

Урожайность сортов сои в Центральном Нечерноземье при использовании различных норм внесения регулятора роста

А. А. Тевченков¹✉, З. С. Федорова², Е. И. Сеничев¹

¹ Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», Липецк, Россия

² Калужский филиал Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева, Калуга, Россия

✉ E-mail: soya@lniir.ru

Аннотация. При выращивании экологически чистой продукции сои необходимо использовать безопасные и малоопасные удобрения, средства защиты растений и биостимуляторы. Их применение обеспечивает повышение урожайности, позволяет уменьшать затраты на возделывание и получать продукцию высокого качества. **Целью исследований** являлось изучение влияния разных норм внесения регулятора роста «Зеребра Агро» на рост растений, формирование симбиотического аппарата, величину и качество урожая сои. **Методы исследований.** На основе трехлетних исследований сделан анализ влияния норм внесения регулятора роста на симбиотический аппарат, урожайность и качества семян сои. **Научная новизна.** В погодно-климатических условиях Нечерноземной зоны Калужской области впервые определена оптимальная норма внесения регулятора роста «Зеребра Агро» для повышения урожайности сои. **Результаты.** Опрыскивание вегетирующих растений сорта Георгия в норме препарата 0,10, 0,15 и 0,20 л/га способствовало увеличению высоты растений на 3,6–6,3 см, площади листьев – на 7–16 %, сухой надземной массы – на 5–10 %, подземной – на 6–12 %, а у сорта Припять – увеличению высоты растений на 2,7–4,6 см, площади листьев – на 2–6 %, сухой надземной массы – на 3–6 %, подземной – на 3–7 %. У изучаемых сортов сои достоверно увеличивались количество и масса клубеньков при обработке препаратом с нормой 0,10 и 0,15 л/га. Применение регулятора роста «Зеребра Агро» способствовало повышению урожайности семян сортов сои Георгия на 0,12–0,80 т/га, а Припять – на 0,24–0,54 т/га. Достоверное увеличение урожайности на 0,8 т/га и содержание белка в семенах на 1,3 % отмечалось при обработке растений сорта Георгия в дозе 0,20 л/га. У сорта Припять увеличение содержания белка в семенах отмечалось во всех вариантах применения препарата «Зеребра Агро».

Ключевые слова: соя, регулятор роста, доза внесения, симбиотический аппарат, качество урожая.

Для цитирования: Тевченков А. А., Федорова З. С., Сеничев Е. И. Урожайность сортов сои в Центральном Нечерноземье при использовании различных норм внесения регулятора роста // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 01. С. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-22-31.

Дата поступления статьи: 15.06.2023, **дата рецензирования:** 08.07.2023, **дата принятия:** 01.08.2023.

Productivity of soybean varieties in the Central Non-Chernozem region using different rates of growth regulator application

A. A. Tevchenkov¹✉, Z. S. Fedorova², E. I. Senichev¹

¹Lipetsk Rapeseed Research Institute – the branch of the Federal Scientific Center “V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil crops”, Lipetsk, Russia

²Kaluga branch of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Kaluga, Russia

✉E-mail: soya@lniir.ru

Abstract. When growing environmentally friendly soybean products, it is necessary to use safe and low-hazard fertilizers, plant protection products and biostimulants. Their use increases productivity, reduces cultivation costs and produces high-quality products. **The purpose of the research** was to study the influence of different rates of application of the growth regulator “Zerebra Agro” on plant growth, the formation of the symbiotic apparatus, the size and quality of the soybean yield. **Research methods.** On the base of three years of research, an analysis was made of the influence of growth regulator application rates on the symbiotic apparatus, yield and quality of soybean seeds. **Scientific novelty.** In the weather and climatic conditions of the Non-Chernozem Zone of the Kaluga Region, the optimal rate of application of the growth regulator “Zerebra Agro” to increase soybean yields was determined for the first time. **Results.** Spraying vegetative plants of the Georgia variety at a rate of 0.10, 0.15 and 0.20 l/ha contributed to an increase in plant height by 3.6–6.3 cm, leaf area by 7–16 %, dry aboveground mass by 5–10 %, underground mass – by 6–12 %, and in the Pripyat’ variety – an increase in plant height by 2.7–4.6 cm, leaf area – by 2–6 %, dry aboveground mass – by 3–6 %, underground mass – by 3–7 %. In the studied soybean varieties, the number and weight of nodules significantly increased when treated with the drug at a rate of 0.10 and 0.15 l/ha. The use of the growth regulator “Zerebra Agro” contributed to an increase in the seed yield of soybean varieties: Georgiy by 0.12–0.80 t/ha, and Pripyat’ by 0.24–0.54 t/ha. A significant increase in yield by 0.8 t/ha and protein content in seeds by 1.3% was noted when plants of the Georgia variety were treated at a dose of 0.20 l/ha. In the Pripyat’ variety, an increase in the protein content in the seeds was noted in all variants of using the “Zerebra Agro” preparation.

Keywords: soybean, growth regulator, dose, symbiotic apparatus, yield.

For citation: Tevchenkov A. A., Fedorova Z. S., Senichev E. I. Urozhaynost’ sortov soi v Tsentral’nom Nechernozem’e pri ispol’zovanii razlichnykh norm vneseniya regulatora rosta [Productivity of soybean varieties in the Central Non-Chernozem region using different rates of growth regulator application] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Vol. 24, No. 01. Pp. 22–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-22-31. (In Russian.)

Date of paper submission: 15.06.2023, **date of review:** 08.07.2023, **date of acceptance:** 01.08.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Одна из основных проблем агропромышленного комплекса России – дефицит растительного белка в питании людей и сельскохозяйственных животных. Решить эту проблему можно путем увеличения производства семян зернобобовых культур и прежде всего сои, которая является важнейшей масличной и белковой культурой [1, с. 7].

В настоящее время сою возделывают более чем в 60 странах мира на пяти континентах – в умеренном, субтропическом и тропическом поясах. Лидерами по производству сои в мире на 2021 год являются Бразилия – 35,9 % от мирового производства, США – 34,1 %, Аргентина – 12,3 %, Китай – 4,6 % [2, с. 16–17], а на долю России приходится лишь 1,3 % [3]. В нашей стране валовой сбор семян сои на 2021 год составил 4759 тыс. т при средней урожайности 1,7 т/га [4].

Высокое содержание в семенах сои полноценного по аминокислотному составу, растворимости и усвояемости белка от 32,0 до 48 % и высококачественного по жирно-кислотному составу масла до 25 % делают ее уникальной [5; 6]. Не случайно производство семян сои в мире возрастает, и в XXI веке эта культура по валовым сборам заняла 4-е место среди сельскохозяйственных культур после пшеницы, риса и кукурузы.

Важно отметить и агрономическое значение этой зернобобовой культуры. Она является отличным предшественником для сельскохозяйственных культур, особенно для колосовых [7, с. 65]. Соя повышает плодородие почвы благодаря способности усваивать атмосферный азот посредством симбиоза с клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами. По разным источникам, соя может после себя оставить 250 кг/га и более азота в доступной форме для растений [8, с. 194].

Соя становится в нашей стране высокодоходной культурой, по экономической эффективности приближается к подсолнечнику и сахарной свекле. В настоящее время продолжается поиск путей повышения урожайности сои и качества семян [9, с. 216].

Одним из приемов в инновационной технологии возделывания сои является использование регуляторов роста растений, механизм действия которых основан на антибактериальном и фунгипротекторном свойствах, опосредованных стимуляцией иммунитета растений, ускорении процесса метаболизма и активации синтеза белка и углеводов. Своевременное применение и правильно выбранные дозы для обработки регуляторами роста позволяют регулировать темпы роста и развития растений, повысить устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, а в итоге – увеличить урожайность и улучшить качество семян сои [10].

В производственном масштабе регуляторы роста стали применяться с тех пор, когда были выявлены синтетические вещества, способные вызывать у растений такие же реакции, как фитогормоны. Сегодня трудно переоценить значение регуляторов роста для современного сельскохозяйственного производства. Эти вещества используются для повышения интенсивности прорастания семян, управления ростом, цветением, плодоношением, созреванием и другими жизненными процессами для увеличения урожая, улучшения его качества и сокращения потерь при уборке и хранении продукции [10; 11].

В последние годы проводилось много научных исследований, направленных на выявление действия физиологически активных веществ на различные сельскохозяйственные культуры, изучались вопросы определения их оптимальных доз и концентраций, сроков и способов обработки семян и посевов [12, с. 50]. Для наших исследований был выбран регулятор роста «Зеребра Агро», который создан на основе передовых научных достижений в химии, биологии, физиологии растений, знаний о росте и развитии растений, безопасный для человека и окружающей среды. Этот препарат соединяет в себе свойства различных фитогормонов, обладает комплексным воздействием на растения и повышает эффективность природных гормонов.

Цель наших исследований заключалась в оценке реакции сортов сои на применение регулятора роста «Зеребра Агро» для выявления его влияния на продуктивность и качество урожая сои в условиях Центральной Нечерноземной зоны.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования по изучению влияния разных норм внесения регулятора роста «Зеребра Агро» на продуктивность и развитие симбиотического аппарата сои проводились в Калужской области в Спас-Деменском районе в 2017–2019 гг. Опыт был за-

ложен на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, которая характеризуется слабокислой реакцией среды ($pH_{\text{сое}} = 5,2$), содержанием гумуса (по Тюрину) 1,6 %, содержанием подвижного фосфора (по Кирсанову) 100 мг/кг почвы, обменного калия (по Кирсанову) – 65 мг/кг почвы и азота легкогидролизуемого (по Тюрину) – 50 мг/кг почвы.

Объектами исследований были два сорта сои (Припять и Георгия, рекомендованные для возделывания в Центральном регионе РФ) и регулятор роста «Зеребра Агро». Сорт Припять раннеспелый, вегетационный период от посева до полной спелости (в условиях Калужской области) составляет 90–100 суток, содержание в семенах белка – 31,5–38,0 % и масла – 22,0–23,0 %. Сорт высокоурожайный, средняя урожайность в условиях Калужской области составляет 1,38–1,40 т/га. С 2007 года данный сорт успешно возделывается в северной и южной частях ЦФО Российской Федерации. Сорт Георгия включен в реестр разрешенных для возделывания в Центральном регионе в 2017 году, он относится к раннеспелой группе, созревает за 95–110 суток, содержание белка в семенах – 38,6 %, масла – 21,7 %. Средняя урожайность данного сорта составляет 1,17–1,30 т/га.

Действие регулятора роста «Зеребра Агро», согласно описанию разработчика, основано на специфических свойствах серебра стимулировать биологические процессы растений, усилить энергетический обмен в тканях, в результате чего растения быстрее восстанавливают свои защитные функции. Благодаря уникальному сочетанию двух действующих веществ фунгицидный и бактерицидный эффекты даже в такой незначительной концентрации коллоидного серебра проявляются в виде сдерживания и частичного подавления патогенной микрофлоры.

Схема опыта включила в себя четыре варианта: контроль и три нормы регулятора роста – 0,10, 0,15 и 0,20 л/га. Обработку проводили по вегетирующим растениям сои в фазу бутонизации – начала цветения (V4) из расчета расхода рабочей жидкости 200 л/га. Обработку растений проводили с помощью прицепного опрыскивателя УГ.

Полевой опыт закладывали в трехкратной повторности. Учетная площадь делянки – 20 м². В опыте проводили следующие учеты: определение количества и массы клубеньков, вегетативной массы с одного растения, площади листьев методом высечек, структуры урожайности и качества полученного урожая семян сои. Учет количества и массы клубеньков проводили методом отбора монолитов почвы с корнями и надземной биомассой растений. Площадь монолита составляла 0,1 м² на глубину 20 см. Все исследования проводили согласно методике ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК [13, с. 445–456].

В день посева семена обрабатывали инокулянтом «Нордикс Ж» в дозе расхода препарата 1 л/т семян. Сою высеивали зерновой сеялкой марки «Клен-6» с междурядьями 15 см и нормой высева 500 тыс. шт. всхожих семян на 1 га. В течение вегетации в посевах сои проводили две обработки гербицидами. Первую обработку почвенным гербицидом проводили по всходам (VE), вторую – в фазу бутонизации (V4–V5) опрыскивателем UG. Уборку сои проводили в фазу полной спелости семян при влажности семян 15–16 % зерноуборочным комбайном gs2124. После уборки урожая проводили первичную очистку семян и доведение их до влажности 9–10 %. Урожайные данные приведены к 100-процентной чистоте и 14 % влажности.

Калужская область находится в умеренно-континентальной зоне, где сумма активных температур за вегетационный период с мая по сентябрь по средним многолетним данным составляет 2181 °С, количество осадков – до 600 мм. Распределение гидротермических ресурсов крайне неравномерно по месяцам. Продолжительность периода без отрицательных температур составляет 203–223 дня.

Погодные условия в годы проведения исследований существенно различались. В 2017 и 2019 годы температура воздуха по месяцам вегетации сои была ниже по сравнению со средними многолетними данным и по сравнению с 2018 годом.

В 2017 году погодные условия были менее благоприятными для роста сои, средняя температура воздуха за вегетационный период была ниже 0,9 °С по сравнению с нормой. Количество выпавших осадков в период мая по сентябрь составило 686 мм, что в 2 раза выше нормы. Агроклиматические условия 2018 года были благоприятными для роста и развития растений сои: температура воздуха была

выше на 0,6 °С с достаточным количеством осадков в сравнении со средними многолетними значениями. Температурный режим в условиях 2019 года был ниже климатической нормы на 0,3 °С в течение всего сезона с количеством осадков 634,3 мм, что выше климатической нормы.

Результаты (Results)

Активная симбиотическая деятельность определяется не только числом, но и массой клубеньков [14–18]. В течение вегетации эти показатели изменялись и максимум их отмечался в фазе налива семян (R6) у изучаемых сортов (таблица 1).

У растений сорта Георгия во все фазы развития норма внесения регулятора роста 0,10 и 0,15 л/га обеспечивала достоверное увеличение количества и массы клубеньков. Например, в фазе налива семян количество клубеньков увеличивалось на 6–11 %, а их сырая масса – на 9–15 % соответственно. При более высокой норме внесения препарата 0,20 л/га, напротив, отмечалось достоверное снижение их количества и массы на 3 %.

Обработка вегетирующих растений сорта Припятя регулятором роста «Зеребра Агро» с нормой внесения препарата 0,10 и 0,15 л/га также обеспечивала существенное увеличение числа и массы клубеньков во все фазы. Так, в фазе налива семян число клубеньков было больше, чем в контроле, на 13–18 %, а их сырая масса – на 15–20 % соответственно. При норме внесения препарата 0,20 л/га, так же как и у растений сорта Георгия, отмечалось снижение числа клубеньков на 3 %, а их сырой массы – на 2 %.

В период вегетации сои определяли не только активность симбиоза, но также и высоту растений, вегетативную массу с одного растения, площадь листьев (таблица 2).

Таблица 1
Влияние нормы внесения регуляторов роста «Зеребра Агро» на формирование симбиотического аппарата сои

Вариант		Количество клубеньков по фазам развития, шт/растение				Сырая масса клубеньков по фазам развития, мг/растение			
Сорта – фактор А	Доза регулятора роста – фактор В	Бутонизация R1	Цветение R2	Образование бобов R4	Налив семян R6	Бутонизация R1	Цветение R2	Образование бобов R4	Налив семян R6
		Георгия	Контроль	16,3	22,7	27,3	32,3	72,7	100,9
0,10 л/га	19,3		26,0	29,7	34,3	88,6	119,3	136,2	157,6
0,15 л/га	20,3		27,7	31,3	36,0	93,6	127,7	144,6	166,3
0,20 л/га	17,7		21,7	25,0	31,3	79,4	97,4	112,3	140,7
Припятя	Контроль	20,7	25,0	29,7	35,0	94,1	113,8	135,1	159,4
	0,10 л/га	23,7	28,3	33,7	39,7	109,5	131,2	156,0	183,8
	0,15 л/га	24,3	30,3	35,7	41,3	113,0	141,0	166,0	192,5
	0,20 л/га	21,3	23,3	28,3	34,3	97,5	106,6	129,3	156,9
НСР ₀₅ фактор А		0,30	0,54	0,99	0,86	4,60	1,40	1,80	1,90
НСР ₀₅ фактор В		0,54	0,61	1,02	0,99	6,10	1,70	2,10	2,10

Table 1
Influence of “Zerebra Agro” growth regulator doses on the symbiotic apparatus formation of soybean

Variant		Nodule number in different development phases, pcs/plant				Nodule wet weight in different development phases, pcs/plant			
Cultivars – factor A	Growth regulator dose – factor B	Budding R1	Flowering R2	Podding R4	Seed filling R6	Budding R1	Flowering R2	Podding R4	Seed filling R6
Georiya	Control	16.3	22.7	27.3	32.3	72.7	100.9	121.7	143.9
	0.10 l/ha	19.3	26.0	29.7	34.3	88.6	119.3	136.2	157.6
	0.15 l/ha	20.3	27.7	31.3	36.0	93.6	127.7	144.6	166.3
	0.20 l/ha	17.7	21.7	25.0	31.3	79.4	97.4	112.3	140.7
Pripyat	Control	20.7	25.0	29.7	35.0	94.1	113.8	135.1	159.4
	0.10 l/ha	23.7	28.3	33.7	39.7	109.5	131.2	156.0	183.8
	0.15 l/ha	24.3	30.3	35.7	41.3	113.0	141.0	166.0	192.5
	0.20 l/ha	21.3	23.3	28.3	34.3	97.5	106.6	129.3	156.9
LSD ₀₅ factor A		0.30	0.54	0.99	0.86	4.60	1.40	1.80	1.90
LSD ₀₅ factor B		0.54	0.61	1.02	0.99	6.10	1.70	2.10	2.10

Таблица 2

Формирование вегетативных органов и площади листьев сортов сои в фазу полного налива семян в зависимости от нормы внесения регулятора роста «Зербра Агро»

Вариант		Высота растений, см	Масса надземных органов, г/растение		Масса корней, г/растение		Площадь листьев, см ² /растение
Сорт – фактор А	Доза регулятора роста – фактор В		Сырая	Сухая	Сырая	Сухая	
Георгия	Контроль	61,2	79,5	25,8	17,3	8,2	238,9
	0,10 л/га	64,8	84,0	27,3	18,3	8,7	257,5
	0,15 л/га	66,1	86,3	28,0	18,8	8,9	274,1
	0,20 л/га	67,5	88,2	28,6	19,2	9,2	278,4
Припять	Контроль	75,7	85,9	27,9	18,7	8,9	317,1
	0,10 л/га	78,4	88,5	28,7	19,2	9,1	326,4
	0,15 л/га	79,5	88,9	28,9	19,3	9,2	330,7
	0,20 л/га	80,3	91,8	29,8	20,0	9,5	339,2
НСР ₀₅ фактор А		1,20	0,98	0,87	0,49	0,97	1,09
НСР ₀₅ фактор В		2,09	1,16	1,45	0,87	1,06	2,10

Table 2

The formation of vegetative organs and leaf area of soybean depending on “Zerebra Agro” growth regulator application rates

Variant		Plant height, cm	Weight of aboveground mass, g/plant		Root weight, g/plant		Leaf area, cm ² /plant
Cultivars – factor A	Growth regulator dose – factor B		Wet	Dry	Wet	Dry	
Georiya	Control	61.2	79.5	25.8	17.3	8.2	238.9
	0.10 l/ha	64.8	84.0	27.3	18.3	8.7	257.5
	0.15 l/ha	66.1	86.3	28.0	18.8	8.9	274.1
	0.20 l/ha	67.5	88.2	28.6	19.2	9.2	278.4
Pripyat	Control	75.7	85.9	27.9	18.7	8.9	317.1
	0.10 l/ha	78.4	88.5	28.7	19.2	9.1	326.4
	0.15 l/ha	79.5	88.9	28.9	19.3	9.2	330.7
	0.20 l/ha	80.3	91.8	29.8	20.0	9.5	339.2
LSD ₀₅ factor A		1.20	0.98	0.87	0.49	0.97	1.09
LSD ₀₅ factor B		2.09	1.16	1.45	0.87	1.06	2.10

При определении высоты растений было установлено, что сорта сои положительно реагировали на обработку регулятором роста «Зеребра Агро» во всех вариантах опыта. Растения сорта Георгия превосходили контроль по этому показателю на 3,6–6,3 см, а растения сорта Припять – на 2,7–4,6 см, где она была выше при использовании максимальной нормы внесения 0,20 л/га.

Продуктивность сои в значительной мере зависит от деятельности листового аппарата её растений. Опрыскивание посевов в фазе бутонизации способствовало увеличению площади листовой поверхности одного растения у сорта Георгия на 7–14 %, а у сорта Припять – на 2–6 % в сравнении с контрольными вариантами.

При определении сухой массы вегетативной части и корней растений отмечалась такая же тенденция: с увеличением нормы внесения регулятора роста увеличивались данные показатели. У обработанных растений сорта Георгия сухая надземная масса с одного растения увеличивалась на 5–10 %, подземная – на 6–12 % в зависимости от нормы внесения регулятора роста. У обработанных растений сорта Припять сухая надземная масса с одного

растения увеличивалась на 3–6 %, масса корней – на 3–7 % в сравнении с необработанными.

Изучение влияния регулятора роста «Зеребра Агро» на растения двух сортов сои показало, что сорт Георгия более отзывчив на препарат, чем сорт Припять. Опрыскивание посевов сорта Георгия в норме 0,10 л/га обеспечивало увеличение высоты растений на 3,6 см, площади листьев на 7 %, надземной сухой массы – на 5 %, подземной – на 6 %; с нормой 0,15 л/га высоты растений на 4,9 см, площади листьев на 14 %, надземной сухой массы на 8 %; подземной – на 9 %; с нормой 0,20 л/га высоты растений на 6,3 см, площади листьев на 16 %, надземной сухой массы на 10 %; подземной – на 12 %.

Опрыскивание вегетирующих растений сорта Припять с нормой 0,10 л/га обеспечивало увеличение высоты растений на 2,7 см, площади листьев – на 2 %, надземной сухой массы – на 3 %, подземной – на 3 %; с нормой 0,15 л/га высоты растений на 3,6 см, площади листьев – на 4 %, надземной сухой массы – на 3 %; подземной – на 4 %; с нормой 0,20 л/га – высоты растений на 4,6 см, площади листьев – на 6 %, надземной сухой массы – на 6 %; подземной – на 7 %.

Таблица 3

Влияние норм внесения регулятора роста «Зеребра Агро» на урожай и качество семян сои

Вариант		Урожайность, т/га	Прибавка к контролю		Содержание в семенах, %	
Сорта – фактор А	Доза регулятора роста – фактор В		т/га	%	белка	жира
Георгия	Контроль	2,34	–	–	37,90	16,30
	0,10 л/га	2,46	0,12	5,15	38,00	16,40
	0,15 л/га	2,94	0,60	25,74	38,10	16,20
	0,20 л/га	3,15	0,80	34,36	39,20	16,40
Припять	Контроль	2,94	–	–	38,20	20,40
	0,10 л/га	3,19	0,24	8,31	39,30	20,50
	0,15 л/га	3,37	0,42	14,42	39,70	20,30
	0,20 л/га	3,48	0,54	18,23	39,70	20,20
НСР ₀₅ фактор А		0,50	–	–	–	–
НСР ₀₅ фактор В		0,74	–	–	–	–

Table 3

Influence of “Zerebra Agro” growth regulator doses on soybean seed yield and quality

Variant		Yield, t/ha	Increase compared to control variant		Content in seeds, %	
Cultivars – factor A	Growth regulator dose – factor B		t/ha	%	Protein	Fat
Georgiya	Control	2.34	–	–	37.90	16.30
	0.10 l/ha	2.46	0.12	5.15	38.00	16.40
	0.15 l/ha	2.94	0.60	25.74	38.10	16.20
	0.20 l/ha	3.15	0.80	34.36	39.20	16.40
Pripyat	Control	2.94	–	–	38.20	20.40
	0.10 l/ha	3.19	0.24	8.31	39.30	20.50
	0.15 l/ha	3.37	0.42	14.42	39.70	20.30
	0.20 l/ha	3.48	0.54	18.23	39.70	20.20
LSD ₀₅ factor A		0.50	–	–	–	–
LSD ₀₅ factor B		0.74	–	–	–	–

Конечным результатом деятельности посевов сои является урожай семян и его качество (таблица 3). При определении структуры урожая сорта Георгия установили, что при обработке в фазе начало цветения нормами регулятора роста «Зеребра Агро» 0,10 и 0,15 л/га отмечалась тенденция увеличения количества бобов на одном растении с превышением над контролем менее значения НСР по этому показателю.

Однако опрыскивание растений в норме 0,20 л/га обеспечивало достоверное увеличение количества бобов на одном растении на 6 штук в сравнении с необработанными.

Обработка растений сорта Георгия регулятором роста «Зеребра Агро» во всех вариантах опыта обеспечивала увеличение числа семян с одного растения на 5–10 штук в сравнении с контролем. Достоверно увеличивалась масса бобов с одного растения при обработке сои в норме 0,15 и 0,20 л/га.

Наименьший урожай семян сорта сои Георгия сформировался без обработки растений – 2,34 т/га.

Небольшую прибавку урожайности (5 %) получили в варианте с внесением регулятора роста в норме 0,10 л/га. Увеличение нормы внесения препарата до 0,15 л/га и 0,20 л/га обеспечивало повышение урожайности семян сои на 25,74 и 34,36 % соответственно.

Использование препарата «Зеребра Агро» в посевах сои сорта Георгия во всех изучаемых нормах обеспечивало увеличение урожайности семян на 0,12–0,80 т/га, но достоверной прибавка была только при норме 0,20 л/га.

Определение структуры урожая сорта Припять показало, что применение препарата во всех изучаемых нормах внесения существенно увеличивало число бобов на 3–6 штук, семян на 7–15 штук на одном растении. Такие показатели структуры, как масса бобов и масса семян с одного растения, масса 1000 семян, были также выше у растений, обработанных регулятором роста, однако математический анализ данных показал, что при норме внесения 0,20 л/га достоверно увеличивалась масса бобов и семян с одного растения, а при норме 0,15 л/га – масса семян с одного растения.

Наименьший урожай семян сорта Припять (2,94 т/га) сформировался в контроле без применения регулятора роста.

Обработка посевов сои с нормой 0,10 л/га обеспечивала формирование урожая семян 3,19 т/га, что на 8,31 % больше, чем в контроле. При увеличении нормы внесения препарата до 0,15 л/га наблюдалась прибавка к контролю 0,42 т/га (14,42 %), а при норме 0,20 л/га – 0,54 т/га (18,23 %).

Обработка растений сорта Припять регулятором роста «Зеребра Агро» с нормами 0,10, 0,15 и 0,20 л/га повышала урожайность семян на 0,24–0,54 т/га, однако такое повышение не является достоверным, т. е. можно говорить только о тенденции.

Урожайность семян сорта Припять выше, чем сорта Георгия, однако растения сорта Георгия более отзывчивы на обработки, чем сорта Припять.

Содержание белка и жира в семенах изучаемых сортов показывает, что обработки растений неоднородно влияют на показатели качества семян. Содержание белка в семенах сорта Георгия возрастало при увеличении нормы внесения на 0,1–1,3 %, а сорта Припять – на 0,9–1,5 %. Однако по содержанию жира в семенах такой четкой картины не прослеживалось.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Соя – широко известная во всем мире культура, ее производство постоянно увеличивается. Средняя урожайность в нашей стране остается относительно невысокой – 1,7 т/га. В интенсивной технологии возделывания культуры используются регуляторы роста растений. Правильно выбранные сроки и дозы их применения позволяют регулировать рост и развитие растений, снижать неблагоприятное действие метеорологических факторов, что приводит к повышению урожая семян и улучшению его качества.

В наших исследованиях использование регулятора роста «Зеребра Агро» на растениях сои сортов Георгия и Припять в различных дозах показало его положительное действие.

Обработка вегетирующих растений сорта Георгия с нормой внесения 0,10, 0,15 и 0,20 л/га обеспечивало увеличение высоты растений от 3,6 см до 6,3 см, площади листьев – от 7 до 16 %, сухой надземной массы – от 5 до 10 %, массы корней – от 6 до 12 %. Кроме того, использование регулятора роста с нормой 0,10 и 0,15 л/га обеспечивало достоверное повышение количества и сырой массы клубеньков; увеличение показателей структуры урожая и урожайности семян на 0,12–0,80 т/га.

Использование регулятора роста в посевах сои сорта Припять с нормами 0,10, 0,15 и 0,20 л/га обеспечивало повышение высоты растений от 2,7 см до 4,6 см, площади листьев – от 2 до 6 %, сухой надземной массы – от 3 до 6 %, подземной – от 3 до 7 %. Обработка вегетирующих растений регулятором роста с нормами 0,10 и 0,15 л/га способствовала достоверному увеличению количества и сырой массы клубеньков. Применение регулятора роста с различными нормами повышало урожайность семян на 0,24–0,54 т/га.

В ранее проведенных исследованиях с использованием регулятора роста «Зеребра Агро» в посевах сои скороспелых сортов Магева, Светлая, Касатка нами также отмечено увеличение урожайности семян – на 0,10–0,23 т/га [11].

Применение регулятора роста «Зеребра Агро» с нормой расхода 0,20 л/га у растений сортов Георгия и Припять приводило к достоверному уменьшению количества и сырой массы клубеньков на 2–3 %.

Применение регулятора роста «Зеребра Агро» с нормой расхода препарата 0,10, 0,15 и 0,20 л/га на растениях сорта Георгия обеспечивало повышение урожая семян на 0,12–0,80 т/га, а сорта Припять – на 0,24–0,54 т/га. Однако достоверная прибавка отмечается только при обработке растений сорта Георгия с нормой 0,20 л/га.

Показатели качества семян формируются в процессе роста и развития культуры и зависят от многих факторов, таких как сорт, метеорологические условия вегетации, тип почвы и др. В наших исследованиях обработка растений изучаемых сортов препаратом «Зеребра Агро» обеспечивала увеличение содержания белка в семенах на 0,1–1,5 %, а влияния на содержание в них жира не отмечалось.

Библиографический список

1. Ториков В. Е., Бельченко С. А., Дронов А. В., Моисеенко И. Я., Зайцева О. А. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2019. 284 с.
2. Макарова А. А., Пасько О. В., Состояние мирового производства растительного сырья как перспективного источника белка для аналоговой мясной продукции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 3. С. 12–20. DOI: 10.14529/food200302.
3. Бойко Е. Ю. Современное состояние рынка масличного сырья в России // Сборник материалов 11-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. Краснодар, 2021. С. 284–286. DOI: 10.25230/conf11-2021-284-286.
4. Чутчева Ю. В., Бельшклина М. Е., Дегтярева Е. Д. Семеноводство сои в Российской Федерации – текущее состояние и перспективы развития // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 1. С. 80–88. DOI: 10.32651/231-80.
5. Бельшклина М. Е., Гуреева Е. В. Сравнительный анализ биохимического состава сортов сои северного экотипа и оценка их пригодности для переработки // Аграрная Россия. 2020. № 01. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-1-35-39.
6. Бельшклина М. Е., Гуреева Е. В. Содержание и качество жира в семенах сои северного экотипа // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 21 (184). С. 15–23.
7. Савенков В. П. Условия минерального питания сои в плодосменном севообороте при различных приемах и системах основной обработки почвы в лесостепи ЦФО России // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 64–69. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-1-64-69.
8. Сытников Д. М., Кучерик Г.В. Минеральное питание и симбиотическая азотфиксация сои // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны: сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной 100-летию КубГАУ. Краснодар, 2022. С. 192–195.
9. Федотов В. А., Кадыров С. В., Щедрина Д. И., Столяров О. В., Подлесных Н. В. Растениеводство Центрального Черноземья России. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. 581 с.
10. Antala M., Sytar O., Rastogi A., Brestie M. Potential of karrikins as novel plant growth regulators in agriculture [e-resource] // Plants. 2019. Vol. 9. No. 1. URL: <https://www.mdpi.com/604692> (date of reference: 10.06.2023).
11. Khan N. Application of plant growth promoting microorganism and plant growth regulators in agricultural production and research // Agronomy. 2021. Vol. 11. No. 3. DOI: 10.3390/agronomy11030524.
12. Дядюченко Л. В., Дмитриева И. Г. Изучение рострегулирующей активности производных пиразолопиридинов на растениях сои // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы V международной научно-практической конференции. Симферополь, 2020. С. 50–51. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-19.
13. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Семеренко С. А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. 3-е издание, переработанное и дополненное. Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2022. 538 с.
14. May A., Coelho L. F., Pedrenho A., Batista B. D., Mendes L. W., Mendes R. The use of indigenous bacterial community as inoculant for plant growth promotion in soybean cultivation // Archives of Agronomy and Soil Science. 2023. Vol. 69. No. 1. Pp. 135–150. DOI: 10.1080/03650340.2021.1964017.
15. Yuan K., Reckling M., Djedidi S. Characterization of rhizobia for the improvement of soybean cultivation at cold conditions in central Europe // Microbes and environments. 2020. Vol. 35. No. 1. DOI: 10.1264/jsme2.ME19124.
16. Федорова З. С., Шитикова А. В., Тевченков А. А. Влияние регулятора роста «Зеребра Агро» на формирование урожая сортов сои в условиях Калужской области // Кормопроизводство. 2020. № 1. С. 26–30.
17. Tilba V. A., Makhonin V. L., Zelentsov S. V. The effect of native strains of nodule bacteria on the development of symbiotic apparatus and on the productivity of new soybean cultivars // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2021. Vol. 650. Article number 012042. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012042.

18. Тильба В. А., Тишков Н. М., Махонин В. Л. [и др.] Влияние клубеньковых бактерий на формирование вегетативной массы сои и развитие симбиотического аппарата на черноземе выщелоченном // Масличные культуры. 2020. № 1 (181). С. 79–87. DOI: 10.25230/2412–608X–2020–1–181–79–87.

Об авторах:

Александр Андреевич Тевченков¹, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои, ORCID 0000-0003-3582-5558, AuthorID 1080260; +7 906 641-48-82

Зоя Степановна Федорова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID 0000-0001-6939-1853, AuthorID 460230; +7 910 542-36-07

Евгений Игоревич Сеничев¹, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои, ORCID 0009-0001-3777-980X, AuthorID 1175606; +7 999 735-40-74

¹ Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», Липецк, Россия

² Калужский филиал Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева», Калуга, Россия

References

1. Torikov V. E., Bel'chenko S. A., Dronov A. V., Moiseenko I. Ya., Zaytseva O. A. Soya severnogo ekotipa v intensivnom zemledelii: monografiya [Soybeans of the northern ecotype in intensive agriculture: monograph]. Bryansk: Izd-vo Bryanskogo GAU, 2019. 284 p. (In Russian.)

2. Makarova A. A., Pas'ko O. V. Sostoyanie mirovogo proizvodstva rastitel'nogo syr'ya kak perspektivnogo istochnika belka dlya analogovoy myasnoy produktsii [World production of plant materials as a promising source of protein for analogue products] // Bulletin of the South Ural State University. Seriya "Pishchevye i biotekhnologii". 2020. Vol. 8. No. 3. Pp. 12–20. DOI: 10.14529/food200302. (In Russian.)

3. Boyko E. Yu. Sovremennoe sostoyanie rynka maslichnogo syr'ya v Rossii [The current state of the oilseed raw materials market in Russia] // Sbornik materialov 11-y Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Krasnodar, 2021. Pp. 284–286. DOI: 10.25230/conf11-2021-284-286. (In Russian.)

4. Chutcheva Yu. V., Belyshkina M. E., Degtyareva E. D. Semenovodstvo soi v Rossiyskoy Federatsii – tekushchee sostoyanie i perspektivy razvitiya [Soybean seed production in the Russian Federation – the current state and development prospects] // Agricultural Economics in Russia. 2023. No. 1. Pp. 80–88. DOI: 10.32651/231-80. (In Russian.)

5. Belyshkina M. E., Gureeva E. V. Sravnitel'nyy analiz biokhimicheskogo sostava sortov soi severnogo ekotipa i otsenka ikh prigodnosti dlya pererabotki [Comparative analysis of the biochemical composition of soybean varieties of the northern ecotype and assessment of their suitability for processing] // Agrarian Russia. 2020. No. 01. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-1-35-39.

6. Belyshkina M. E., Gureeva E. V. Soderzhanie i kachestvo zhira v semenakh soi severnogo ekotipa [The content and quality of fat in the seeds of northern ecotype soybeans] // Taurida Scientific Herald. 2020. No. 21 (184). Pp. 15–23. (In Russian.)

7. Savenkov V. P. Usloviya mineral'nogo pitaniya soi v plodosmennom sevooborote pri razlichnykh priemakh i sistemakh osnovnoy obrabotki pochvy v lesostepi TsFO Rossii [The conditions of soybean mineral nutrition in crop rotations in case of different methods and systems of primary soil tillage in the forest-steppe of the center of Russia] // Vestnik Ul'yanskovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022. No. 1 (57). Pp. 64–69. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-1-64-69. (In Russian.)

8. Sytnikov D. M., Kucherik G. V. Mineral'noe pitanie i simbioticheskaya azotfiksatsiya soi [Mineral Nutrition and symbiotic nitrogen fixation of soybean] // Okhrana okruzhayushchey sredy – osnova bezopasnosti strany: sbornik statey po materialam Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu Kub-GAU. Krasnodar, 2022. Pp. 192–195. (In Russian.)

9. Fedotov V. A., Kadyrov S. V., Shchedrina D. I., Stolyarov O. V., Podlesnykh N. V. Rasteniyevodstvo Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii [Plant growing in the Central Chernozem region of Russia]. Voronezh: Voronezhskiy GAU, 2019. 581 p. (In Russian.)

10. Antala M., Sytar O., Rastogi A., Brestie M. Potential of karrikins as novel plant growth regulators in agriculture [e-resource] // Plants. 2019. Vol. 9. No. 1. URL: <https://www.mdpi.com/604692> (date of reference: 10.06.2023).

11. Khan N. Application of plant growth promoting microorganism and plant growth regulators in agricultural production and research // Agronomy. 2021. Vol. 11. No. 3. DOI: 10.3390/agronomy11030524.

12. Dyadyuchenko L. V., Dmitrieva I. G. Izuchenie rostreguliruyushchey aktivnosti proizvodnykh pirazolopiridinov na rasteniyakh soi [Study of the growth-regulating activity of pyrazolopyridine derivatives on soybean plants] // Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki: Materialy V mezhdunarod-

noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Simferopol', 2020. Pp. 50–51. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-19. (In Russian.)

13. Lukomets V. M., Tishkov N. M., Semerenko S. A. Metodika agrotekhnicheskikh issledovaniy v opytakh s osnovnymi polevymi kul'turami [Methods of agrotechnical research in experiments with the main field crops]. 3rd edition, revised and supplemented. Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2022. 538 p. (In Russian.)

14. May A., Coelho L. F., Pedrenho A., Batista B. D., Mendes L. W., Mendes R. The use of indigenous bacterial community as inoculant for plant growth promotion in soybean cultivation // Archives of Agronomy and Soil Science. 2023. Vol. 69. No. 1. Pp. 135–150. DOI: 10.1080/03650340.2021.1964017.

15. Yuan K., Reckling M., Djedidi S. Characterization of rhizobia for the improvement of soybean cultivation at cold conditions in central Europe // Microbes and environments. 2020. Vol. 35. No. 1. DOI: 10.1264/jsme2.ME19124.

16. Fedorova Z. S., Shitikova A. V., Tevchenkov A. A. Vliyanie regulatora rosta “Zerebra Agro” na formirovanie urozhaya sortov soi v usloviyakh Kaluzhskoy oblasti [Influence of Zerebra Agro growth regulator on soybean varieties yield formation in the conditions of the Kaluga region] // Fodder production. 2020. No. 1. Pp. 26–30. (In Russian.)

17. Tilba V. A., Makhonin V. L., Zelentsov S. V. The effect of native strains of nodule bacteria on the development of symbiotic apparatus and on the productivity of new soybean cultivars // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2021. Vol. 650. Article number 012042. DOI: 10.1088/1755-1315/650/1/012042.

18. Til'ba V. A., Tishkov N. M., Makhonin V. L. et al. Vliyanie kluben'kovykh bakteriy na formirovanie vegetativnoy massy soi i razvitie simbioticheskogo apparata na chernozeme vyshchelochennom [Influence of nodule bacteria on formation of vegetative biomass of soybean and development of symbiotic apparatus on leached black soil] // Oil crops. 2020. No. 1 (181). Pp. 79–87. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-1-181-79-87. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr A. Tevchenkov¹, junior research associate of soybean and primary seed breeding laboratory, ORCID 0000-0003-3582-5558, AuthorID 1080260; +7 906 641-48-82

Zoya S. Fedorova², candidate of agricultural sciences, associate professor, ORCID 0000-0001-6939-1853, AuthorID 460230; +7 910 542-36-07

Evgeniy I. Senichev¹, junior research associate of soybean and primary seed breeding laboratory, ORCID 0009-0001-3777-980X, AuthorID 1175606; +7 999 735-40-74

¹ Lipetsk Rapeseed Research Institute – the branch of the Federal Scientific Center “V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil crops”, Lipetsk, Russia

² Kaluga branch of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Kaluga, Russia