



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-12>

УДК: 633.853:631.559

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ВЛИЯНИЕ СОРТА И НОРМЫ ВЫСЕВА НА ПАРАМЕТРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Бухаров А.Ф.¹, Жаркова С.В.², (✉)Еремина Н.А.¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства –
филиал Федерального научного центра овощеводства
Московская область, д. Верея, Россия

²Алтайский государственный аграрный университет
Барнаул, Россия

(✉)e-mail: galanova.nadejda@yandex.ru

Изучено влияние сортовой специфики и нормы высева на формирование листовой поверхности растений, элементы структуры урожая, число генеративных признаков, урожайность сортов сои. Исследования выполнены в Московской области в 2021 и 2022 гг. В эксперименте было заложено 12 вариантов: четыре нормы высева (400, 500, 600 и 700 тыс. шт./га) для трех сортов (Бара – стандарт, Нidaka, Сибирячка). В 2021 г. интенсивнее шло развитие листового аппарата на растениях сорта Нidaka, площадь листьев увеличивалась с уменьшением нормы высева. В среднем за 2021 и 2022 гг. максимальная площадь листьев у сорта Бара сформировалась в варианте с нормой высева 600 тыс. шт./га – 33,09–40,81 тыс. м²/га. Максимальное число цветков зафиксировано у всех вариантов с нормой высева 400 тыс. шт./га. У сорта Бара цветки формировались равномерно по вариантам относительно года исследования. Различия на 2–3 шт. на одно растение отмечены в вариантах с нормой высева 500 и 700 тыс. шт./га. В 2022 г. количество бобов у растений сорта Бара превышало показатель 2021 г. на 6,9% при норме высева 600 тыс. шт./га, на 28,8% при норме высева 400 тыс. шт./га. Превышение массы 1 тыс. семян у сорта Нidaka относительно стандарта составило 43,2–48,4%. Максимальная масса 1 тыс. семян получена в оба года исследования в варианте с нормой высева 400 тыс. шт./га – 220,5 и 218,9 г соответственно. Максимальная урожайность отмечена у сорта Нidaka при норме высева 400 тыс. шт./га – 4,18 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила 18,75%. В результате исследований установлено, что больший положительный эффект на показатели продуктивности сои оказала норма высева 400 тыс. шт./га.

Ключевые слова: соя, сорт, семена, урожайность, норма высева

VARIETY AND SEEDING RATE INFLUENCE ON THE PARAMETERS OF SOYBEAN PRODUCTIVITY IN THE MOSCOW REGION

Bukharov A.F.¹, Zharkova S.V.², (✉)Eremina N.A.¹

¹All-Russian Research Institute of Vegetable Production –
Branch of the Federal Scientific Vegetable Center
Vereya village, Moscow region, Russia

²Altai State Agrarian University
Barnaul, Russia

(✉)e-mail: galanova.nadejda@yandex.ru

The influence of varietal specificity and the seeding rate on the formation of leaf surface of plants, elements of the yield structure, number of generative traits, and the yield of soybean varieties were studied. The research was carried in the Moscow region in 2021, 2022. 12 variants were planted in the experiment: four seeding rates (400, 500, 600 and 700 thousand pieces/ha) for three varieties (Bara –

standard, Hidaka, Sibiryachka). In 2021, leaf apparatus development was more intensive on Hidaka plants, and the leaf area increased with a decrease in the seeding rate. On average for 2021 and 2022, the maximum leaf area of the Bara variety was formed in the variant with a seeding rate of 600 thousand pieces/ha – 33.09–40.81 thousand m²/ha. The maximum number of flowers was recorded in all the variants with a seeding rate of 400 thousand seeds/ha. In the Bara variety, the flowers were formed uniformly across the variants relative to the year of the study. Differences by 2–3 pieces per plant were noted in the variants with seeding rates of 500 and 700 thousand pieces/ha. In 2022, the number of beans in the plants of the Bara variety exceeded the index of 2021 by 6.9% at a seeding rate of 600 thousand pieces/ha, by 28.8% at a seeding rate of 400 thousand pieces/ha. Excess weight of 1 thousand seeds in the Hidaka variety relative to the standard amounted to 43.2–48.4%. Maximum weight of 1 thousand seeds was obtained in both years of the study in the variant with a seeding rate of 400 thousand seeds/ha – 220.5 and 218.9 g, respectively. The maximum yield was observed in the variety Hidaka at a seeding rate of 400 thousand pieces/ha – 4.18 tons/ha. The gain compared to the control amounted to 18.75%. As a result of the research it was found that the seeding rate of 400 thousand pieces/ha had a greater positive effect on soybean productivity indicators.

Keywords: soy, variety, seeds, yield, seeding rate

Для цитирования: Бухаров А.Ф., Жаркова С.В., Еремина Н.А. Влияние сорта и нормы посева на параметры продуктивности сои в Московской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 7. С. 99–109. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-12>

For citation: Bukharov A.F., Zharkova S.V., Eremina N.A. Variety and seeding rate influence on the parameters of soybean productivity in the Moscow region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 7, pp. 99–109. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-7-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Последние 10–15 лет идет интенсивное наращивание производства сои как в России, так и в других странах. В 2020 и 2021 гг. в мире было собрано около 353,9 млн т сои. Одним из лидеров в данной сфере считается Бразилия, которой производится до 136,0 млн т в год¹. В Российской Федерации валовое производство сои по сравнению с мировым объемом небольшое – в среднем 6 млн т в год². Соя относится к глобально-стратегическим культурам, поскольку в настоящее время она является важнейшим источником растительного масла и белка. Зерна сои содержат 30–45% высококачественного белка с незаменимыми аминокислотами и 15–22% масла с благоприятным соотношением лино-

левой и линоленовой кислот (6 : 7)³. Кроме того, это высокодоходная, востребованная во многих отраслях промышленности культура⁴. Например, сою широко используют в пищевой промышленности для производства хлеба, колбас, маргарина, детского питания и т.д. Кроме того, ее активно применяют при изготовлении кормов для животных (силос, жмых, шрот, различные концентраты и др.)⁵.

Число семян на единицу площади является основным фактором урожайности [1]. Исследования, проведенные в США (штат Оклахома) на сорте Pioneer и позднеспелом селекционном образце, показали, что максимальная потенциальная урожайность сои составляет от 7250 до 11 000 кг/га. Урожайность зерна сои определялась как средняя масса семян, полученных с единицы площади при

¹<https://www.fao.org/faostat/ru/#home>.

²<https://www.rosstat.gov.ru>.

³Singh G. The Soybean: Botany, Production and Uses. Wallingford, 2010. 494 p.

⁴Красовская А.В., Веремей Т.М. Зернобобовые культуры в подтайге Западной Сибири // Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России: сб. тр. конф. Омск, 2016. С. 76–78.

⁵Петибская В.С., Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Зеленцов С.В. Соя: качество, использование, производство. М.: Аграрная наука, 2001. 64 с.

условии оптимальной густоты стояния и сохранения всех репродуктивных органов растений. Сбор урожая в таком объеме возможен только при соблюдении оптимальной нормы посева и отсутствии стресса в течение всего вегетационного периода [2].

В сущности, урожайность зависит от числа цветков, которые формируются на растении в период цветения. Цветет соя в среднем от 20 до 40 дней, иногда до 90 дней, но большинство цветков образуется в более узком диапазоне⁶. Количеством цветков, образующихся во время вегетативного роста, первого и полного цветения, определяется урожайность, и наоборот, число недоразвитых цветков напрямую ограничивает урожай⁷. Стадия вегетативного роста заслуживает особого внимания, так как является началом перехода от вегетативного роста к репродуктивному. За это время цветки, развивающиеся на ранее заложенных узлах, созревают в репродуктивные органы, определяющие окончательное число семян и, в конечном счете, урожай [1].

В последнее время сельхозпроизводителям предлагается много новых сортов сои, которые не всегда могут реализовать свой биологический потенциал в существующих условиях возделывания⁸ [3, 4]. Продолжаются исследования по выявлению оптимальной нормы посева и густоты стояния растений сои в посевах, особенно в новых регионах ее выращивания [5–7].

Изучение влияния густоты растений на урожайность семян не дало последовательных результатов: в одних случаях реакция отсутствовала^{9, 10}, в других – была достаточно четкой¹¹ [8, 9]. Густота в проводимых исследова-

ниях варьировала от 70 тыс. до 600 тыс. растений/га¹² [8, 10].

Согласно данным многих авторов, в зависимости от наследственных биологических особенностей реакция различных сортов на изменение нормы посева может существенно отличаться. Анализ вклада факторов сорта и нормы посева в формирование параметров продуктивности представляет практический интерес.

В связи с этим целью нашего исследования было определение изменчивости семенной продуктивности сои в Московской области с учетом сортовой специфики и нормы посева. В задачи также входило изучение параметров семенной продуктивности (число цветков, бобов и семян, масса 1 тыс. семян), урожайности и фотосинтетической активности посевов в зависимости от нормы посева.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытном участке Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства, который расположен в Раменском районе Московской области, в пойме Москвы-реки. Участок относится к южной лесной зоне европейской провинции в центральной части Русской равнины, входит во влажную зону.

Почвы участка аллювиально-луговые насыщенные среднесуглинистые влагоемкие. Глубина пахотного слоя около 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м. Почва хорошо окультуренная, имеет высокий уровень естественного плодородия. Реакция почвенной среды $pH_{\text{сол}}$ 5,8–6,1 (потенциометрически), содержание гумуса в пахотном

⁶Zheng S.-H., Nakamoto H., Yoshikawa K., Furuya T., Fukuyama M. Influences of High Night Temperature on Flowering and Pod Setting in Soybean // Plant Production Science. 2002. N 5 (3). P. 215–218.

⁷Peterson C.M., Mosjidis C.O'H., Dute R.R., Westgate M. A Flower and Pod Staging System for Soybean // Annals of Botany. 1992. N 69 (1). P. 59–67.

⁸Барсуков С.С. Продуктивность сои в зависимости от сорта и густоты стояния растений в посевах // Аграрная наука. 2000. № 6. С. 25–27.

⁹Board J.E., Kang M.S., Harville B.G. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean // Agronomy Journal. 1999. Vol. 91 (1). P. 128–135.

¹⁰Cox W.J., Cherney J.H., Shields E. Soybeans compensate at low seeding rates but not at high thinning rates // Agronomy Journal. 2010. Vol. 102 (4). P. 1238–1243.

¹¹Walker E.R., Mengistu A., Bellaloui N., Koger C.H., Roberts R., Larson J. Plant population and row-spacing effects on maturity group III soybean // Agronomy Journal. 2010. Vol. 102 (3). P. 821–826.

¹²Holshouser D.L., Whittaker J.P. Plant population and row-spacing effects on early soybean production systems in the Mid-Atlantic USA // Agronomy Journal. 2002. Vol. 94 (3). P. 603–611.

слое 3,15–3,22% (по Тюрину), общего азота – 0,23–0,28% (по Кьельдалю), нитратного азота – 1,4–4,1 мг/100 г (по Грандвалю–Ляжу), подвижного фосфора – 25,0–27,0 мг/100 г (по Чирикову), калия – 10,0–15,0 мг/100 г (по Масловой).

Сумма активных температур в Московской области (выше 10 °C) составляет 2055°. Продолжительность периода с температурой воздуха более 10 °C – 135 дней. Сумма часов солнечного сияния за год – 1574. Погодные условия в 2021 г. в целом складывались благоприятно для роста и развития сои. В III декаде апреля и мае осадков выпало на 42% больше среднеголетних значений, среднесуточная температура воздуха не превышала 14,5 °C, что несколько замедлило прорастание семян. С июня по август среднесуточная температура воздуха была выше среднеголетней и держалась на уровне 20 °C, что способствовало хорошему росту и развитию растений. Август и первая половина сентября оказались теплыми, осадков в указанный период выпало на 15–20% больше среднеголетних значений, однако это не помешало своевременному и в полном объеме убрать урожай. Погодные условия в 2022 г. характеризовались повышенным температурным фоном и явным недостатком влаги. Среднесуточная температура в течение вегетационного периода превышала среднеголетние данные на 3,3–6,5 °C. Осадков за три летних месяца выпало только 54% от среднеголетней нормы.

В эксперименте было заложено 12 вариантов: четыре нормы высева (400, 500, 600 и 700 тыс. шт./га) для трех сортов (Бара, Краснодарский край; Нidака, Япония; Сибирячка, Омский аграрный научный центр). Стандарт – сорт Бара как широко распространенный в Центральном регионе.

Для сорта Бара характерны следующие биологические особенности. Растение от полудетерминантного до индетерминантного типа, средней высоты, от прямостоячего до полупрямостоячего, с серым опушением.

Лист округло-яйцевидной формы. Цветок фиолетовый. Семена среднего размера, шаровидно-приплюснутые, желтые, рубчик серый.

Сорт Сибирячка раннеспелый. Растение от полудетерминантного до индетерминантного типа развития. Опушение главного стебля рыжевато-коричневое. Лист заостренно-яйцевидный. Цветок фиолетовый. Семена среднего размера, удлинённые, желтые, рубчик темно-коричневый.

Сорт Нidака раннеспелый. Растения имеют детерминантный тип развития. Форма куста широкая. Опушение главного стебля рыжевато-коричневое. Лист заостренно-яйцевидный. Цветок фиолетовый. Расположение бобов на растении равномерное. Семена удлинённые, желтые, рубчик темно-коричневый¹³.

Площадь деланки 2,5 м², повторность четырехкратная. Посев производили ручным способом при наступлении благоприятных метеорологических условий – 18 мая в 2021 г. и 21 мая в 2022 г. Длина рядков 5 м, ширина междурядий 50 см. При норме высева 400, 500, 600 и 700 тыс. шт./га расстояние между семенами в рядке составляло 5,0; 4,0; 3,3 и 2,8 см соответственно.

Уборку осуществляли поделочно ручным способом в теплую сухую погоду при полном созревании сои. Сорт Нidака показал себя раннеспелым: период вегетации составил 106 дней в 2021 г. и 100 дней в 2022 г., уборка проводилась на 7–8 дней раньше, чем у других образцов (2 сентября в 2021 г. и 29 августа в 2022 г.). Сорта Бара и Сибирячка, период вегетации которых в 2021 и 2022 гг. составил 114 и 106 дней соответственно, убирались 10 и 5 сентября.

Фенологические наблюдения в период вегетации растений вели в соответствии с методикой Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985)¹⁴. Динамику развития растений и накопления надземной массы по фазам развития, степень изменения листовой поверхности отслеживали

¹³Шафигуллин Д.Р. Агробиологические и физиолого-биохимические аспекты интродукции сои овощной (*Glycine max* L.) в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2019. 195 с.

¹⁴Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Сельхозиздат, 1989. Вып. 2. 194 с.

по методике А.А. Ничипоровича¹⁵. Изучение элементов структуры урожая осуществляли согласно методике А.Ф. Бухарова и др.¹⁶ Статистическую обработку экспериментальных данных, оценку взаимосвязи между параметрами производили на основе коэффициента корреляции Пирсона. Существенность различий между вариантами и вклад факторов в изменчивость признаков определяли по Б.А. Доспехову (1985)¹⁷.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что продуктивность сорта во многом зависит от интенсивности формирования ассимиляционного аппарата. Основным показателем, характеризующим фотосинтетическую активность посевов сои, является площадь листьев [11]. На площадь листовой поверхности оказывают влияние биологические особенности сортов и применяемые элементы агротехники [12].

В 2021 г. более интенсивно шло развитие листового аппарата на растениях сорта Hidaka. Причем если в период бутонизации и цветения различия с сортом Бара были незначительными, то во время налива семян площадь листовой поверхности у сорта Hidaka уже в 1,5–1,8 раза превышала показатели стандарта. Наиболее развитая листовая поверхность у сортов Бара и Hidaka сформировалась в варианте с нормой посева 400 тыс. шт./га. В условиях 2022 г. интенсивность образования листовой поверхности у растений сорта Hidaka относительно 2021 г. снизилась (повлияли жаркая погода и недостаточное количество влаги). В среднем по эксперименту выявлено, что с увеличением числа растений на 1 га площадь листовой поверхности на одном растении сокращается. Следовательно, норма посева семян оказывает влияние на формирование фотосинтетической поверхности листьев сои (см. табл. 1).

Табл. 1. Влияние нормы посева и сортовой специфики на показатели фотосинтетической активности посевов

Table 1. Influence of the seeding rate and varietal specificity on the indicators of photosynthetic activity of crops

Сорт	Норма посева, тыс. шт./га	Площадь листьев, тыс. м ² /га		Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² · сут/га		Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ²		Коэффициент хозяйственной эффективности, %	
		2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Бара	400	32,89	32,54	1743,2	1610,7	4,97	5,07	26,6	36,2
	500	32,44	39,55	1719,3	1957,7	4,98	5,67	29,2	30,7
	600	33,09	40,81	1753,8	2020,1	5,10	4,95	32,9	32,3
	700	27,49	43,70	1457,0	2163,2	5,57	4,96	34,0	26,3
Hidaka	400	51,15	54,54	2503	2508,8	4,21	3,99	29,1	35,6
	500	50,87	51,29	2493	2359,3	3,91	3,84	33,7	35,3
	600	47,93	51,01	2349	2346,5	3,72	3,89	34,6	34,5
	700	47,92	51,27	2348	2358,4	3,86	3,53	31,1	34,3
Сибирячка	400	–	40,01	–	1980,5	–	4,90	–	32,6
	500	–	44,27	–	2191,4	–	3,98	–	39,1
	600	–	49,59	–	2454,7	–	3,59	–	38,2
	700	–	44,28	–	2191,9	–	3,86	–	38,1

¹⁵Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н., Власова М.П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах: методы и задачи учета в связи с формированием урожая. М.: Издательство АН СССР, 1961. 135 с.

¹⁶Бухаров А.Ф., Балева Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян: учеб.-метод. пособие. М., 2020. 80 с.

¹⁷Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.

В среднем за 2021, 2022 гг. максимальная площадь листьев у растений сорта Бара в варианте с нормой высева 600 тыс. шт./га составила 33,09–40,81 тыс. м²/га. У сорта Hidaka площадь листьев увеличивалась после уменьшения нормы высева. У сорта Сибирячка обратная реакция – самые высокие показатели площади листьев зафиксированы при норме высева 700 тыс. шт./га.

Чистая продуктивность фотосинтеза во всех вариантах опыта менялась в зависимости от сорта, нормы высева и условий года. Интенсивная фотосинтетическая деятельность листьев отмечена в оба года исследования у сорта Бара во всех вариантах опыта.

В среднем по всем вариантам большее число цветков формировалось именно в 2022 г. (см. рис. 1, а). От количества растений на единице площади и степени их освещенности зависит ветвление и образование генеративных органов (см. сноску 15). Максимальное число цветков в нашем исследовании зафиксировано на всех вариантах с нормой высева 400 тыс. шт./га. У сорта Бара цветки формировались равномерно по вариантам относительно года исследования. Разница в 2–3 шт. на одно растение отмечена в вариантах с нормой высева 500 и 700 тыс. шт./га.

У сорта Hidaka в 2022 г. образование генеративных органов, цветков в частности, увеличилось в сравнении с 2021 г., что свидетельствует об отзывчивости сорта на более благоприятные условия произрастания. Максимальное количество цветков отмечено у сорта Сибирячка в 2022 г. Число цветков на растениях менялось в зависимости от нормы высева. Больше всего цветков сформировалось в варианте с нормой высева 400 тыс. шт./га – 79,0 шт. на одно растение, что превысило показатели стандарта на 40,0%.

Таким образом, выявлено, что максимальное влияние на образование цветков оказывает норма высева. По нашим данным, наиболее результативная норма высева составляет 400 тыс. шт./га. При данной норме высева во всех вариантах опыта получены высокие результаты: в 2021 и 2022 гг. у сорта Бара сформировалось 48,8 и 48,2 цветков соответственно, у сорта Hidaka – 41,1 и 42,4, у сорта Сибирячка – 43,4 шт.

На число бобов на одном растении оказывали влияние все три изучаемых фактора: норма высева, условия года и отзывчивость сортов. Образованию большего количества бобов во всех вариантах опыта способствовало снижение нормы высева до 400 тыс. шт./га (см. рис. 1, б). В 2022 г. по числу бобов растения сорта Бара превысили показатель 2021 г. – от 6,9 (при норме высева 600 тыс. шт./га) до 28,8% (400 тыс. шт./га). Исключение по данному сорту составил вариант с нормой высева 700 тыс. шт./га: число бобов в этом варианте в оба года было на одном уровне (2021 г. – 23,3 шт. на одно растение, в 2022 г. – 22,9 шт.), чему способствовали плотное расположение растений на единице площади и недостаточный объем влаги.

По рассматриваемому признаку сорт Hidaka вел себя как экстенсивный. В течение двух лет исследования сорт характеризовался равномерной по годам отзывчивостью к условиям возделывания и формированием незначительно различающегося по вариантам числа бобов. Максимальное количество бобов отмечено в 2022 г. в варианте с нормой высева 400 тыс. шт./га – 21,5 шт. на одно растение. У сорта Сибирячка по всем нормам высева число бобов оказалось ниже показателей стандарта на 0,8–3,7 шт.

Очевидно, что положительное влияние условий возделывания и хорошая отзывчивость сортов способствовали увеличению числа семян на одном растении (см. рис. 1, в).

Проанализировав диаграммы на рис. 1, б, в, можно отметить положительную зависимость числа бобов и семян на растении. Наибольшее количество семян получили у сорта Сибирячка: по данному параметру сорт превысил уровень стандарта и обеспечил максимальный показатель в опыте при норме высева 400 тыс. шт./га – 79,0 шт. на одно растение.

Масса 1 тыс. семян у всех сортов в большей степени зависела от нормы высева (см. рис. 1, г). С уменьшением нормы высева масса 1 тыс. семян увеличивалась. В среднем по опыту крупные, хорошо выполненные семена сформировались у сорта Hidaka во всех вариантах. Превышение массы 1 тыс. семян у данного сорта относительно стандарта со-

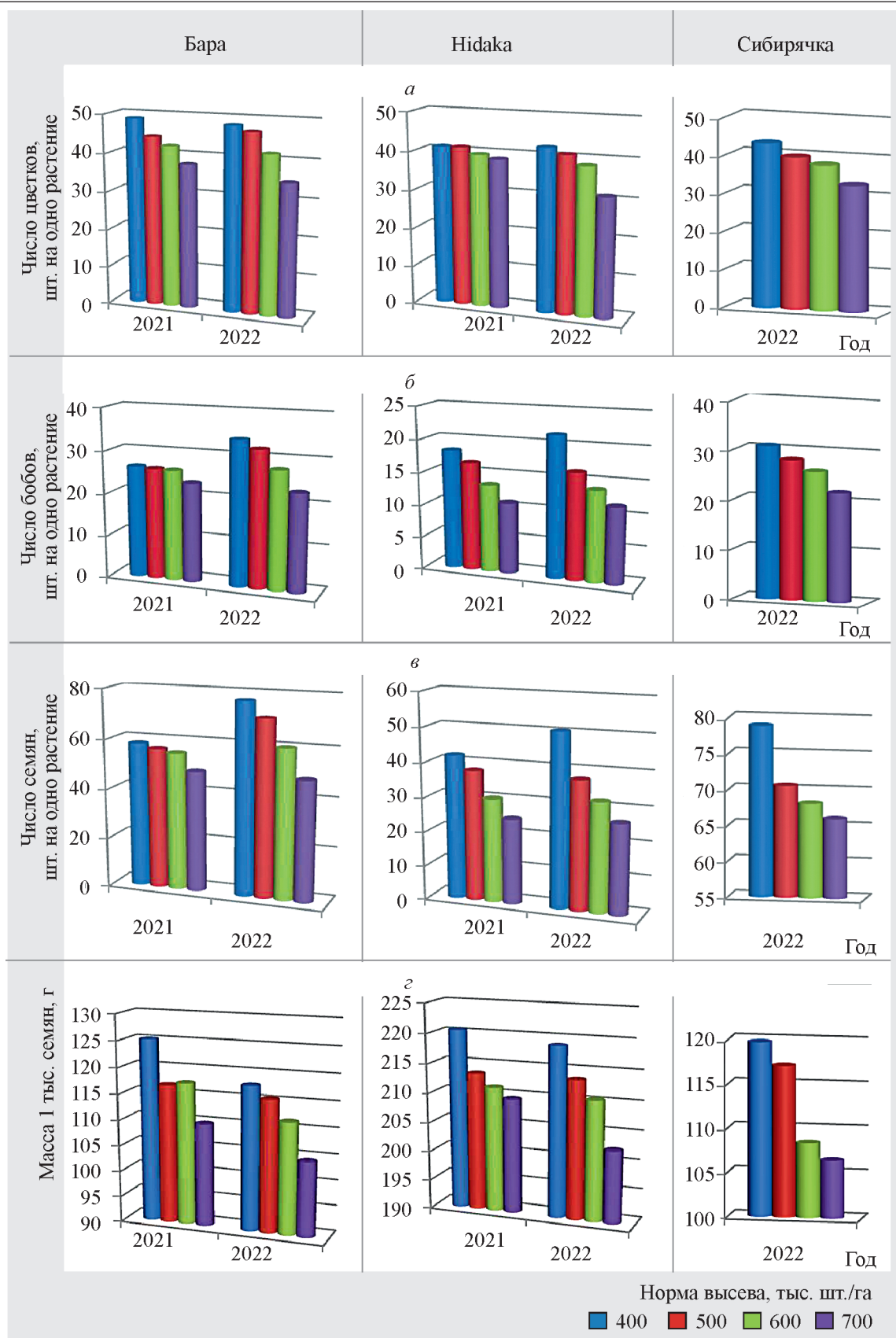


Рис. 1. Влияние нормы посева, условий года и сорта на число цветков (а), бобов (б), семян (в) и массу 1 тыс. семян (г)

Fig. 1. Influence of the seeding rate, conditions of the year and the variety on the number of flowers (a), beans (b), seeds (v) and a thousand-seed weight (z)

ставило 43,2–48,4%. Максимальная масса 1 тыс. семян отмечена в варианте с нормой высева 400 тыс. шт./га – 220,5 г в 2021 г. и 218,9 г в 2022 г.

Урожайность различных сортов сои определяется условиями года и нормой высева. В 2021 г. заметное преимущество перед стандартом в зависимости от нормы высева имел сорт Hidaka (см. табл. 2). Урожайность этого сорта достоверно превысила показатели стандарта в вариантах с нормой высева 400 и 500 тыс. шт./га. При норме высева 400 тыс. шт./га урожайность сорта Hidaka была выше стандарта на 0,88 т/га, при норме высева 500 тыс. шт./га – на 0,85 т/га.

Полнее всего биологический потенциал изучаемые сорта реализовали в 2022 г., ког-

да урожайность по вариантам варьировала от 3,28 (сорт Бара, норма высева 700 тыс. шт./га) до 4,18 т/га (сорт Hidaka, норма высева 400 тыс. шт./га). Урожайность сорта Сибирячка достоверно превышала показатели стандарта во всех вариантах опыта. Максимальная урожайность зафиксирована у сорта Hidaka при норме высева 400 тыс. шт./га – 4,18 т/га (у стандарта – 3,52 т/га), т.е. прибавка по сравнению с контролем составила 18,75%.

Исследования, выполненные в системе трехфакторного опыта ($4 \times 4 \times 2$), показали, что фактор сорта (А), фактор нормы высева (В), фактор года и их взаимодействие первого порядка оказали существенное влияние на урожайность семян при 0,01%-м уровне значимости, влияние взаимодействия второго порядка имело 0,05% значимости (см. табл. 3).

Вклад фактора сорта в изменчивость показателя урожайности составил 29,4%, агротехнического фактора (норма высева) – 29,9% (см. рис. 2).

Экологический фактор (условия года) обеспечивал 26,1% изменчивости урожайности семян. Парные взаимодействия факторов сорта и нормы высева дали 3,5% вариативности, сорта и условий года – 6,8, нормы высева и условий года – 3,3%. Эффект взаимодействия всех трех факторов составил не более 0,7%. На долю случайного фактора приходилось 0,3% вариативности.

Табл. 2. Изменение урожайности сои под влиянием нормы высева и сортовой спецификации, т/га
Table 2. Change in the soybean yield under the influence of the seeding rate and varietal specificity, t/ha

Сорт	Норма высева, тыс. шт./га			
	400	500	600	700
2021 г.				
Бара	2,68	2,97	3,42	3,21
Hidaka	3,56	3,82	3,51	3,27
НСР ₀₅	0,22			
2022 г.				
Бара	3,52	3,96	3,76	3,28
Hidaka	4,18	3,72	3,66	3,32
Сибирячка	3,68	3,97	3,91	3,75
НСР ₀₅	0,14			

Табл. 3. Дисперсионный анализ показателя урожайности (т/га) в системе многофакторного опыта (2021, 2022 гг.)

Table 3. Variance analysis of the yield index (t/ha) in the system of multifactorial experience (2021, 2022)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт}}$	$F_{05(01)}$
Сорт (А)	5,4712	2	2,7356	107,6	3,09 (4,82)
Норма высева (В)	8,3528	3	2,7843	109,4	2,70 (3,98)
Условия года (С)	2,4327	1	2,4327	95,7	3,94 (6,90)
Взаимодействие:					
А : В	1,9613	6	3,269	12,9	2,19 (2,99)
А : С	1,2567	2	0,6282	24,7	3,09 (4,82)
В : С	1,9474	6	0,3079	12,1	2,19 (2,99)
А : В : С	0,4357	6	0,07262	2,86	2,19 (2,99)
Остаток	1,6783	66	0,02428	–	–

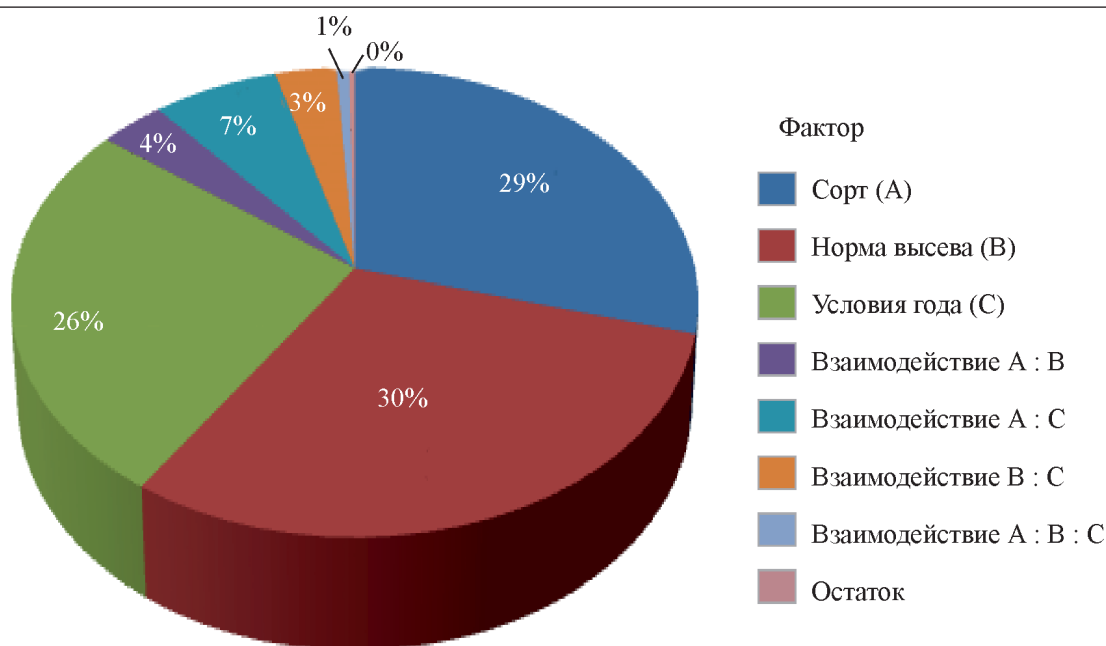


Рис. 2. Вклад изучаемых факторов в развитие признака «урожайность семян» в системе многофакторного опыта (2021, 2022 гг.)

Fig. 2. Contribution of factors to the development of the seed yield trait in the system of multifactorial experience (2021, 2022)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специфика сорта, фактор года и нормы посева оказали влияние на рост и развитие растений, элементы продуктивности и урожайность изучаемых сортов сои в условиях Московской области. Выявлено, что с увеличением числа растений на 1 га площадь листовой поверхности на одном растении сокращается. Наиболее развитая листовая поверхность у сортов Бара и Hidaka сформировалась в варианте с нормой посева 400 тыс. шт./га в 2021 г. Интенсивная фотосинтетическая деятельность листьев отмечена в оба года исследования у сорта Бара во всех вариантах опыта.

Установлено, что максимальное влияние на формирование цветков оказывает норма посева. Согласно полученным данным, наиболее результативной является норма посева 400 тыс. шт./га. При такой норме посева получено и большее число бобов на одно растение. Так, для сорта Бара этот показатель составил 26,3 шт. в 2021 г. и 33,9 шт. в 2022 г., для сорта Hidaka – 18,3 и 21,5 шт. соответственно, для сорта Сибирячка – 30,9 шт. Уменьшение нормы посева способствовало увеличению массы 1 тыс. семян. Высокой урожайностью

характеризовались варианты с минимальной нормой посева. Максимальный положительный эффект на показатели продуктивности сои оказала минимальная из заявленных в опыте норма посева – 400 тыс. шт./га.

Сорт Бара обеспечил наибольшую урожайность при норме посева 500–600 тыс. шт./га, сорт Сибирячка показал аналогичную тенденцию (по однолетним данным). У сорта Hidaka, склонного к усиленному ветвлению при меньшем загущении, большей урожайностью отличались варианты с нормой посева 400–500 тыс. шт./га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vogel J.T., Liu W., Olhoft P., Crafts-Brandner S.J., Pennycooke J.C., Christiansen N. Soybean Yield Formation Physiology – A Foundation for Precision Breeding Based Improvement // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P. 719706.
2. Kezar S., Ballagh A., Kankarla V., Sharma S., Sharry R., Lofton J. Response of Soybean Yield and Certain Growth Parameters to Simulated Reproductive Structure Removal // *Agronomy*. 2023. Vol. 13. P. 927. DOI: 10.3390/agronomy13030927.

3. Литвинова И.С., Галеев Р.Р. Совершенствование элементов технологии возделывания сои на зерно в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 2. С. 23–29.
4. Делаев У.А., Кобозева Т.П., Синеговская В.Т. Возделывание скороспелых сортов сои: монография. М.: Издательство Московского государственного аграрного университета, 2011. 163 с.
5. Sobko O., Stahl A., Hahn V., Zikeli S., Claupein W., Gruber S. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) production in central and south Germany // *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (12). P. 1847.
6. Weerasekara I., Rani Sinniah U., Namasivayam P., Hazim Nazli M., Azmi Abdurahman Sh., Norsazwan Ghazali M. The influence of seed production environment on seed development and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) // *Agronomy*. 2021. Vol. 11 (7). P. 1430.
7. Ferreira A.S., Zucareli C., Werner F., Batista C., Fonseca I., Balbinot Junior A. Minimum optimal seeding rate for indeterminate soybean cultivars grown in the tropics // *Agronomy Journal*. 2020. Vol. 112. Is. 3. P. 2092–2102.
8. Fadeev A., Nikiforova I., Ivanova I. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2021. Vol. 935. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012001.
9. Luca de M.J., Hungria M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean // *Science Agriculture*. 2014. N 71 (3). P. 181–187. DOI: 10.1590/S0103-90162014000300002.
10. Carciocchi W.D., Schwalbert R., Fernando Héctor A., Corassa Geomar M., Carter P., Gaspar Adam P., Schmidt J., Ciampitti Ignacio A. Soybean seed yield response to plant density by yield environment in north America // *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 111. Is. 4. P. 1923–1932.
11. Гаджиумаров Р.Г. Фотосинтетическая деятельность посевов сои в зависимости от технологии возделывания // *Новости науки в АПК*. 2019. № 3 (12). С. 419–423.
12. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) // *Journal of Elementology*. 2021. Vol. 26 (1). P. 7–18. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.4.2054.

REFERENCES

1. Vogel J.T., Liu W., Olhoft P., Crafts-Brandner S.J., Pennycooke J.C., Christiansen N. Soybean Yield Formation Physiology – A Foundation for Precision Breeding Based Improvement. *Frontiers in Plant Science*, 2021, vol. 12, pp. 719706.
2. Kezar S., Ballagh A., Kankarla V., Sharma S., Sharry R., Lofton J. Response of Soybean Yield and Certain Growth Parameters to Simulated Reproductive Structure Removal. *Agronomy*, 2023, vol. 13, pp. 927. DOI: 10.3390/agronomy13030927.
3. Litvinova I.S., Galeev R.R. Technological improvement of soya cultivation on the grain in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*, 2016, no. 2, pp. 23–29. (In Russian).
4. Delaev U.A., Kobozeva T.P., Sinegovskaya V.T. *Cultivation of precocious soybean varieties*, Moscow, 2011, 163 p. (In Russian).
5. Sobko O., Stahl A., Hahn V., Zikeli S., Claupein W., Gruber S. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) production in central and south Germany. *Agronomy*, 2020, vol. 10 (12), pp. 1847.
6. Weerasekara I., Rani Sinniah U., Namasivayam P., Hazim Nazli M., Azmi Abdurahman Sh., Norsazwan Ghazali M. The influence of seed production environment on seed development and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agronomy*, 2021, vol. 11 (7), pp. 1430.
7. Ferreira A.S., Zucareli C., Werner F., Batista C., Fonseca I., Balbinot Junior A. Minimum optimal seeding rate for indeterminate soybean cultivars grown in the tropics. *Agronomy Journal*, 2020, vol. 112, is. 3, pp. 2092–2102.
8. Fadeev A., Nikiforova I., Ivanova I. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Moscow, 2021, vol. 935. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012001.
9. Luca de M.J., Hungria M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. *Science Agriculture*, 2014, no. 71 (3), pp. 181–187. DOI: 10.1590/S0103-90162014000300002.
10. Carciocchi W.D., Schwalbert R., Fernando Héctor A., Corassa Geomar M., Carter P., Gaspar Adam P., Schmidt J., Ciampitti Ignacio A. Soy-

- bean seed yield response to plant density by yield environment in north America. *Agronomy Journal*, 2019, vol. 111, is. 4, pp. 1923–1932.
11. Gadzhumarov R.G. Photosynthetic activity of soybean crops depending on cultivation technology. *Novosti nauki v APK = Science news in the agro-industrial complex*, 2019, no. 3 (12), pp. 419–423. (In Russian).
12. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of Elementology*, 2021, vol. 26 (1), pp. 7–18. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.4.2054.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бухаров А.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Жаркова С.В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

✉ **Еремина Н.А.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 140153, Московская область, д. Верея, Островецкое шоссе, стр. 500; e-mail: galanova.nadejda@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Alexander F. Bukharov, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher

Stalina V. Zharkova, Doctor of Science in Agriculture, Associate Professor

✉ **Nadezhda A. Eremina**, Junior Researcher; **address:** bldg. 500, Ostrovetskoe highway, Vereya village, Moscow Region, 140153, Russia; e-mail: galanova.nadejda@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 09.12.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 31.05.2023

Дата публикации / Published 21.08.2023