

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Елена Васильевна Гуреева, кандидат сельскохозяйственных наук

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
с. Подвьязь, Рязанская обл., Россия

E-mail: elenagureeva@bk.ru

Аннотация. Изучено формирование урожая новых раннеспелых сортов сои Георгия, Славянка и Снежана в условиях лесостепной агроклиматической зоны Центрального Нечерноземья РФ и представлена оценка влияния гидротермических условий на изменчивость и сопряженность агрономических признаков растения. Полевые опыты проведены в 2020–2022 годах в Институте семеноводства и агротехнологий — филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Рязанская обл.). Почва темно-серая лесная, тяжелосуглинистая, среднего уровня плодородия (гумус — 4,54%), со средним содержанием обменного калия и подвижного фосфора. Посредством корреляционного анализа установлена существенная положительная связь продолжительности вегетационного периода с ГТК ($r = 0,916 \pm 0,09$), среднесуточной температурой августа ($r = 0,896 \pm 0,04$). Высота растений и прикрепления нижнего боба в сортовом разрезе изменялись в средней степени ($V = 7,96–21,38\%$). Наибольшая изменчивость по годам отмечена по числу бобов ($V = 31,92\%$) и массе семян на растении ($V = 38,03\%$). Меньше всего за годы исследований различалась масса 1000 семян ($V = 8,54–13,38\%$). Урожайность изученных сортов напрямую связана с числом бобов и семян на растении, не имеет достоверных связей с высотой растения. Результаты использованы при разработке сортовых технологий возделывания сои в условиях Рязанской области.

Ключевые слова: соя, урожайность, хозяйственно ценные признаки, Рязанская область

STUDY OF THE SOYBEAN VARIETIES QUANTITATIVE TRAITS VARIABILITY IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION CONDITIONS

E.V. Gureeva, PhD in Agricultural Sciences

Institute of Seed Production and Agrotechnologies —

branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”,

Podvyazye, Ryazan region, Russia

E-mail: elenagureeva@bk.ru

Abstract. In the experiments, the formation of the yield of new early-ripening soybean varieties Georgiy, Slavyanka and Snezhana under the conditions of the Central Non-Chernozem Region was studied and an assessment was made of the influence of hydrothermal conditions on the variability and conjugation of soybean agronomic traits. Field experiments were carried out in 2020–2022. at the Institute of Seed Production and Agrotechnologies, a branch of the FGBNU FNAC VIM (Ryazan region), located in the forest-steppe agro-climatic zone of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The soil is dark gray forest, heavy loamy in granulometric composition, of medium fertility (humus content — 4.54%), with an average content of exchangeable potassium and mobile phosphorus. Through correlation analysis, a significant positive relationship was established between the duration of the growing season and the HTC ($r = 0.916 \pm 0.09$), with the average daily temperature in August ($r = 0.896 \pm 0.04$). The height of plants and the height of attachment of the lower bean in the varietal section changed to an average degree ($V = 7.96–21.38\%$). The greatest variability over the years was noted for the number of beans ($V = 31.92\%$) and the weight of seeds per plant ($V = 38.03\%$). The weight of 1000 seeds changed the least during the years of the study ($V = 8.54–13.38\%$). The yield of the studied varieties is directly related to the number of beans and seeds per plant, and has no significant relationship with the height of the plant. The results of the research were used in the development of varietal technologies for the cultivation of soybeans in the conditions of the Ryazan region.

Keywords: soybeans, productivity, economically valuable traits, Ryazan region

Соя — это древнейшее растение, которое возделывает человек. С развитием науки и новых производственных и перерабатывающих мощностей появляются современные направления ее применения. Она используется как продовольственная, кормовая и техническая культура, а также в фармацевтических и медицинских целях. Соя становится одним из главных растительных объектов в развивающейся биоэкономике, представляет собой сырье, которое служит для производства биотоплива и органических волокон. В мире возрождается интерес к распространению в древности на Востоке использованию соевых бобов, как овощной культуры. [1]

По данным Росстата в 2021 году общая площадь, засеянная масличными агрокультурами, выросла на 15% (с 14,3 до 16,5 млн га). Максимальный прирост обеспечил подсолнечник, соя заняла около 3 млн га (в 2020 — 2,8 млн га). [12] В Российской Федерации основные регионы возделывания сои: Дальний Восток, Краснодарский край и Центрально-Черноземный регион. В Нечерноземной зоне она отнесена к малораспространенным культурам. [11]

Реализация потенциала сельскохозяйственных растений в значительной степени зависит от условий произрастания и особенностей генотипа. Лимитирующий фактор при возделывании сои —

недостаточная обеспеченность влагой из-за неравномерного ее распределения по фазам развития растений. [9] В процессе селекции большое внимание уделено оценке различных биологических параметров и их взаимодействия. Установлена положительная корреляция между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода масличных культур. [2, 7] При этом информативность анализа поведения генотипов определяется использованием корректных статистических показателей. [5]

Проведенный корреляционный анализ взаимосвязи урожайности сортов с основными климатическими факторами региона возделывания сои показал степень влияния различных метеорологических условий на формирование урожайности изученных сортов. [3, 6]

При внедрении новых технологий возделывания значение сорта сохранилось. Он остается не только средством повышения урожайности, но и становится фактором, без которого невозможно реализовать достижения науки и техники. Чем оптимальнее и на более высоком уровне в новом сорте сочетаются самые важные биологические, хозяйственные и технологические свойства, тем он имеет большую ценность. [10]

Учитывая то, что в последние годы созданы и внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ новые сорта сои, обладающие более высоким потенциалом продуктивности семян и сочетанием хозяйственно ценных признаков, необходимо их изучить по комплексу биологических параметров.

Цель работы — оценить изменчивость и сопряженность агрономических признаков новых сортов сои в зависимости от гидротермических условий региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах на поле отдела селекции и первичного семеноводства ИСА — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Рязанская обл.), расположенном в лесостепной агроклиматической зоне Центрального Нечерноземья РФ. Почва темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели: $pH_{\text{сол.}}$ — 4,54, $pH_{\text{гидролит.}}$ — 4,92 мг-экв/100 г, гумус — 5,3% (по Тюрину), азот общий — 0,25%, азот гидролизный — 122,8 мг/кг, подвижный фосфор — 340 мг/кг почвы (по Кирсанову), обменный калий — 192 мг/кг почвы (по Кирсанову).

Объект изучения — сорта сои *География*, *Славянка* и *Снежана* (оригинатор ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

География включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ для использования в Волго-Вятском и Центрально-Черноземном регионах с 2017 года. Сорт раннеспелый, период вегетации — 94...105 дн. Содержание сырого протеина — 38...45%, жира — 16...18%, обладает высокой устойчивостью к семядольному бактериозу и септориозу.

Славянка включен в Государственный реестр селекционных достижений по Волго-Вятскому региону с 2021 года. Сорт раннеспелый, вегетационный период — 92...103 дня. Содержание сырого протеи-

на в семенах — 39...41%, жира — 18...20%, устойчив к растрескиванию бобов после созревания и осыпанию семян, отзывчив на нитрагинизацию.

Снежана включен в Государственный реестр селекционных достижений по Центральному и Волго-Вятскому регионам с 2023 года. Сорт раннеспелый, вегетационный период — 93...108 сут. Содержание белка в семенах — 37...44%, жира — 16...20%, обладает высокой устойчивостью к семядольному бактериозу и септориозу.

Для характеристики уровня влагообеспеченности рассчитывали гидротермический коэффициент (ГТК). Данные математически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [4] Определение содержания масла

Таблица 1.
Условия вегетационного периода сои, по годам

Месяц	Декада	Среднесуточная температура, °С			Осадки, мм		
		2020	2021	2022	2020	2021	2022
Май	I	14,7	12,8	12,3	27,7	26,9	19,6
	II	11,9	21,2	12,4	8,1	6,6	16,4
	III	15,5	17,4	15,4	21,3	9,0	13,6
Июнь	I	18,9	18,1	20,7	71,0	62,5	17,1
	II	23,1	22,5	20,9	11,7	6,6	15,6
	III	20,6	28,9	22,5	30,2	3,2	8,0
Июль	I	24,6	25,0	25,4	17,9	9,7	0
	II	21,3	29,6	22,1	31,2	0	8,7
	III	21,7	23,2	24,4	6,4	31,4	7,3
Август	I	21,1	25,6	25,5	31,9	0,4	12,0
	II	17,1	24,3	24,5	27,6	19,5	0
	III	21,5	21,1	26,6	6,5	4,9	0,8

Таблица 2.
Сопряженность (r) основных показателей сортов сои с гидротермическими условиями вегетационного периода, по годам

Показатель	ГТК				
	май	июнь	июль	август	май-август
<i>География</i>					
Вегетационный период, дн.	–0,051	0,319	0,439	0,411	0,925
Высота растения, см	–0,195	0,919	0,404	–0,087	0,872
Масса 1000 семян, г	–0,449	0,391	0,878	0,288	0,697
Масса семян с одного растения, г	–0,104	0,455	0,938	–0,276	0,872
Урожайность, т/га	0,006	0,701	0,118	0,053	0,231
<i>Славянка</i>					
Вегетационный период, дн.	–0,516	0,562	0,664	–0,094	0,715
Высота растения, см	–0,226	0,908	0,452	0,061	0,744
Масса 1000 семян, г	–0,352	0,179	0,639	0,178	0,282
Масса семян с одного растения, г	–0,320	–0,214	0,659	0,318	0,490
Урожайность, т/га	–0,032	0,884	0,117	–0,032	0,481
<i>Снежана</i>					
Вегетационный период, дн.	–0,115	0,741	0,379	0,178	0,916
Высота растения, см	–0,065	0,817	0,347	0,203	0,654
Масса 1000 семян, г	–0,797	0,227	0,998	–0,100	0,460
Масса семян с одного растения, г	–0,665	0,595	0,826	–0,149	0,436
Урожайность, т/га	–0,023	0,807	0,216	0,114	0,492

*r — коэффициент корреляции, критическое значение r на 5% уровне значимости — 0,878

Таблица 3.

Изменчивость хозяйственно ценных признаков сортов сои, по годам

Признак	Сорт	Год			X	V, %
		2020	2021	2022		
Высота растений, см	География	89	71	68	76	14,94
	Славянка	87	74	57	73	20,70
	Снежана	101	95	78	91	13,06
Высота прикрепления нижнего боба, см	География	14,3	13,0	11,4	12,9	11,26
	Славянка	12,4	12,3	9,5	7,7	21,38
	Снежана	13,2	14,3	12,2	13,2	7,96
Число продуктивных узлов, шт.	География	12,8	17,2	10,9	13,6	23,76
	Славянка	17,8	16,3	12,6	15,6	17,16
	Снежана	17,6	13,3	10,5	13,8	25,92
Количество бобов, шт.	География	41,4	29,9	21,7	31,0	31,92
	Славянка	42,1	38,5	25,7	35,4	24,35
	Снежана	44,0	38,9	29,3	37,4	19,96
Масса семян с одного растения, г	География	9,4	6,1	9,1	8,2	22,25
	Славянка	16,1	14,9	7,2	12,7	38,03
	Снежана	10,0	7,8	6,7	8,2	20,49
Масса 1000 семян, г	География	126	148	131	135	8,54
	Славянка	182	184	182	183	0,63
	Снежана	159	149	122	143	13,38

и белка в семенах проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе цельного зерна Infratec 1241.

Вегетационные периоды за годы исследований существенно различались по метеорологическим условиям (табл. 1). Вегетационный период 2020 года достаточно увлажненный (ГТК = 1,34), 2021 – засушливый (ГТК = 0,68), 2022 – очень засушливый (ГТК = 0,38).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На длину вегетационного периода и продуктивность растения влияют многие факторы, в том числе температура и влагообеспеченность. Посредством корреляционного анализа установлена существенная положительная связь продолжительности вегетационного периода с ГТК ($r = 0,916 \pm 0,09$), со среднесуточной температурой августа ($r = 0,896 \pm 0,04$). Наибольшая вариабельность вегетационного периода была по годам исследований, чем по сортам в пределах одного года, что обусловлено сортовой реакцией на определенный температурно-влажностный режим. Вариабельность вегетации в разные годы изучения составила 12,0%, а в пределах одного года между сортами – 4,37%.

Высота растения считается одним из основных признаков, который определяет технологичность сортов и пригодность к механизированному возделыванию. Отмечено, что высота растений у сои связана с продолжительностью ее вегетации. [8] Анализ корреляционных связей (табл. 2) показал, что у всех сортов формирование данного признака в сильной степени зависело от гидрометеорологических условий, складывающихся в июне ($r = 0,817 \dots 0,919$).

Высота прикрепления нижнего боба в сортовом разрезе изменялась в средней степени ($V = 7,96 \dots 21,38\%$). Высота растения, в зависимости от погодных условий, варьировала от 57 у *Славянки* (2022 год) до 101 см у *Снежань* (2020), изменчивость по годам – 13,06...20,70% (табл. 3). Наибольшая изменчивость отмечена по числу бобов ($V = 19,96 \dots 31,92\%$) и массе семян на растении ($V = 20,49 \dots 38,03\%$). Меньше всего варьировала масса 1000 семян, наиболее стабильным показателем характеризовался сорт *Славянка*. Масса 1000 семян и продуктивность растения зависит от ГТК июля: существенная корреляционная связь у *Географии* и *Снежань*, у *Славянки* – зависимость средняя ($r = 0,639$).

Анализ корреляционных связей между хозяйственными признаками сои в 2020–2022 годах позволил установить уровень их взаимодействия и влияния на основной признак, урожайность семян. Он напрямую связан с числом бобов и семян на растении, не имел достоверных связей с высотой растения. В засушливом 2022 году зависимость между урожайностью и массой 1000 семян слабая ($r = 0,212 \pm 0,07$), в увлажненном 2020 – средняя ($r = 0,682 \pm 0,03$), но с массой семян с растения – слабая ($r = 0,258 \pm 0,09$).

В то же время, были годы с невысоким ГТК за вегетацию, но урожайность была достаточно высокая. Это обусловлено тем фактором, что в начале генеративного развития и формирования репродуктивных органов выпало достаточное количество осадков, благодаря чему был заложен потенциал будущей высокой урожайности. Примером такого года может быть 2021, когда урожайность по сортам сформировалась на уровне 1,77...2,0 т/га (ГТК – 0,68).

Выводы. Исследования показали, что изменчивость погодных условий в разные годы и на индивидуальных этапах продукционного процесса оказывала влияние на вариабельность элементов продуктивности, формирующихся на данном этапе онтогенеза, и в конечном итоге – на величину урожайности семян и ее стабильность. Одно из направлений управления продукционным процессом при возделывании сои в условиях Центрального региона РФ – подбор сорта, адаптированного к ус-

Таблица 4.

Урожайность и качество семян сортов сои, по годам

Сорт	Урожайность, т/га					Содержание, %	
						сырой протеин	сырой жир
	2020	2021	2022	X	V, %	ГОСТ 10846-91	ГОСТ 13496.15-97
География	2,17	1,89	1,58	1,88	15,7	37,2+0,46	22,3+0,29
Славянка	2,21	2,0	1,79	2,0	10,5	38,7+0,53	20,5+0,18
Снежана	1,96	1,77	1,58	1,77	10,7	40,0+0,59	21,0+0,29
НСР _{0,5}	0,17	0,14	0,09				

ловиям региона и в меньшей степени реагирующего на возможную неблагоприятную погоду, благодаря присущим ему биологическим особенностям. Полученная в результате исследований информация использована при разработке сортовых технологий возделывания сои в Рязанской области.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 905–916. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.905rus
2. Головина Е.В., Зотиков В.И. Влияние погодных условий на продукционный процесс у сортов сои северного экотипа // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 6. С. 112–118.
3. Гуреева Е.В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки сои // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 28–31. DOI: 10.30850/vrsn/2021/1/28-31
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Дьяков А.Б. Биометрические оценки адаптивности сортов сои // Масличные культуры. 2007. Вып. 136 (1). С. 31–41.
6. Иванова И.Ю., Фадеев А.А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 93–98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210
7. Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 101–105.
8. Тевченков А.А., Федорова З.С. Оценка пригодности различных сортов сои к возделыванию в условиях Центрального района Нечерноземья РФ // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (6). С. 796–804.
9. Фадеев А.А., Фадеева М.Ф. Слагающие величины продуктивности сои и параметры модели нового сорта северного экотипа для условий 56 с.ш. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. № 3 (28). С. 13–17.
10. Kovacik A., Skalond V. The proportion of the variability component caused by the environment and the correlations of economically important properties and characters of the sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Science Agricultural Bohemoslov. 1972. № 4. P. 249–261.
11. Kurbanov R., Panarina V., Polukhin A. i. dr. Evaluation of Field Germination of Soybean Breeding Crops Using Multispectral Data from UAV // Agronomy. 2023. № 13(5). С. 1348–1352. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051348>
12. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804>
12. <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/36271-rosstat-utochnil-itogi-posevnoy-pod-urozhay-2021-goda/> (дата обращения 15.04.2023).

REFERENCES

1. Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Trebovaniya k iskhodnomu materialu dlya selekcii soi v kontekste sovremennyh biotekhnologiy // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2017. T. 52. № 5. S. 905–916. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.905rus
2. Golovina E.V., Zotikov V.I. Vliyaniye pogodnyh usloviy na produkcionnyy process u sortov soi severnogo ekotipa // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2013. № 6. S. 112–118.
3. Gureeva E.V. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na hozyajstvenno cennye priznaki soi // Vestnik rossijskoy sel'skohozyajstvennoy nauki. 2021. № 1. S. 28–31. DOI: 10.30850/vrsn/2021/1/28-31
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. D'yakov A.B. Biometricheskie ocenki adaptivnosti sortov soi // Maslichnye kul'tury. 2007. Vyp. 136 (1). S. 31–41.
6. Ivanova I.Yu., Fadeev A.A. Vliyaniye pogodnyh usloviy na urozhajnost' soi v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. № 4 (36). S. 93–98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210
7. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S. Vliyaniye pogodnyh usloviy na urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii. 2019. № 2. S. 101–105.
8. Tevchenkov A.A., Fedorova Z.S. Ocenka prigodnosti razlichnykh sortov soi k vozdel'yvaniyu v usloviyah Central'nogo rajona Nечернозем'ya RF // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23 (6). S. 796–804.
9. Fadeev A.A., Fadeeva M.F. Slagayushchie velichiny produktivnosti soi i parametry modeli novogo sorta severnogo ekotipa dlya usloviy 56 s.sh. // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2012. № 3 (28). S. 13–17.
10. Kovacik A., Skalond V. The proportion of the variability component caused by the environment and the correlations of economically important properties and characters of the sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Science Agricultural Bohemoslov. 1972. № 4. P. 249–261.
11. Kurbanov R., Panarina V., Polukhin A. i. dr. Evaluation of Field Germination of Soybean Breeding Crops Using Multispectral Data from UAV // Agronomy. 2023. № 13 (5). S. 1348–1352. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051348>
12. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804>
12. <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/36271-rosstat-utochnil-itogi-posevnoy-pod-urozhay-2021-goda/> (data obrashcheniya 15.04.2023).

Поступила в редакцию 17.07.2023
Принята к публикации 31.07.2023