

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Научная статья

УДК 635.65:661.162

doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРА РОСТА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГОРОХА И СОИ

Марина Владимировна Евсенина^{1✉}, Дмитрий Валериевич Виноградов^{1,2}

¹Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, Рязань, Россия

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

¹marina.vlady@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-7242-6594>

²vdvrzn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2017-1491>

Цель исследований – повышение урожайности сои и гороха путем применения регулятора роста гетероауксина в условиях Рязанской области. Опыт закладывался в 4-кратной повторности. Изучена урожайность гороха и сои в зависимости от применения регулятора роста растений – гетероауксина. Посевной материал – соя сорта Максус и горох сорта Рокет. В ходе исследований изучены полевая всхожесть, густота стояния растений, урожайность и структура урожая. Наблюдения, учеты и анализы осуществлялись по общепринятым методикам. Установлено, что более выраженное действие гетероауксин оказывает на количество выживших к уборке растений сои при опрыскивании в фазу бутонизации. Выживаемость сои возрастает при поздней обработке в фазу образования бобов на 4,2%. Применение гетероауксина в фазу налива бобов приводит к увеличению их количества на 42,9-98,4%. Обработка гетероауксином в фазу бутонизации способствовала увеличению количества семян в бобе на 2,7-11,6%. Установлено положительное влияние регулятора роста на формировании боковых побегов на растениях сои во всех вариантах опыта – 1,7-2,5 шт./растение (1,4-1,8 шт./растение в контроле). Растения опытных вариантов были выше контрольных на 0,9-6,7 см. Наиболее высокий выход семян с одного растения получен при обработке гетероауксином в фазу бутонизации – 6,70-6,72 г, что на 12,6-12,9% выше, чем в контроле. Обработка регулятором роста с концентрацией 50 мг/л в фазу бутонизации и в фазу образования бобов оказало влияние на массу 1000 семян. Данный показатель составил 155,6-156,5 г. Наибольшая прибавка урожайности сои получена при обработке посевов гетероауксином концентрацией 50 мг/л в фазу бутонизации – 10,3%. Обработка посевов гороха гетероауксином в фазу бутонизации привела к увеличению урожайности гороха на 4,6-8,4%. Применение на посевах сои и гороха регулятора роста гетероауксина способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: горох, соя, регулятор роста, урожайность, технология, качество.

Для цитирования: Евсенина М. В., Виноградов Д. В. Эффективность применения регулятора роста в технологии производства гороха и сои // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1. С. 9–15. doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_9

AGRICULTURE

Original article

THE EFFECTIVENESS OF THE GROWTH REGULATOR IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF PEAS AND SOYBEANS

Marina V. Evsenina^{1✉}, Dmitriy V. Vinogradov^{1,2}

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan, Russia

²Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow, Russia

¹marina.vlady@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-7242-6594>

²vdvrzn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2017-1491>

The aim of the research is to increase the yield of soybeans and peas by using the growth regulator heteroauxin in the conditions of the Ryazan region. The experience was laid in 4-fold repetition. The yield of peas and soybeans was studied depending on the use of a plant growth regulator – heteroauxin. The seed material is soy of the Maxus variety and peas of the Rocket variety. In the course of the research, field germination, plant density, yield and crop structure were studied. Observations, records and analyses were carried out according to generally accepted methods. It has been established that heteroauxin has a more pronounced effect on the number of soybean plants that survive harvesting during spraying in/ the budding phase. The survival rate of soybeans increases with late processing in the bean formation phase by 4.2%. The use of heteroauxin in the filling phase of beans leads to an increase in their quantity by 42.9-98.4%. Treatment with heteroauxin in the budding phase contributed to an increase in the number of seeds in the bean by 2.7-11.6%. The positive effect of the growth regulator on the formation of lateral shoots on soybean plants in all variants of the experiment was established – 1.7-2.5 pcs./plant (1,4-1,8 pcs./plant in control). The plants of the experimental variants were higher than the control ones by 0.9-6.7 cm. The highest yield of seeds from one plant was obtained when treated with heteroauxin in the budding phase – 6.70-6.72 g, which is 12.6-12.9% higher than in the control. Treatment with a growth regulator with a concentration of 50 mg/l in the budding phase and in the bean formation phase had an effect on the weight of 1000 seeds. This indicator was 155.6-156.5 g. The greatest increase in soybean yield was obtained when crops were treated with heteroauxin concentration of 50 mg/l in the budding phase – 10.3%. Treatment of pea crops with heteroauxin in the budding phase led to an increase in pea yield by 4.6-8.4%. The use of the heteroauxin growth regulator on soybean and pea crops contributes to an increase in crop yields.

Keywords: peas, soybeans, growth regulator, yield, technology, quality.

For citation: Evsenina, M. V. & Vinogradov, D. V. (2023). The effectiveness of the growth regulator in the production technology of peas and soybeans. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 9–15 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_1_9

Соя – растение, которое человек начал культивировать одним из первых. Она широко используется во всем мире как продукт питания [4]. Главное отличие сои от остальных сельскохозяйственных культур – высокое содержание белка [19]. Соя и её производные, соевый шрот и жмых, активно применяются в современном животноводстве в качестве самостоятельного продукта и как составная часть комплексных кормовых смесей [2]. В составе сои содержится натуральный растительный белок. У него высокие питательные качества и он хорошо усваивается [13]. Все соевые продукты являются важными источниками витаминов и микроэлементов: железа, цинка, фосфора, марганца и калия. Кроме того, в составе сои два вида ненасыщенных жирных кислот: линолевая и линоленовая. Как показывают исследования, эти кислоты усваиваются организмом практически на 100%, что помогает снижать уровень холестерина в крови [3].

Во всех продуктах переработки сои содержатся ценные элементы растительного происхождения – фосфолипиды. В зависимости от сорта, содержание фосфолипидов в сое может достигать 2,2% [5]. Эти вещества играют важную роль при укреплении клеточных мембран кровеносных капилляров, повышают способность печени к самоочищению. Употребление в качестве пищи соевых продуктов укрепляет организмы животных и птиц, в первую очередь это положительно сказывается на иммунной системе [14]. Использование сои и ее производных позволяет повышать продуктивность и отдачу животноводческой отрасли сельского хозяйства. В конечном счете соя способствует получению мясомолочной продукции высокого качества [1].

При возделывании сельскохозяйственных культур, в том числе и сои, перспективно применение регуляторов роста растений [7].

Все регуляторы роста можно глобально разделить на две группы: натуральные (природные) и синтетические. Первые – это большая группа фитогормонов, которые могут значительно ускорить либо замедлить рост. Вторые – искусственно созданные препараты. Синтетические регуляторы роста – это своеобразные комплексы фитогормонов, полезных и защитных компонентов [10]. Фитогормоны участвуют во взаимодействии клеток, тканей и органов. Они необходимы для регулирования процессов онтогенеза растений. Гормоны синтезируются в отдельных органах, но распространяются по всему растению, регулируя обмен веществ, проявляют физиологическое действие на обмен липидов, нуклеиновых кислот [12].

Среди наиболее активных соединений растительного происхождения, обладающих гормональным действием, выделяют ауксины, цитокинины, этилен и другие [11].

Ауксины – это соединения индолилуксусной кислоты (ИУК), образуются в зонах с высокой меристематической активностью. Действие ауксинов основано на изменении проницаемости мембран [8]. Ауксины активизируют процесс деления клеток, ускоряют процесс их растяжения, влияют на гео- и фототропизм растений, регулируют формирование проводящих пучков. За счет стимулирования ауксином секреции протонов в клеточную стенку происходит активация растяжения клеток [6].

Ауксины способны активировать образование корней, задерживать опадание завязей и листьев, увеличивать поступление питательных веществ в растение, усиливать взаимодействие между разными органами растений [3].

Цель исследований – повышение урожайности сои и гороха путем применения регулятора роста гетероауксина в условиях Рязанской области.

Задачи исследований – изучить действие регулятора роста гетероауксина на посевные качества и семенную продуктивность сои; установить оптимальную концентрацию препарата и срок его применения; определить влияние гетероауксина на урожайность гороха.

Материал и методы исследований. Изучение действия аналога естественного фитогормона ауксина – β -индолил-3-уксусной кислоты – на посевах сои и гороха проводилось в 2021-2022 гг. в полевых условиях опытной агротехнологической станции Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева.

Схема опыта включала варианты: 1 – вода (контроль), 2 – гетероауксин, 25 мг/л, 3 – гетероауксин, 50 мг/л.

Опрыскивание посевов проводилось в разные фазы вегетации: в фазу 2-х настоящих листьев, бутонизации и образования бобов. Обработка посевов в опытах проводилась из расчета 350 л раствора на 1 га. Площадь опытной деланки – 14 м², учетной – 10 м². Повторность опыта 4-кратная. Расположение деланок в один ярус (систематическое).

Сорт сои Максус, раннеспелый. Имеет темное опушение, мощный стебель. Тип развития – индетерминантный. Форма роста – прямостоячая. Опушение главного стебля: рыжевато-коричневое. Высота растения – средняя. Интенсивность зеленой окраски листьев – средняя. Размер семян – средний. Окраска семенной кожуры – желтая. Рубчик светлый, в цвет семени.

Семена перед посевом одновременно обрабатывали инокулянтом и протравителем.

Инокулянт Хайкоутсупер соя – препарат клубеньковой бактерии рода *Bradyrhizobium japonicum* на водной основе. Бактерия вызывает образование клубеньков на корневой системе сои, которые фиксируют атмосферный азот и переводят его в усвояемую для культуры аммонийную форму.

Также, в технологии использовали препарат Дэлит про, 200 г/л – фунгицидный протравитель против фузариоза всходов, фузариозной корневой гнили, аскохитоза, плесневения семян.

Способ посева широкорядный с междурядьем 45 см. Норма высева 650 тыс. всхожих семян на 1 га. Посев проводили во II декаде мая.

Предшественником сои являлся картофель. Осенью после уборки предшественника проводили вспашку оборотным плугом на глубину 22-24 см. Весной проводили ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию. Под культивацию вносились минеральные удобрения в дозе N₆₀P₂₅K₂₅ на 1 га. После посева проводилось прикатывание почвы. Уборка урожая напрямую, в I декаде сентября.

Наблюдения, учеты и анализы осуществлялись по общепринятым методикам. Анализы по определению агрохимических показателей темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвы проводили на «Станции агрохимической службы «Рязанская».

Результаты исследований. Анализируя данные полевого опыта по применению регулятора роста, было установлено, что соя отзывается на опрыскивание гетероауксином.

Формирование репродуктивных органов у сои зависит от погодных условий, нормы препарата и периода обработки посевов.

На полевую всхожесть растений большое влияние оказывают метеорологические условия, складывающиеся в период посева до полных всходов. Следует отметить, что гетероауксин сыграл положительную роль в сохранности растений к периоду уборки (табл. 1).

Таблица 1

Полевая всхожесть и густота стояния растений сои при использовании гетероауксина

Фаза обработки	Концентрация препарата	Взошло семян		Сохранилось к уборке от числа взошедших		Общая выживаемость, %
		шт./м ²	%	шт./м ²	%	
Фаза 2-х листьев	Вода (контроль)	50,5	84,1	44,2	87,5	73,6
	Гетероауксин, 25 мг/л	51,0	85,0	44,5	87,2	74,2
	Гетероауксин, 50 мг/л	50,0	83,3	42,5	85,0	70,8
Бутонизация	Вода (контроль)	51,0	85,0	40,5	79,4	67,5
	Гетероауксин, 25 мг/л	50,0	83,3	45,5	91,1	75,8
	Гетероауксин, 50 мг/л	50,0	85,0	45,2	90,4	73,3
Образование бобов	Вода (контроль)	36,5	60,8	29,5	80,8	49,1
	Гетероауксин, 25 мг/л	37,5	62,5	32,0	85,3	53,3
	Гетероауксин, 50 мг/л	37,0	61,7	32,0	86,5	53,3

Более выраженное действие гетероауксин оказал на количество выживших к уборке растений сои при опрыскивании в фазу бутонизации. Сохранность выросла на обработанных вариантах на 4,7-5,0% по сравнению с контролем.

Общая выживаемость растений сои к уборке составила 49,1-75,8%. Выживаемость сои возрастает при более поздней обработке (в фазу образования бобов) на 4,2%.

Действие препарата проявляется прежде всего в ускорении ростовых процессов, усилении обмена веществ и накоплении зеленой массы растений.

При анализе динамики формирования генеративных органов отмечается положительная роль стимулятора роста гетероауксина за счет того, что он обладает выраженными аттрагирующими свойствами. Через 15 дней после опрыскивания (фаза начала образования бобов) на обработанных в фазу двух листьев растениях формируется в среднем 9,1-12,4 бобов, что на 37,9-87,9% больше, чем в контроле, в фазу налива бобов – 26,0-36,1 боба (на 42,9-98,4% больше, чем в контроле). Применение гетероауксина более высокой концентрации (50 мг/л) приводит к формированию большего количества бобов (табл. 2).

Таблица 2

Формирование бобов у растений сои при использовании гетероауксина, шт./растение

Фаза обработки	Концентрация препарата	Начало образования бобов	Налив бобов	Полная спелость
Фаза 2-х листьев	Вода (контроль)	6,6	18,2	18,3
	Гетероауксин, 25 мг/л	9,1	26,0	28,3
	Гетероауксин, 50 мг/л	12,4	36,1	25,3
Бутонизация	Вода (контроль)	6,7	20,2	19,3
	Гетероауксин 25, мг/л	6,9	29,8	29,0
	Гетероауксин 50, мг/л	10,2	27,4	28,8

Однако, количество выполненных бобов, сохранившихся к уборке, не совпадает с количеством завязавшихся. У сои имеется биологическая закономерность: она образует большое количество цветков и способна завязывать большое количество бобов на растении, однако к уборке сохраняется лишь определенное число выполненных бобов. Регулятор роста в данном случае также оказал положительное влияние на сохранность бобов к уборке. На момент уборки наибольшее количество бобов, по сравнению с контролем, сохранилось на растениях варианта, где опрыскивание проводилось в фазу бутонизации. Таким образом, поздняя обработка гетероауксином способствует более интенсивному оттоку питательных веществ из вегетативных органов к формирующимся бобам.

В условиях Рязанской области при оптимальной тепло- и влагообеспеченности и использовании регулятора роста соя может формировать более 30 выполненных бобов на каждом растении.

Особо заметное влияние оказала обработка гетероауксином растений в фазу бутонизации. Несмотря на то, что количество семян в бобе – показатель стабильный и подвержен колебаниям в незначительной степени, было отмечено, что обработка гетероауксином в фазу бутонизации способствовала увеличению данного показателя на 2,7-11,6% (табл. 3).

Таблица 3

Формирование урожая сои при использовании гетероауксина

Фаза обработки	Концентрация препарата	Количество семян в бобе, шт./боб	Количество побегов, шт./растение	Высота растений, см	Высота закладки нижнего боба, см	Выход семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Фаза 2-х листьев	Вода (контроль)	2,12	1,4	83,0	9,5	5,95	138,4
	Гетероауксин, 25 мг/л	2,13	1,7	89,7	10,7	6,02	145,4
	Гетероауксин, 50 мг/л	2,18	1,7	85,6	12,1	6,63	145,6
Бутонизация	Вода (контроль)	2,24	1,8	81,7	10,1	5,95	151,0
	Гетероауксин, 25 мг/л	2,30	1,9	84,0	10,9	6,70	154,0
	Гетероауксин, 50 мг/л	2,50	2,5	82,6	13,1	6,72	156,5
Образование бобов	Вода (контроль)	2,00	1,5	42,8	10,5	6,18	151,1
	Гетероауксин, 25 мг/л	2,08	1,7	47,0	10,4	6,28	153,8
	Гетероауксин, 50 мг/л	2,17	1,8	44,1	11,4	6,54	155,6

В структуре урожая растений сои важную роль играет количество боковых побегов на растении, т.к. именно на них идет основное формирование бобов в дальнейшем. Наибольшее количество побегов (2,5 шт./растение) сформировано при обработке гетероауксином с концентрацией 50 г/л в фазу бутонизации. Вместе с тем, отмечено положительное влияние регулятора роста на формирование боковых побегов на растениях сои во всех вариантах опыта. В контрольном варианте количество побегов составило 1,4-1,8 шт./растение, в опытных – 1,7-2,5 шт./растение.

При используемых концентрациях регулятора роста ослабляется апикальное доминирование и активизируется рост боковых побегов. За счет повышения растяжимости клеток происходит усиленное поглощение ими влаги, и растения не прекращают рост до уборки. Поэтому растения опытных вариантов были выше контрольных на 0,9-6,7 см.

Применение гетероауксина привело к увеличению выхода семян с растения во всех опытных вариантах. Наиболее высокий выход семян с одного растения получен при обработке гетероауксином в фазу бутонизации – 6,70-6,72 г, что на 12,6-12,9% выше, чем в контроле.

Наибольшее влияние на массу 1000 семян оказала обработка регулятором роста с концентрацией 50 мг/л в фазу бутонизации (156,5 г) и фазу образования бобов (155,6 г).

Анализ урожайности сои показал, что эффективность используемого фитогормона в большей степени зависит от внешних факторов (табл. 4, 5).

Таблица 4

Урожайность сои при использовании гетероауксина

Фаза обработки	Концентрация препарата	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю	
		2021 г.	2022 г.	Средняя	ц/га	%
Фаза 2-х листьев	Вода (контроль)	17,7	26,9	22,3	-	-
	Гетероауксин, 25 мг/л	19,8	26,8	23,3	1,0	4,5
	Гетероауксин, 50 мг/л	20,3	27,2	23,8	1,5	6,5
Бутонизация	Вода (контроль)	18,4	27,4	22,9	-	-
	Гетероауксин, 25 мг/л	20,4	29,6	25,0	2,1	9,2
	Гетероауксин, 50 мг/л	21,6	28,9	25,3	2,4	10,3
Образование бобов	Вода (контроль)	18,2	25,3	21,8	-	-
	Гетероауксин 25, мг/л	19,4	27,8	23,6	1,8	8,3
	Гетероауксин 50, мг/л	19,5	28,1	23,8	2,0	9,2
Fфакт.		0,53	0,69			
НСР ₀₅ , ц/га		2,01	2,07			

Прибавка урожая сои в опытных вариантах составила от 4,5 до 10,3%. Наибольшая прибавка урожайности сои – 10,3% – получена при обработке посевов гетероауксином с концентрацией 50 мг/л в фазе бутонизации.

Урожайность гороха при обработке посевов в фазу бутонизации представлена в таблице 5.
Таблица 5

Урожайность гороха при использовании гетероауксина

Концентрация препарата	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю	
	2021 г.	2022 г.	Средняя	ц/га	%
Вода (контроль)	18,8	20,3	19,6	-	
Гетероауксин, 25 мг/л	19,6	21,4	20,5	0,9	4,6
Гетероауксин, 50 мг/л	20,3	22,2	21,3	1,7	8,4
Факт. НСР ₀₅ , ц/га	0,62 2,99	0,58 2,64			

Обработка посевов гороха гетероауксином в фазу бутонизации привела к увеличению урожайности гороха на 4,6-8,4%.

Наиболее высокий показатель рентабельности производства сои – 84,5% (что превышает контрольный вариант на 9,2%) – получен на посевах, обработанных гетероауксином с концентрацией 50 мг/л в фазу бутонизации. Рентабельность производства гороха при обработке гетероауксином с концентрацией 50 мг/л составила 67,4%, что выше, чем в контрольном варианте, на 7,6%.

Заключение. Применение на посевах сои и гороха регулятора роста гетероауксина является эффективным способом повышения урожайности культур. Изученные варианты обработки способствовали повышению урожайности сои от 4,5 до 10,3% и гороха – на 4,6-8,4% по сравнению с контролем. Предпочтительно проведение обработки посевов в фазу бутонизации раствором гетероауксина с концентрацией 50 мг/л, что позволит увеличить урожайность сои на 2,4 ц/га, гороха – на 1,7 ц/га.

Список источников

1. Бегун С. А., Якименко М. В. Совместное применение штаммов ризобий и некоторых препаратов для предпосевной обработки семян сои // Земледелие. 2016. № 6. С. 26–27.
2. Васильчиков, А. Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур // Земледелие. 2014. № 4. С. 8–11.
3. Васин В. Г., Вершинина О. В., Лысак О. Н. Влияние биостимуляторов на показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. №2. С. 3.
4. Вертелецкий А. И., Виноградов Д. В., Лупова Е. И. Урожайность сортов сои в зависимости от гербицидной обработки // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : сб. тр. Рязань : РГАТУ, 2020. С. 36–39.
5. Виноградов Д. В., Ильинский А. В., Данчеев Д. В. Экология агроэкосистем : учебное пособие. Рязань, 2020. 256 с.
6. Евсенина М. В., Плевко Е. А., Виноградов Д. В., Гогмачадзе Г. Д., Балабко П. Н., Лупова Е. И. Влияние различных доз микробиологического удобрения на продуктивность гороха // АгроЭкоИнфо. 2022. № 5(53). DOI 10.51419/202125530.
7. Габибов М. А., Виноградов Д. В., Бышов Н. В. Растениеводство : учебник. Рязань, 2019. 302 с.
8. Габибов М. А., Троц Н. М., Виноградов Д. В. Практикум по агрохимии. Кинель, 2022. 222 с.
9. Ерохин А. И., Цуканова З. Р. Предпосевная обработка семян гороха биопрепаратом Рибав-Экстра // Земледелие. 2014. № 3. С. 47–48.
10. Казакевич Л. А., Виноградов Д. В. Рациональное использование земельных ресурсов сельскохозяйственными организациями // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сборник научных статей. Минск, 2018. С. 435–438.
11. Лебедев Д. В., Евсенина М. В. Особенности питания растений и жизнедеятельности микроорганизмов в почве // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий : сборник научных статей. Рязань, 2021. С. 189–194.
12. Троц Н. М., Габибов М. А., Виноградов Д. В. Агрохимия : учебное пособие. Кинель, 2021. 165 с.
13. Щур А. В., Виноградов Д. В., Валько В. П. Нитрификационная активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2015. № 2 (26). С. 21–26.
14. Vinogradov D. V., Evsenina M. V. Using growth regulators in production of peas // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : proceedings of the conference. Stavropol, 2022. P. 012029. DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012029.

References

1. Begun, S. A. & Yakimenko, M. V. (2016). Joint application of rhizobia strains and certain preparations for pre-sowing processing of soybean seeds. *Zemledelie (Zemledelie)*, 6, 26–27 (in Russ.).
2. Vasilchikov, A. G. (2014). Comparative assessment of the size of symbiotic nitrogen fixation of leguminous crops. *Zemledelie (Zemledelie)*, 4, 8–11 (in Russ.).
3. Vasin, V. G., Vershinina, O. V. & Lysak, O. N. (2015). The influence of biostimulators on the indicators of photosynthetic activity and productivity of peas. *Zernobobovye i krupânye kul'tury (Legumes and Groat Crops)*, 2, 3 (in Russ.).
4. Verteletsky, A. I., Vinogradov, D. V. & Lupova, E. I. (2020). Yield of soybean varieties depending on herbicidal treatment. Technological innovations as a factor of sustainable and effective development of modern agro-industrial complex '20: *collection of works*. (pp. 36–39). Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University (in Russ.).
5. Vinogradov, D. V., Ilyinsky, A. V. & Dancheev, D. V. (2020). Ecology of agroecosystems. Ryazan (in Russ.).
6. Evsenina, M. V., Plevko, E. A., Vinogradov, D. V., Gogmachadze, G. D., Balabko, P. N. & Lupova, E. I. (2022). Influence of different doses of microbiological fertilizer on pea productivity. *AgroEkoInfo (AgroEkoInfo)*, 5(53) (in Russ.). DOI 10.51419/202125530.
7. Gabibov, M. A., Vinogradov, D. V. & Byshov, N. V. (2019). Plant growing. Ryazan (in Russ.).
8. Gabibov, M. A., Trots, N. M. & Vinogradov, D. V. (2022). Workshop on agrochemistry. Kinel (in Russ.).
9. Erokhin, A. I. & Tsukanova, Z. R. (2014). Pre-sowing treatment of pea seeds with Ribav-Extra biopreparate, *Zemledelie (Zemledelie)*, 3, 47–48 (in Russ.).
10. Kazakevich, L. A. & Vinogradov, D. V. (2018). Rational use of land resources by agricultural organizations // Formation of organizational and economic conditions for the effective functioning of the agro-industrial complex '18: *collection of scientific articles*. (pp. 435–438). Minsk (in Russ.).
11. Lebedev, D. V. & Evsenina, M. V. (2021). Features of plant nutrition and the vital activity of microorganisms in the soil // Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agrotechnologies : *collection of scientific articles*. (pp. 189–194). Ryazan (in Russ.).
12. Trots, N. M., Gabibov, M. A. & Vinogradov, D. V. (2021). Agrochemistry. Kinel (in Russ.).
13. Shchur, A. V., Vinogradov, D. V. & Valko, V. P. (2015). Nitrification activity of soils at various levels of agrotechnical impact. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva (Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostycheva)*, 2 (26), 21–26 (in Russ.).
14. Vinogradov, D. V. & Evsenina, M. V. (2022). Use of growth regulators in pea production. IOP Conference Series: Earth and Environment Science: Conference Proceedings. (p. 012029). Stavropol. DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012029.

Информация об авторах:

М. В. Евсенина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Д. В. Виноградов – доктор биологических наук, профессор.

Information about the authors:

M. V. Evsenina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
D. V. Vinogradov – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 1.12.2022; одобрена после рецензирования 13.01.2023; принята к публикации 13.02.2023.

The article was submitted 1.12.2022; approved after reviewing 13.01.2023; accepted for publication 13.02.2023.