

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У СОРТОВ СОИ РАЗЛИЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: kat782010@mail.ru,
О.В. ЛЕУХИНА, научный сотрудник, E-mail: oxana_leukhina@mail.ru,
Т.В. ЛЕУХИНА, научный сотрудник, E-mail: tanya_leukhina@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В 2020-2021 годах в полевом опыте были исследованы хозяйственно ценные признаки 6 сортов отечественной (Лидер 1, Л-10, Л-171) и зарубежной (Амадеус, Асука, Нордика) селекции. Цель исследований – изучение влияния погодных условий Орловской области на продуктивность сортов сои. В фазу R8 (полная спелость) были взяты образцы растений для биометрического анализа.

По реакции на различную влагообеспеченность в генеративный период сорта разделились на следующие группы: 1. Асука, Лидер 1 и линия Л-171 образуют высокий урожай зерна в условиях повышенной влажности в начале генеративного периода и пониженной влажности в его конце и резко снижают урожайность при недостатке влаги в начале генеративного периода и при ее избытке во второй половине вегетации; 2. Амадеус нейтрален к изменению влагообеспеченности в течение вегетации и наиболее стабилен по продуктивности; 3. Нордика и линия Л-10 положительно отзываются на высокую влагообеспеченность во второй половине вегетации.

Линия Л-171 характеризуется высоким потенциалом продуктивности, формируя в благоприятных условиях до 33 г зерна на растении, но не обладает устойчивостью к меняющимся погодным условиям, снижая урожай в 3 с лишним раза при избытке влаги в период налива и созревания зерна.

Сорт Нордика выделился по длине корня 20,8 см, стебля 110,1 см и его массе 10,5 г, а также по такому технологически важному признаку, как расстояние до 1-го боба (21,0 см) и наибольшему коэффициенту микрораспределения 71,9%.

Ключевые слова: соя, сорт, погодные условия, хозяйственно ценные признаки, сухое вещество, урожайность.

Для цитирования: Головина Е.В., Леухина О.В., Леухина Т.В. Влияние погодных условий на формирование хозяйственно ценных признаков у сортов сои различной селекции. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):24-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE FORMATION OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS IN SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT BREEDING

E.V. Golovina, O.V. Leukhina, T.V. Leukhina

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In 2020-2021 in the field experiment were investigated economically valuable features of 6 varieties of domestic (Leader 1, L-10, L-171) and foreign (Amadeus, Asuka, Nordica) breeding. The aim of research was to study the effect of weather conditions in the Orel region on*

the productivity of soybean varieties. In the phase R8 (full ripeness), plant samples were taken for biometric analysis.

Varieties were divided into the following groups according to their response to different moisture supply during the generative period: 1. Asuka, Leader 1 and line L-171 form a high yield of grain in conditions of high moisture at the beginning of the generative period and low moisture at the end of it and sharply reduce yields when there is a lack of moisture in the early generative period and when there is an excess of moisture in the second half of the growing season; 2. Amadeus is neutral to changes in moisture availability during the growing season and most stable in productivity; 3. Nordica and L-10 line respond positively to high moisture supply in the second half of the growing season.

Line L-171 is characterized by high productivity potential, forming in favorable conditions up to 33 grams of grain per plant, but is not resistant to changing weather conditions, reducing the yield by more than 3 times with excess moisture during the filling and ripening of grain.

The variety Nordica stood out for its root length of 20.8 cm, stem 110.1 cm and its weight of 10.5 g, as well as for such a technologically important trait as the distance to 1 bean (21.0 cm) and the highest coefficient of microdistribution 71.9%.

Keywords: soybean, variety, weather conditions, economically valuable traits, dry matter, yield.

В настоящее время соя самая распространенная в мире зернобобовая масличная культура. В мировом земледелии по объему производства среди растений сельскохозяйственного использования соя занимает 4 место после пшеницы, кукурузы и риса и первое место среди зерновых бобовых и масличных культур [1].

Рост производства этой культуры обусловлен многогранностью спектра использования: зерно сои является одним из самых высокобелковых (до 50%), содержит до 28% жира, большое количество витаминов, ферментов, зольных элементов [2]. Благодаря уникальному биохимическому и минеральному составу она широко используется в кормопроизводстве и пищевой промышленности, производстве медицинских препаратов, в химической, лакокрасочной, текстильной, бумажной, мыловаренной промышленности [3]. Соя имеет важное агротехническое значение, являясь ценным предшественником для многих культур. Благодаря ее симбиозу с клубеньковыми бактериями значительно улучшается почвенное плодородие.

Основные посевные площади под соей сосредоточены в таких странах как США, Бразилия, Аргентина, Индия, Китай [4]. Соя является одной из самых рентабельных культур и ее зерно пользуется высоким спросом. По динамике посевных площадей под этой культурой в Российской Федерации наблюдается увеличение с 2,63 млн. га в 2017 г. до 2,85 млн. га в 2020 г. (рис. 1) [5].

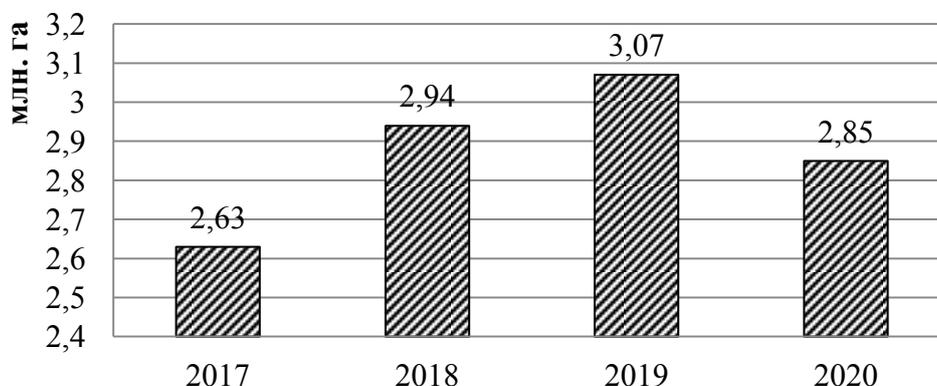


Рис. 1. Посевные площади сои в Российской Федерации, 2017-2020 гг.

Источник: Росстат

Урожайность сои в России увеличилась с 1,41 т/га в 2017 г до 1,59 т/га в 2020 году за счет применения современных агротехнологий, обновления сельхозтехники, а также выведения новых сортов с наилучшими хозяйственно-биологическими характеристиками (рис. 2) [5].

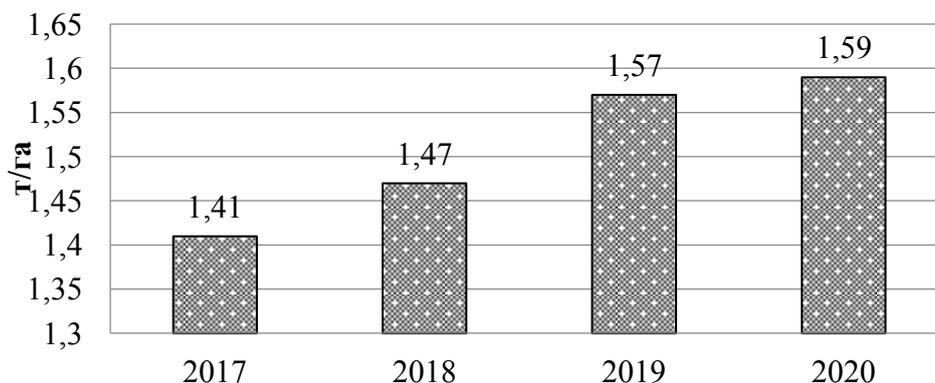


Рис. 2. Урожайность сои в Российской Федерации, 2017-2020 гг.
Источник: Росстат

В решении проблемы получения высоких и стабильных урожаев сои важная роль принадлежит сортам, способным наиболее полно реализовать биологический потенциал в широком диапазоне почвенно-климатических факторов. Эколого-генетическое изучение растений различных сортов сои с целью выявления особенностей их взаимодействия со средой является одной из актуальных задач современной физиологии, селекции и растениеводства [1].

Цель исследования – изучить влияние погодных условий Орловской области на продуктивность сортов сои отечественной и зарубежной селекции.

Материалы и методы исследования

Полевой опыт проводился в 2020-2021 гг. на базе ФНЦ ЗБК. Объектом исследований являлись: сорт отечественной селекции Лидер 1 (включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 г.), линии Л-10, Л-171 и сорта канадской селекции Амадеус, Асука, Нордика, включенные в Государственный реестр в 2017 г. Посев сои осуществлялся во вторую декаду мая широкорядным способом при норме высева 600 тыс. всхожих семян на 1 гектар. Закладка опыта проведена по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова [6]. В фазу R₈ (полная спелость) были отобраны образцы растений для структурного анализа [7]. Коэффициенты рассчитывались по следующим формулам:

$$K_{\text{хоз}} = \frac{\text{масса семян}}{\text{надземная масса + масса семян}} * 100\%;$$

$$K_{\text{макрораспределения}} = \frac{\text{масса бобов с семенами}}{\text{сухая надземная масса (или всего растения)}} * 100\%;$$

$$K_{\text{микрораспределения}} = \frac{\text{масса семян}}{\text{масса створок и семян}} * 100\%$$

Экспериментальные данные обработаны статистическими методами с использованием компьютерных программ Microsoft office Excel.

В течение вегетационного периода на растения влияют различные абиотические факторы, но в большей степени продуктивность зависит от агрометеорологических параметров – температуры и влагообеспеченности [8]. Погодные условия за 2020-2021 гг. представлены в таблице 1.

В 2020 году средняя температура мая (11,2°C) была на 2,6°C ниже среднегодовой, в связи с чем сроки всходов затянулись. В июне-сентябре, температура оказалась выше среднегодовой на 0,7-3,6°C. В мае, июне и июле отмечено повышенное увлажнение; в августе и сентябре – низкое количество осадков. То есть фазы ветвление, цветение, налив

бобов и созревание проходили в благоприятных для сои погодных условиях. ГТК в 2020 году равен 1,8.

Таблица 1

**Гидротермические условия вегетационного периода сои в годы исследований
(данные метеостанции ФГБНУ ФНЦ ЗБК)**

Период исследования	Показатели	Месяцы вегетации				
		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2020 год	Среднесуточная температура воздуха, °С	11,2	20,0	19,3	17,7	15,3
	Количество осадков, мм	74,6	74,2	120,9	16,9	36,0
2021 год	Среднесуточная температура воздуха, °С	13,8	19,8	22,4	20,6	10,4
	Количество осадков, мм	72,1	40,7	51,1	49,8	67,0
Средне многолетняя норма	Среднесуточная температура воздуха, °С	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7
	Количество осадков, мм	51,0	73,0	81,0	63,0	52,0

2021 год в общей сложности более теплый и влажный, чем предыдущий. Однако распределение тепла и влаги в течение вегетационного периода было неравномерным. В период всходы – начало ветвления температура ниже средне многолетней, осадки в пределах нормы; в фазы бутонизация – начало плодообразования температура выше нормы, осадков – 30-60% нормы. В период налив бобов – начало созревания избыточное количество осадков (124 % выше нормы). ГТК в 2021 году равен 1,9.

Результаты и их обсуждение

Хозяйственно ценные признаки определяют продуктивность выращиваемого растения и его пригодность для культивирования. Результаты двухлетнего испытания по изучению хозяйственно ценных признаков сортов сои представлены ниже. В 2020 году наибольшая длина корня отмечена у Л-171 22,5 см, длина стебля – у Лидера 1 111,3 см, расстояние до 1-го боба у Нордики 20,9 см (табл. 2). В 2021 году наивысшие показатели длины корня и стебля зафиксированы у сорта Нордика (24,5 см и 111,5 см соответственно), расстояния до 1-го боба – у сорта Асука (22,5 см).

В среднем за 2 года длина стебля проанализированных сортов сои варьировала от 94,3 см до 110,1 см. Самыми низкорослыми оказались сорта Асука (94,3 см) и Л-171 (100,4 см), длинностебельными – Л-10 (106 см) и Нордика (110 см). Наибольшее расстояние до 1 боба у Асуки 19,6 см и Нордики 21,0 см, наименьшее – у Лидера 1 – 12,2 см и у Л-171 – 14,1 см. Линия Л-10 в среднем за 2 года имела минимальную длину корня 18,5 см, Нордика – максимальную 20,8 см. В среднем по сортам в более влажном 2021 году длина корня выше на 3 см, расстояние до 1 боба – на 2 см, чем в 2020 году.

Таблица 2

Хозяйственно ценные признаки сортов сои. R₈ (полная спелость)

Сорт	Длина стебля, см			Длина корня, см			Расстояние до 1-го боба, см		
	2020	2021	\bar{x}	2020	2021	\bar{x}	2020	2021	\bar{x}
Лидер 1	111,3	97,7	104,5	16,2	21,7	19,0	10,5	13,9	12,2
Л-10	106,3	105,8	106,1	16,2	20,8	18,5	14,3	17,4	15,9
Л-171	94,6	106,1	100,4	22,5	16,9	19,7	13,4	14,7	14,1
Амадеус	107,1	102,0	104,6	17,1	22,7	19,9	15,9	14,4	15,2
Асука	92,2	96,3	94,3	21,0	19,3	20,2	16,6	22,5	19,6
Нордика	108,7	111,5	110,1	17,0	24,5	20,8	20,9	21,0	21,0
\bar{x}	103,4	103,2		18,3	21,0		15,3	17,3	
НСР ₀₅	5,08	4,11	-	1,44	2,50	-	3,24	2,89	-

Условия 2020 года оказались чрезвычайно благоприятными для растений сортов Л-171, Асука и Лидер 1. У Нордики напротив все количественные показатели выше в 2021 году (табл. 3). В 2020 году по количеству боковых побегов (5,1 шт.), генеративных узлов (36,6 шт.), а также таким важнейшим элементам продуктивности, как количество бобов (102,5 шт.) и семян (244,8 шт.) лидировала линия Л-171. Однако в 2021 году у Л-171 самые низкие показатели. В 2021 году наибольшее количество семян отмечено у Л-10 и Нордики (82,5 шт. и 82,1 шт.). В этом же году Л-10 превысила остальные сорта по количеству бобов на 22,2%, Нордика – по количеству генеративных узлов и побегов на 27,7% и 74,8% соответственно. В среднем по сортам количество генеративных узлов в 2020 году превышает показатели 2021 года на 35%, количество бобов – на 43%, количество семян – на 46%.

Таблица 3

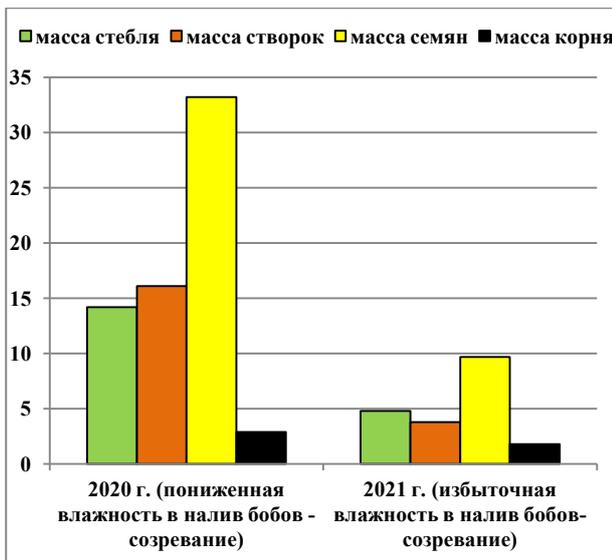
Хозяйственно ценные признаки сортов сои. R₈ (полная спелость)

Сорт	Количество, шт. на растении											
	Боковых побегов			Генеративных узлов			Бобов			Семян		
	2020	2021	\bar{x}	2020	2021	\bar{x}	2020	2021	\bar{x}	2020	2021	\bar{x}
Лидер 1	0,2	0,2	0,2	12,5	11,3	11,9	38,7	32,4	35,6	89,6	73,1	81,4
Л-10	1,1	0,3	0,7	13,4	11,9	12,7	30,9	37,1	34,0	65,6	82,5	74,1
Л-171	5,1	0,2	2,7	36,6	11,0	23,8	102,5	23,2	62,9	244,8	56,6	150,7
Амадеус	2,6	1,5	2,1	13,8	15,4	14,6	26,8	28,5	27,7	63,3	61,2	62,3
Асука	1,9	0,2	1,1	15,3	11,5	13,4	35,5	25,8	30,7	80,5	58,4	69,5
Нордика	1,5	1,9	1,7	13,8	16,9	15,4	25,5	34,4	30,0	62,2	82,1	72,2
\bar{x}	2,1	0,7		17,6	13,0		43,3	30,2		101,0	69,0	
НСР ₀₅	0,65	0,44	-	3,43	2,08	-	11,64	5,43	-	20,96	12,45	-

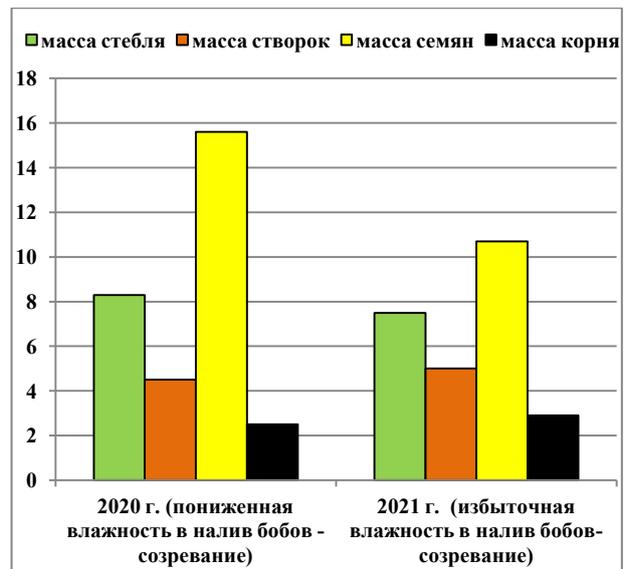
В среднем за 2 года максимальные показатели количества боковых побегов (2,7 шт.), генеративных узлов (23,8 шт.), а также таких важнейших элементов продуктивности, как количество бобов (62,9 шт.) и семян (150,7 шт.) у линии Л-171. Наименьшие количественные показатели зафиксированы у сортов Амадеус и Лидер 1. У Лидера 1 количество боковых побегов 0,2 шт., генеративных узлов 11,9 шт. на растении. У Амадеуса в 2 раза меньше, чем у Л-171 количество бобов 27,7 шт. и семян 62,3 шт.

Наращение сухой биологической массы является одним из главных показателей эффективности функционирования продукционного процесса [9]. Температура и особенно влажность оказывают значительное влияние на формирование биологической и зерновой продуктивности. Сорта сои по-разному реагировали на количество влаги в период формирования и созревания бобов. Для сортов Асука, Лидер 1 и особенно для линии Л-171 оптимальными оказались условия 2020 года с достаточной влажностью в период цветения-начало плодообразования и с пониженной влагообеспеченностью в фазы налива бобов и созревания (рис. 3). В 2021 г. во время цветения – начала плодообразования осадков выпало ниже среднегодовой нормы, а в налив бобов – созревание количество осадков превысило норму на 63%. Урожайность зерна снизилась у Лидера 1 на 25%, у Асуки на 46% и у Л-171 на 242%. Масса стебля, створок и корня у Л-171 в 2021 году также уменьшилась в 1,5-4,0 раза.

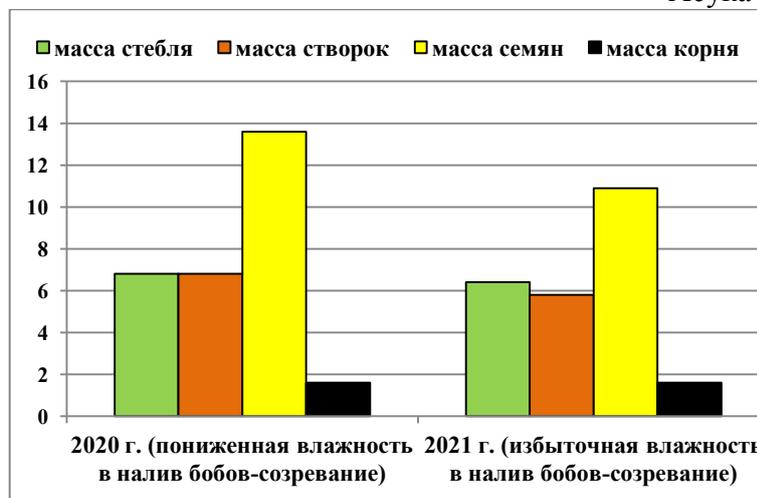
Различия в погодных условиях оказали слабое влияние на формирование продуктивности у сорта Амадеус. Масса зерна колебалась в пределах 12,0 г в 2021 году – 12,4 г в 2020 году (рис. 4). Масса стебля в 2021 году выше, чем в предыдущем году на 0,6 г, масса корня – на 0,9 г.



Л-171



Асука



Лидер 1

Рис. 3. Влияние различной влагообеспеченности в период налив бобов – созревание на продуктивность сортов сои

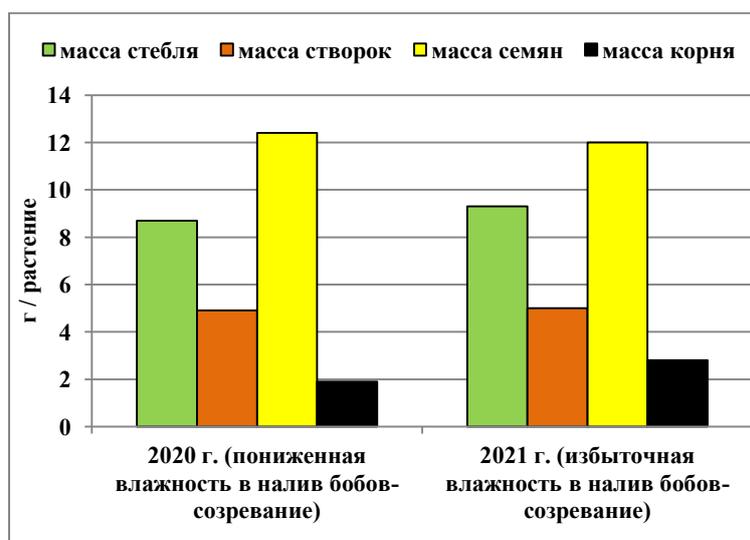


Рис. 4. Влияние различной влагообеспеченности в период налив бобов – созревание на продуктивность сорта сои Амадеус

Для сортов Нордика и Л-10 наиболее благоприятными оказались условия 2021 года с пониженным увлажнением в период цветения – начало плодообразования и избыточным увлажнением в фазы налив бобов – созревание (рис. 5). Урожай зерна в 2021 году составил у Л-10 12,1 г/растение, у Нордики – 16,2 г/растение, что на 8% и 13% выше, чем в 2020 году. Масса стебля у этих сортов в 2021 году выросла на 23% у Нордики и на 37% у Л-10, масса корня – на 83% и 86% соответственно.

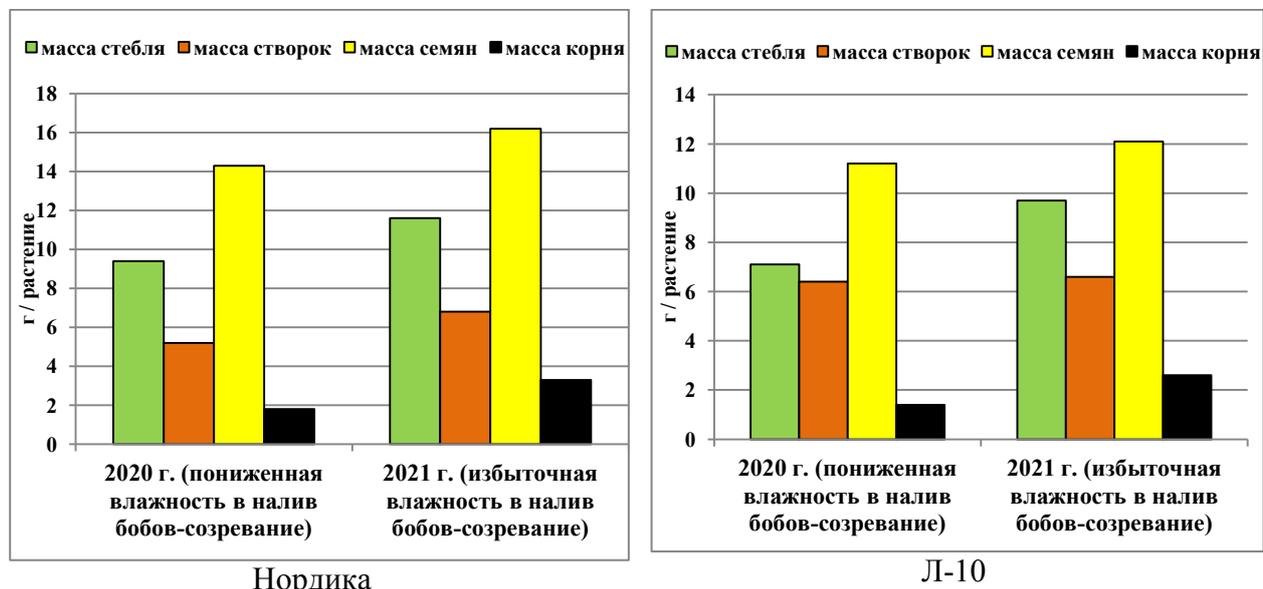


Рис. 5. Влияние различной влагообеспеченности в период налив бобов – созревание на продуктивность сортов сои

В среднем за 2 года максимальная масса зерна отмечена у Л-171 – 21,5 г/растение, стебля – у Нордики – 10,5 г/растение, корня – у Нордики и Асуки – 2,6-2,7 г/растение; минимальная масса зерна у Л-10 – 11,7 г/растение, стебля и корня у Лидера1 – 6,6 г/растение и 1,6 г/растение соответственно.

В таблице 4 представлено распределение сухого вещества по органам растения у сортов сои в фазу полной спелости. В более влажном 2021 году в среднем по сортам доли семян и створок в общей массе растения снизились на 3,6% и 1,5% по сравнению с 2020 годом, доли стебля и корня напротив выросли на 2,2% и 2,9% соответственно. У Л-171 доля семян в общей массе растений выше, чем у остальных сортов и составляет 50,0% в 2020 г. и 48,3% в 2021 г. Нордика превзошла остальные сорта по доле стеблей 30,6%, Асука – по доле корней 7,7% в 2020 г. и 11,3% в 2021 г.

Таблица 4

Распределение сухого вещества по органам растения у сортов сои. R₈ (полная спелость)

Сорт	2020 год				2021 год			
	семена	створки	стебли	корни	семена	створки	стебли	корни
Лидер 1	47,2	23,6	23,6	5,6	44,1	23,5	25,9	6,5
Л-10	42,9	24,5	27,2	5,4	39,0	21,3	31,3	8,4
Л-171	50,0	24,2	21,4	4,4	48,3	18,9	23,9	8,9
Амадеус	44,4	17,6	31,2	6,8	41,2	17,2	32,0	9,6
Асука	48,1	18,5	25,6	7,7	41,8	17,6	29,3	11,3
Нордика	46,6	16,9	30,6	5,9	42,7	17,9	30,6	8,7
\bar{x}	46,5	20,9	26,6	6,0	42,9	19,4	28,8	8,9

Следует отметить, что линия Л-171 имеет самый высокий показатель Кхоз – 88,9, у остальных сортов значение этого показателя варьировало от 44,0 до 48,6 (табл. 5).

**Коэффициенты использования сухого вещества на формирование зерна сои,
2020-2021 гг.**

Сорт	$K_{хоз}$	Коэффициент макрораспределения, %	Коэффициент микрораспределения, %
Лидер 1	48,6	73,0	66,0
Л-10	44,0	68,6	64,2
Л-171	88,9	75,7	69,6
Амадеус	46,7	65,4	71,2
Асука	49,7	69,6	71,3
Нордика	48,2	67,0	71,9
\bar{x}	54,4	69,9	69,0

Линия Л-171 и сорт Лидер 1 характеризуются наиболее высоким коэффициентом макрораспределения (75,7% и 73,0%). Самый низкий коэффициент макрораспределения был отмечен у сорта Амадеус (65,4%).

Наибольшее значение коэффициента микрораспределения было зафиксировано у сорта Нордика (71,9%), а наименьшее значение – у линии Л-10 (64,2%).

Заключение

По реакции на различную влагообеспеченность в генеративный период сорта разделились на следующие группы:

– Асука, Лидер 1 и линия Л-171 образуют высокий урожай зерна в условиях повышенной влажности в начале генеративного периода и пониженной влажности в его конце и резко снижают урожайность при недостатке влаги в начале генеративного периода и при ее избытке во второй половине вегетации;

– Амадеус нейтрален к изменению влагообеспеченности в течение вегетации и наиболее стабилен по продуктивности;

– Нордика и линия Л-10 положительно отзываются на высокую влагообеспеченность во второй половине вегетации.

Линия Л-171 характеризуется высоким потенциалом продуктивности, формируя в благоприятных условиях до 33 г зерна на растении, но не обладает устойчивостью к меняющимся погодным условиям, снижая урожай в 3 с лишним раза при избытке влаги в период налива и созревания зерна.

Сорт Нордика выделился по длине корня 20,8 см (в среднем выше на 6,5%, чем у других сортов), стебля 110,1 см (на 7,4%) и его массе 10,5 г (на 21,1%), а также по такому технологически важному признаку, как расстояние до 1-го боба (21,0 см) и имел наибольший коэффициент микрораспределения 71,9%.

Литература

1. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. – Орел: изд-во «Картуш», - 2019. – 320 с.
2. Попова Н.П., Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 1. –С. 104-108.
3. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование / под ред. В.М. Лукомца. Майкоп: ОАО Полиграф Юг, - 2012. – 432 с.
4. Панарина В.И. Соя в России: современное положение на рынке // Материалы 11-ой Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. - 2021. – С. 287-291.
5. Российский статистический ежегодник. 2020: Стат.сб. / Росстат. Москва, - 2020. – 700 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, - 1985. – 351 с.
7. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / Корсаков Н.И., Адамова О.А., Будакова В.И. и др. Л. ВИР, - 1975, – 59 с.

8. Гончарова Э.А. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов: Научное наследие профессора Г.В. Удовенко / Под ред. А.А. Жученко – СПб.: ГНУ ВИР, - 2011. – 336 с.
9. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // Итоги науки и техники. Физиология растений. Теоретические основы продуктивности растений. – М.: ВИНТИ, - 1977. - Т. 3. – С. 11-55.

References

1. Golovina E.V., Zotikov V.I. Produktsionnyi protsess i adaptivnye reaktsii k abioticheskim faktoram sortov soi severnogo ekotipa v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona RF [Production process and adaptive responses to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype under conditions of the Central Black Earth region of Russia]. Orel: «Kartush» Publ., 2019, 320 p. (In Russian)
2. Popova N.P., Belyshkina M.E., Kobozeva T.P. Osobennosti belkovogo kompleksa semyan soi severnogo ekotipa [Peculiarities of the protein complex of soybean seeds of the northern ecotype]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2018, 1, pp. 104-108. (In Russian)
3. Petibskaya V.S., Lukomets V.M., ed. Soya: khimicheskii sostav i ispol'zovanie [Soybeans: chemical composition and use]. Maikop: OAO Poligraf Yug Publ., 2012, 432 p. (In Russian)
4. Panarina V.I. Soya v Rossii: sovremennoe polozhenie na rynke [Soybean in Russia: Current Market Situation] Materialy 11 Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov [Materials of the 11th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists], FGBNU FNTs VNIIMK Publ., 2021, pp. 287-291. (In Russian)
5. Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik [Russian Statistical Yearbook]. 2020, Rosstat, Moscow, 2020, 700 p. (In Russian)
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique], the 5th ed., revised. Moscow, *Agropromizdat*, 1985, 351 p. (In Russian)
7. Korsakov N.I., Adamova O.A., Budakova V.I. et al. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kolleksitsii zernovykh bobovykh kul'tur [Methodological guidelines for studying the collection of grain legume crops] Leningrad, VIR 1975, 59 p. (In Russian)
8. Goncharova E.A., Zhuchenko A.A. ed. Izuchenie ustoichivosti i adaptatsii kul'turnykh rastenii k abioticheskim stressam na baze mirovoi kolleksitsii geneticheskikh resursov: Nauchnoe nasledie professora G.V. Udoenko [Study of resistance and adaptation of cultivated plants to abiotic stresses on the basis of the world collection of genetic resources: Scientific heritage of Prof. G.V. Udoenko]. SPb., GNU VIR, 2011, 336 p. (In Russian)
9. Nichiporovich A.A. Teoriya fotosinteticheskoi produktivnosti rastenii. Itogi nauki i tekhniki. Fiziologiya rastenii. Teoreticheskie osnovy produktivnosti rastenii. Moscow, VINITI, 1977, 3, pp. 11-55. (In Russian)