,03	92,59	83,75±8,54	100,00

Примечание / Note: * – семенная инфекция / seminal infection.

сортов Е-483 и Вита (рис. 1В). Разведение 1 : 100 ЖК *S. antimycoticus* 8А1-3 значительно ослабило положительное влияние стрептомицета на поражённые инфекцией проростки гороха. Морфометрические показатели, как и всхожесть, существенно не отличались от аналогичных показателей в контрольном варианте. У других неинфицированных сортов разница между подвергнутыми бактериализации *S. antimycoticus* 8А1-3 и контрольными растениями практически отсутствовала.

Полученные результаты не только свидетельствуют об отсутствии у бактерий *S. castalarensis* А4 и *S. antimycoticus* 8А1-3 фитотоксического действия, но и демонстрируют их способность стимулировать рост проростков гороха за счёт подавления возбудителей семенной инфекции.

На следующем этапе работы проводили полевую оценку эффективности предпосевной обработки семян и посевов гороха лабораторными образцами биопрепаратов на основе местных штаммов *S. castalarensis* А4 и *S. antimycoticus* 8А1-3. Погодные условия вегетационного периода в год проведения исследований (2021 г.) не способствовали сильному поражению сельскохозяйственных культур грибными заболеваниями. Тем не менее фитопатологическая оценка в посевах гороха выявила поражение растений корневыми гнилями, фузариозом и аскохитозом.

Достоверное по сравнению с контролем снижение (в среднем по трём сортам) показателей «развитие» и «распространение болезни» при поражении гороха корневыми гнилями

обеспечила обработка семян биопрепаратом на основе *S. antimycoticus* 8А1-3 (табл. 2).

Его эффективность в подавлении развития корневых гнилей была выше, чем у биологического препарата Псевдобактерин-2 и химического фунгицида Пионер. Клеточная суспензия *S. antimycoticus* 8А1-3 проявила наибольшую эффективность среди испытываемых препаратов и в защите гороха от фузариозного увядания. Незначительно уступал ему штамм *S. castalarensis* А4, который, кроме того, лидировал по эффективности в защите гороха от поражения листьев аскохитозными грибами. Достоверно, но в меньшей степени, уменьшали проявление этого заболевания и все другие исследуемые препараты. Лидером в защите гороха от поражения аскохитозом бобов стал химический фунгицид Пионер. Однако обработка семян штаммом *S. castalarensis* А4 также способствовала достоверному снижению распространения болезни в посевах по сравнению с необработанным контролем.

Несмотря на сокращение поражения грибными болезнями всех исследованных сортов, урожайность гороха в результате обработки семян фунгицидными препаратами изменялась несущественно, варьируя по вариантам опыта от 142 до 155 г/м², включая вариант обработки химическим фунгицидом. В вариантах, где, помимо предпосевной обработки семян, дополнительно проводилось опрыскивание биопрепаратами вегетирующих растений, урожайность каждого из взятых в исследование сортов достоверно возросла по сравнению с однократной обработкой (рис. 2).

Таблица 2 / Table 2

Поражение гороха грибными заболеваниями в зависимости от предпосевной обработки семян препаратами (среднее по трём сортам) / The defeat of peas by fungal diseases, depending on the pre-sowing treatment of seeds with preparations (average for three varieties)

Вариант обработки Treatment option	Корневые гнили Root rot		Фузариозное увядание Fusarium wilt		Аскохитоз Ascochitosis			
	1	2	1	2	бобы / beans		листья / leaves	
					1	2	1	2
Контроль / Control	38,44	94,64	18,83	48,52	12,88	45,93	10,1	48,87
Пионер / Pioneer	38,51	92,95	15,14*	40,22	5,33*	22,21*	6,52*	30,36*
А4	34,99	90,56*	12,15*	28,57*	11,72	36,29*	6,07*	27,24*
8А13	28,97*	85,97*	10,45*	28,80*	12,22	39,26	7,26*	34,08*
Псевдобактерин-2 Pseudobacterin-2	35,08	91,38	12,27*	30,52	11,93	41,11	7,92*	37,40*
НСП _{0,95} / SSD _{0,95}	3,46	3,32	3,62	8,42	3,5	8,68	1,84	8,62

Примечание: * – различия с контролем значимы; 1 – развитие болезни, %; 2 – распространение болезни, %.
Note: * – the differences with the control are significant; 1 – development of the disease, %; 2 – spread of the disease, %.

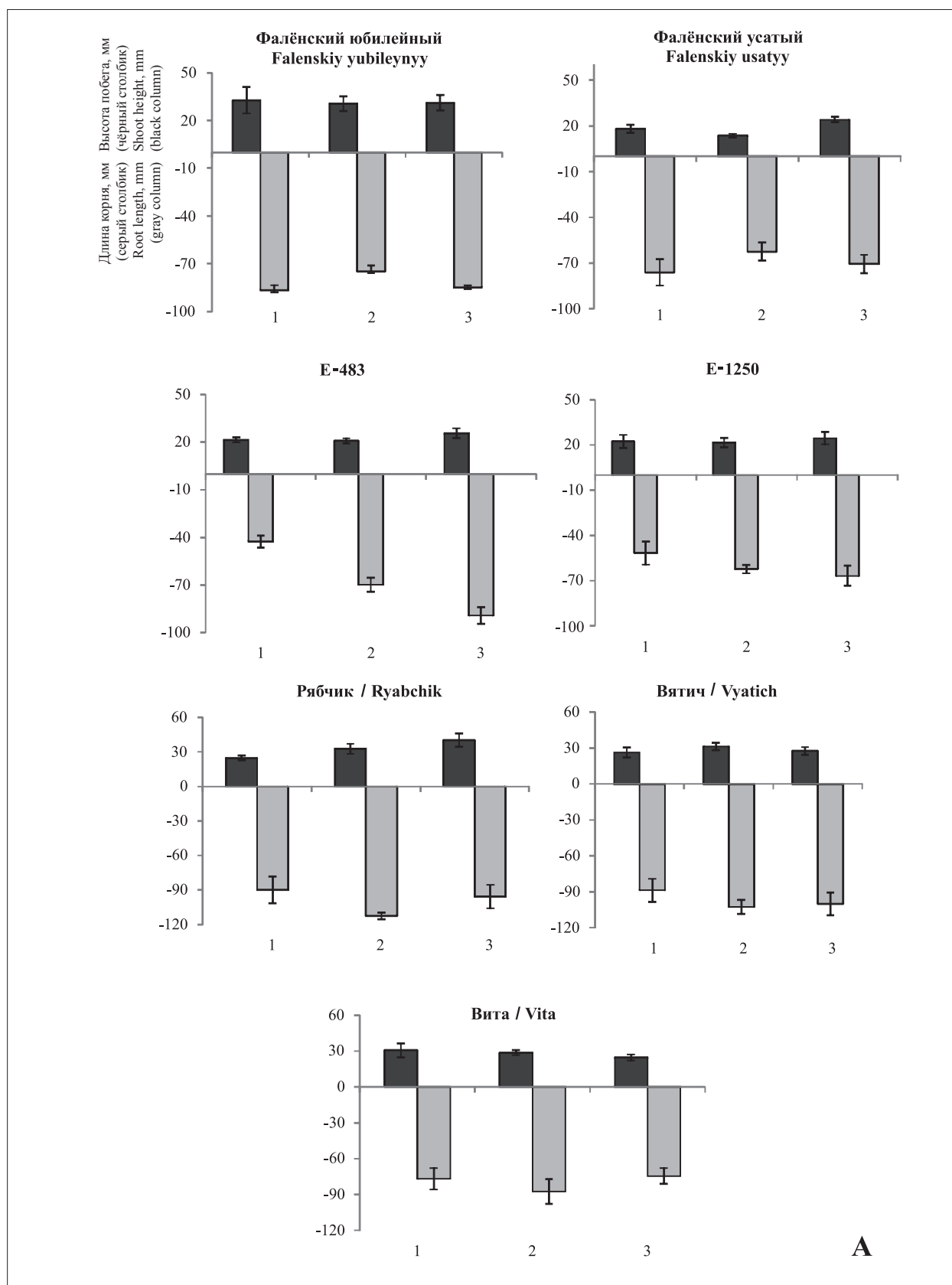


Рис. 1. Морфометрические показатели проростков разных сортов гороха после обработки семян *S. castalarensis* A4 (А) и *S. antimycoticus* 8A1-3 (В): 1 – контроль, 2 – ЖК 1 : 10; 3 – ЖК 1 : 100

Fig. 1. Morphometric indicators of seedlings after treatment of *S. castalarensis* A4 (A) and *S. antimycoticus* 8A1-3 (B): 1 – control, 2 – liquid culture (LC) 1 : 10; 3 – LC 1 : 100

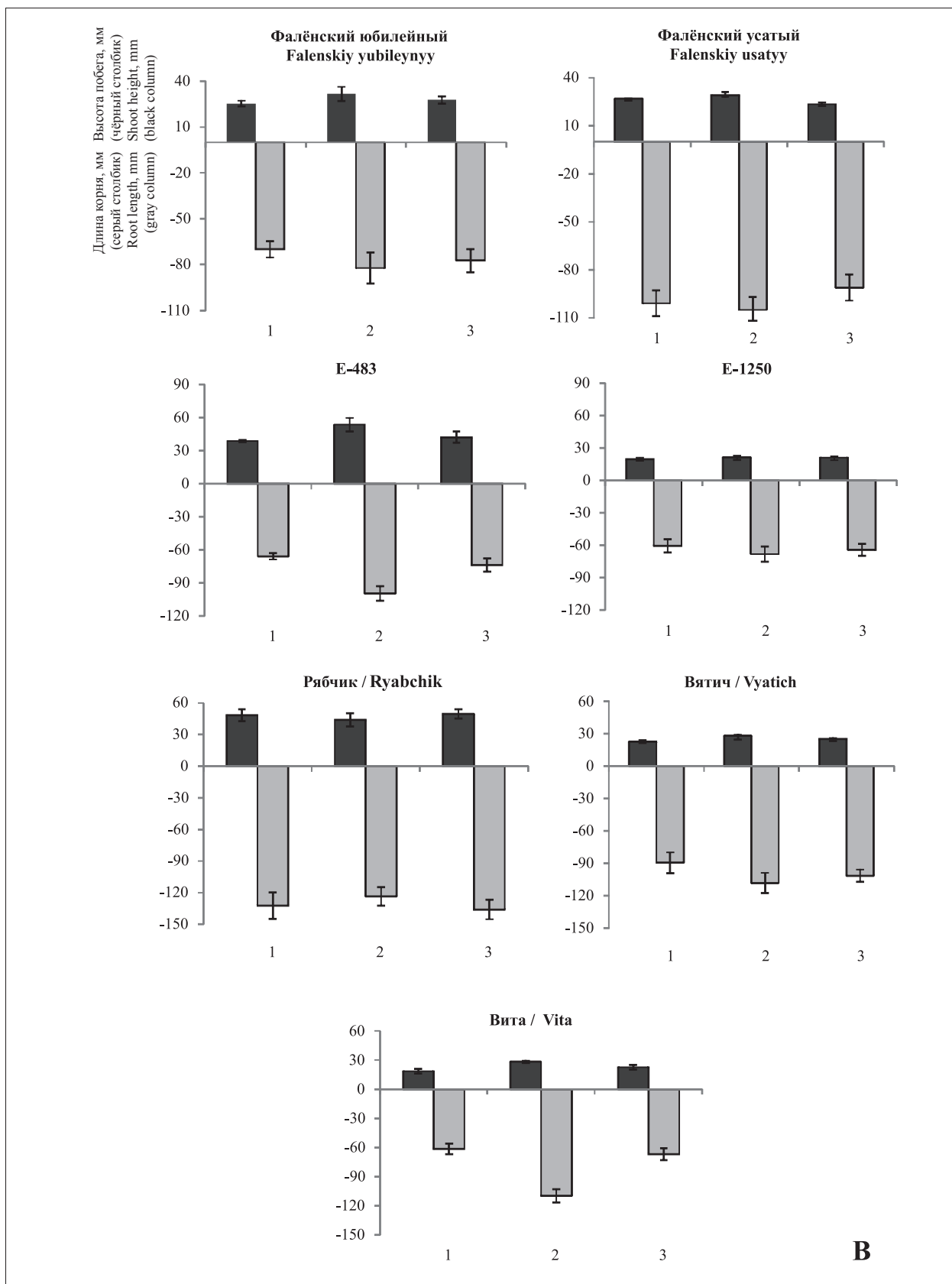


Рис. 1. Морфометрические показатели проростков разных сортов гороха после обработки семян *S. castalarensis* A4 (А) и *S. antimycoticus* 8A1-3 (В): 1 – контроль, 2 – ЖК 1 : 10; 3 – ЖК 1 : 100
Fig. 1. Morphometric indicators of seedlings different varieties after treatment of *S. castalarensis* A4 (A) and *S. antimycoticus* 8 A1-3 (B): 1 – control, 2 – liquid culture (LC) 1 : 10; 3 – LC 1 : 100

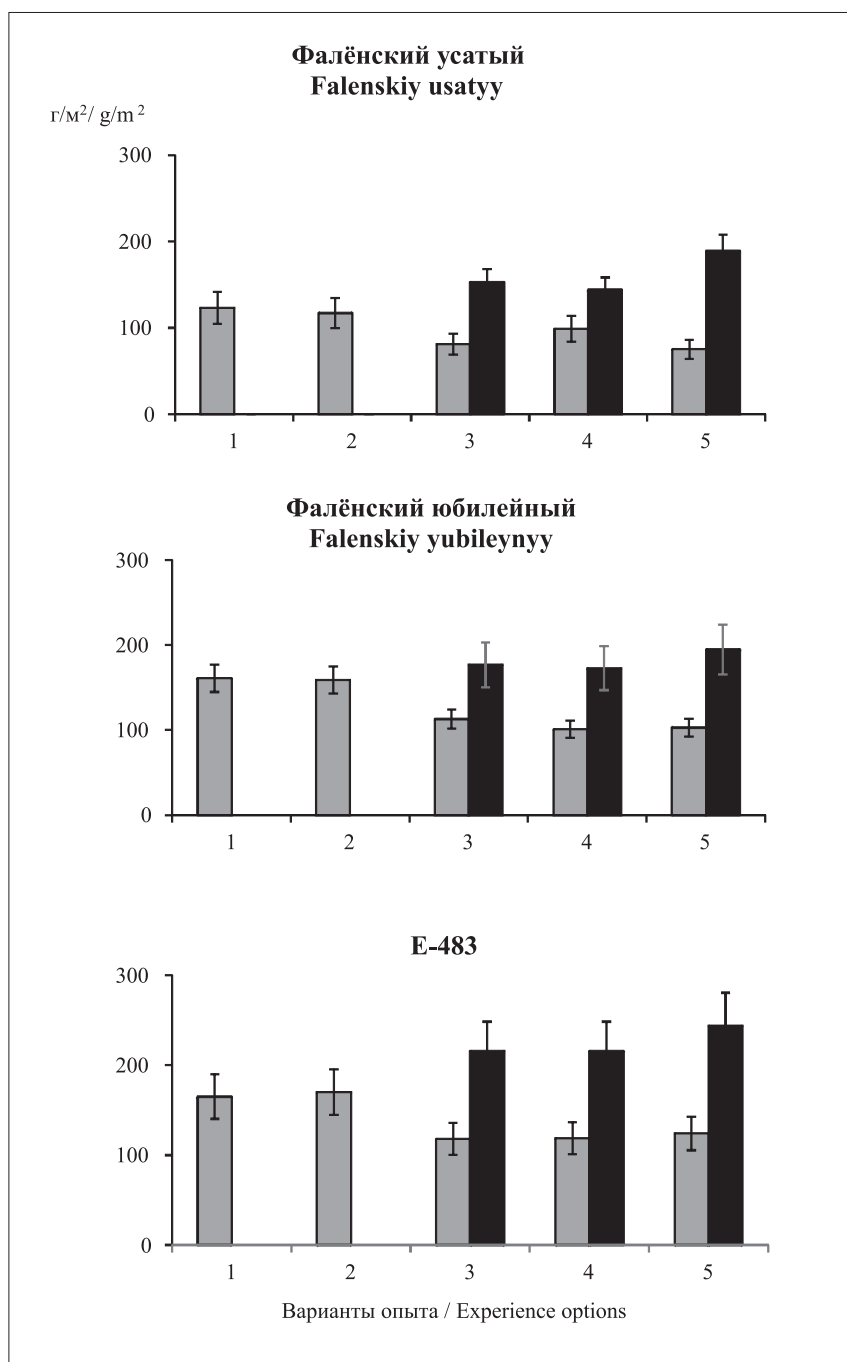


Рис. 2. Урожайность различных сортов гороха в зависимости от обработки семян и посевов препаратами: 1) контроль; 2) химический фунгицид Пионер; 3) *S. castalarensis* A4; 4) *S. antimycoticus* 8A1-3; 5) Псевдобактерин-2. Обработка семян – серый столбик; обработка семян и посевов – чёрный столбик

Fig. 2. Yield of different varieties of peas depending on the treatment of seeds and crops with preparations: 1) control; 2) chemical fungicide Pioneer; 3) *S. castalarensis* A4; 4) *S. antimycoticus* 8A1-3; 5) Pseudobacterin-2. Seed treatment – gray column; seed and crop treatment – black column

Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа данных также показали, что на варьирование урожайности гороха в опыте существенное влияние оказали количество обработок и генотип растения, причём вклад фактора «количество обработок» ($F = 77,32$;

$p \geq 0,95$) более чем в 3 раза превосходил вклад фактора «сорт» ($F = 22,99$; $p \geq 0,95$) (табл. 3). Вклад в варьирование урожайности взаимодействия факторов «препарат» × «количество обработок» оценивался как существенный ($p \geq 0,95$), тогда как сам по себе фактор «пре-

Таблица 3 / Table 3

Дисперсионный анализ влияния сорта, препарата защиты, количества обработок и их взаимодействия на урожайность гороха в микрополевым опыте. Фалёнки, 2021 г. / Dispersion analysis of the effect of the variety, the protection preparation, the number of treatments and their interaction on the yield of peas in a microfield experiment. Falenki, 2021

Источник варьирования / Source of variation	df	SS	F	p
Сорт (фактор А) / Variety (Factor A)	2	17874,7	22,99	< 0,0001*
Препарат (фактор В) / Medication (factor B)	4	516,9	0,66	0,6188
Количество обработок (фактор С) Number of treatments (factor C)	1	60114,2	77,32	< 0,0001*
Взаимодействие факторов АВ Interaction of AB factors	8	341,5	0,44	0,8926
АС	2	745,8	0,96	0,3889
ВС	4	10918,4	14,04	< 0,0001*
АВС	8	268,0	0,34	0,9446

Примечание: df – число степеней свободы, SS – сумма квадратов, F – критерий Фишера, p – уровень значимости. * Влияние на варьирование признака достоверно при $P \geq 0,95$.

Note: df – number of degrees of freedom, SS – sum of squares, F – Fisher criterion, p – significance level. * The effect on the variation of the trait is significant at $P \geq 0.95$.

парат» не оказал существенного влияния на урожайность гороха. Известно, что для защиты растений гороха от вредителей и патогенов часто требуются многократные обработки химическими средствами защиты [13, 14]. При этом увеличивается негативный эффект химических пестицидов для окружающей среды и качества растениеводческой продукции. Применение биофунгицидов лишено этого недостатка. Действующие агенты фунгицидных биопрепаратов, в частности местные изоляты бактерий *S. castalarensis* А4 и *S. antimycoticus* 8А1-3, являются компонентами природных ценозов, вследствие чего не причиняют вреда окружающей среде. Учитывая это преимущество, количество обработок в посевах гороха биопрепаратами можно без опасений увеличить в соответствии со складывающейся фитосанитарной обстановкой.

Полученные в полевом исследовании результаты позволили также определить спектр чувствительных к стрептомицетным метаболитам грибных мишеней. Так, для защиты гороха от возбудителей корневых гнилей и фузариозного увядания можно применять биопрепараты, изготовленные на основе того и другого местного изолята, однако наибольшей в этих случаях эффективностью обладает препарат на основе *S. antimycoticus* 8А1-3.

В защите гороха от аскохитоза, наоборот, более целесообразно применение препарата на основе *S. castalarensis* А4. В сравнении с эталонным биопрепаратом Псевдобактерин-2, обе исследованные культуры стрептомицетов продемонстрировали более высокую эффективность в защите гороха от поражения кор-

невыми гнилями, фузариозом и аскохитозом. Сравнение местных изолятов стрептомицетов с химическим фунгицидом Пионер выявило преимущество последнего только в защите растений от аскохитоза. Комбинированное или последовательное, в зависимости от сроков появления в посевах признаков поражения растений определённым заболеванием, применение *S. antimycoticus* 8А1-3 и *S. castalarensis* А4 будет способствовать не только снижению численности вредоносных грибов до экономически приемлемого уровня, но и оздоровлению экологической обстановки агроценоза.

Работа выполнена в рамках государственного задания FNWE-2022-0005 Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы).

References

- Ivanov A.L. Scientific agriculture of Russia: results and prospects // *Zemledeliye*. 2014. No. 3. P. 25–29 (in Russian).
- Novikova I.I. Multifunctional biological products for phytosanitary optimization of agroecosystems in biological agriculture // *AgroEcoEngineering*. 2019. No. 2 (99). P. 183–194 (in Russian).
- Turina E.L., Didovich S.V., Kulinich R.A. The use of multifunctional biological products in the cultivation of legumes in the Crimea // *Zemledeliye*. 2015. No. 2. P. 31–33 (in Russian).
- Gradoboeva T.P. Infestation of pea seeds (*Pisum sativum* L.) by pathogenic microorganisms // *Theoretical and Applied Ecology*. 2021. No. 3. P. 179–185 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-3-179-185

5. Budarina G.A., Zotikov V.I. Protection of peas // Appendix to the journal "Zashchita i karantin rasteniy". 2016. No. 1. P. 38(2)–56(20) (in Russian).
6. Laptiev A.B., Kungurtseva O.V. Prerequisites and fundamentals of chemical protection of peas from diseases // Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury. 2016. No. 2 (18). P. 99–103 (in Russian).
7. Fungicides against rot on peas – 7 preparations [Internet resource] <http://propest.ru/catalog> (Accessed: 15.02.2022) (in Russian).
8. Shirokikh I.G., Nazarova Ya.I., Bakulina A.V., Abubakirova R.I. New strains of streptomyces as promising biofungicides // Theoretical and Applied Ecology. 2021. No. 1. P. 172–180 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2021-1-172-180
9. Pesticides.ru [Internet resource] https://www.pesticity.ru/pesticide/psevdobakterin-2zh/regulations_of_using (Accessed: 15.02.2022) (in Russian).
10. Ovchinnikova A.M., Andriukhina R.M., Azarova E.F. Methods of accelerated evaluation of the pea lecture material on infectious and provocative backgrounds (Methodological recommendations). Moskva: VNIIZBK, 1990. 23 p. (in Russian).
11. Putsa N.M., Razgulyaeva N.V., Kostenko N.Yu., Solozhentseva L.F. Methodological recommendations for studying the resistance of forage crops to fungal pathogens on artificial infectious field backgrounds. Moskva: VNIHK named V.R. Williams, 1999. 40 p. (in Russian).
12. Dyson P. Streptomyces // Encyclopedia of Microbiology / Ed. T.M. Schmidt. Fourth Edition. Academic Press, 2019. P. 334–345.
13. Chupak V.V., Pavlovskaya N.E., Gagarina I.N., Borzenkova G.A. Determination of overall toxicity plant protection from diseases based on buckwheat bioflavonoids // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. No. 2 (53). P. 8–11 (in Russian).
14. Borodin D.B. Biotechnology of creation and application of new biological products in the technology of pea cultivation // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 3 (52). P. 22–25 (in Russian).