

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ СОИ ОМСКОГО АНЦ В КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

¹Л.В. Омелянюк, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

²И.В. Сидорик, зав. лабораторией

¹А.М. Асанов, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

²Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», с. Заречное, Костанайской обл., Республика Казахстан

E-mail: omelyanyuk@anc55.ru

Ключевые слова: соя, сорт, скороспелость, урожайность семян, содержание белка.

Реферат. Исследования проведены в 2012–2021 гг. в ТОО СХОС «Заречное» Костанайской области Республики Казахстан. В эксперимент включены скороспелые сорта сои селекции Омского АНЦ, допущенные для возделывания в РФ: Дина, Сибирячка и Золотистая, районированная и в РК. В мае–сентябре в 2012, 2014, 2019, 2022 гг. наблюдались сухие погодные условия (ГТК 0,40 – 0,69); засушливые (ГТК 0,70 – 0,99) – в 2015 – 2017, 2020 гг.; умеренно влажные (ГТК 1,00) – в 2013 и 2018 гг. Достоверное положительное влияние на продолжительность вегетационного периода оказывало повышение коэффициента ГТК за период май–сентябрь ($r = 0,566$) и в июле ($r = 0,444$). Увеличение суммы осадков удлиняло период вегетации до 113 сут, повышение температуры воздуха ускоряло вегетацию до 83 сут ($r = -0,353$ и $r = -0,440$ соответственно). Наиболее стабильной была высота растений, которая изменялась в зависимости от условий года и сорта от 55 до 76 см – коэффициент вариации около 10%. Достоверные сортовые различия средних многолетних значений выявлены лишь по числу бобов на растении – сорт Сибирячка имел преимущество перед сортами Дина и Золотистая, сформировав в среднем за 10 лет 36 бобов на растении. На уровень урожайности семян достоверное влияние оказывали сумма осадков ($r = 0,608$) и температура воздуха ($r = -0,632$) в июне, а также число продуктивных узлов ($r = 0,365$) на растении. На повышение доли белка положительно влияло увеличение суммы осадков в июне и в целом за май–сентябрь: $r = 0,415$ и $r = 0,581$ соответственно, а также ГТК за эти периоды: $r = 0,362$ и $r = 0,561$. Выявлена существенная положительная корреляционная связь содержания белка с массой 1000 семян ($r = 0,615$) и не высокая, но достоверная положительная корреляция массы 1000 семян с суммой осадков в августе ($r = 0,375$). Максимальные в опыте урожайность семян и содержание в них белка отмечены у сорта Дина в 2016 г. – 2,78 т/га и 40,6% соответственно. У сорта Золотистая лучшая стрессоустойчивость по этим показателям. Пластичностью отличались сорта: Дина – по урожайности ($b_i = 1,11$) и Сибирячка – по массе 1000 семян ($b_i = 1,18$). Все сорта селекции Омского АНЦ, включенные в эксперимент, могут быть использованы в селекционной работе в условиях Костанайской области в качестве источников скороспелости и урожайности – для формирования более 2,4 т/га семян им требуется от 93 до 110 сут.

RESULTS OF THE STUDY OF SOYBEAN VARIETIES AT OMSK AGRICULTURAL RESEARCH CENTER IN THE KOSTANAY REGION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

¹L.V. Omelyanyuk, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

²I.V. Sidorik, Head laboratory

¹A.M. Asanov, PhD in Agricultural Sciences

¹Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

²Agricultural experimental station “Zarechnoye”, village Zarechnoye, Kostanay region, Republic of Kazakhstan

E-mail: omelyanyuk@anc55.ru

Keywords: soybean, variety, early maturity, seed yield, protein content.

Abstract. The authors conducted research from 2012–2021 at LLP Agricultural Experimental Station “Zarechnoye” of the Kostanay region of Kazakhstan. The experiment included early maturing soybean varieties bred by the Omsk ANC, approved for cultivation in the Russian Federation: Dina, Sibiryachka and Zolotistaya, also zoned in the Republic of Kazakhstan. From May till September 2012, 2014, 2019, and 2022 dry weather

conditions were observed (HTC 0.40 - 0.69); arid (HTC 0.70 - 0.99) - in 2015 - 2017, 2020; moderately humid (HTC 1.00) - in 2013 and 2018. A significant positive effect on the duration of the growing season was provided by an increase in the HTC coefficient for the period May–September ($r = 0.566$) and in July ($r = 0.444$). An increase in precipitation lengthened the growing season to 113 days, and an increase in air temperature accelerated the growing season to 83 days ($r = -0.353$ and $r = -0.440$, respectively). The most stable was the plant height, which varied depending on the conditions of the year and variety from 55 to 76 cm - the coefficient of variation was about 10%. Significant varietal differences in average long-term values were revealed only by the number of pods per plant - the Sibiryachka cultivar had an advantage over the Dina and Zolotistaya cultivars, having formed an average of 36 pods per plant over ten years. The level of seed yield was significantly affected by the amount of precipitation ($r = 0.608$) and air temperature ($r = 0.632$) in June, as well as the number of productive nodes ($r = 0.365$) per plant. The increase in the share of protein was positively influenced by the rise in the amount of precipitation in June and in general for May–September: $r = 0.415$ and $r = 0.581$, respectively, as well as by the HTC for these periods: $r = 0.362$ and $r = 0.561$. A significant positive correlation was found between the protein content and the weight of 1000 seeds ($r = 0.615$) and a not high but significant positive correlation between the weight of 1000 seeds and the amount of precipitation in August ($r = 0.375$). The maximum seed yield and protein content in the experiment were noted in the Dina variety in 2016 - 2.78 t/ha and 40.6%, respectively. Variety Zolotistaya has the best resistance to stress in these indicators. Types differed in plasticity: Dina - in terms of yield ($bi = 1.11$) and Sibiryachka - in terms of weight of 1000 seeds ($bi = 1.18$). All varieties of the selection of the Omsk ANC included in the experiment can be used in breeding work in the conditions of the Kostanay region as sources of early maturity and yield - they need from 93 to 110 days to form more than 2.4 t/ha of seeds.

Благодаря успехам селекционеров посевная площадь сои в Казахстане увеличилась с 30 тыс. га в 1990-х гг. до 113,3 тыс. га в 2021 г. При этом доля отечественных сортов в настоящее время составляет 55–65%, что является большим и уверенным шагом к достижению продовольственной безопасности [1]. Соя очень сложна для возделывания в Республике Казахстан из-за климатических особенностей этой страны. Однако культура пользуется спросом и обещает фермерам высокую рентабельность. Посевом сои в хозяйствах достигают сразу нескольких целей: соевый шрот в достаточной степени обогащён белками для питания и оздоровления крупного рогатого скота, культура имеет высокую маржинальность, а также является хорошим предшественником для других сельскохозяйственных растений.

По холдингу Olzha Agro в 2020 г. было посеяно 1,8 тыс. га сои. Использовались гибридные сорта Аполло и Ультра, а также Марина и Золотистая. Здесь ориентируются на расширение площадей под соей до 12–14 тыс. га. Впрочем, из-за климатических условий выбор сортов сои в Казахстане невелик – приходится использовать скороспелые и ультраскороспелые разновидности, т.е. аграрии рискуют, но всё равно сеют, потому что есть спрос и выгодна цена [2].

Определяющее значение при возделывании теплолюбивой сои как культуры короткого дня имеет подбор сортов, адаптированных к узким поясам географических широт (с разницей в 1°C), что усиливает приоритет местной региональной селекции [3]. Ученые уже доказали возможность возделывания ультраскороспелых

сортов сои в регионах Северного Казахстана [4]. Более наглядные результаты, позволяющие отобрать сорта, характеризующиеся не только ультраскороспелостью, но и высокой продуктивностью, были получены в Костанайской области, поэтому дальнейшую работу по выведению ультраскороспелых и высокопродуктивных сортов, включающую всю схему – от гибридизации до высших селекционных питомников, – следует проводить именно здесь [5]. Для создания таких сортов актуальной задачей является поиск генотипов инорайонной селекции, адаптированных к условиям региона.

Несмотря на достаточно высокий генетический потенциал сортов, при выращивании в различных почвенно-климатических условиях отмечается сильное снижение урожайности в отдельные годы и её нестабильность [6, 7]. Стабильность производства зерна во многом зависит от складывающихся погодных условий, технологии возделывания и способности сорта сохранить высокий уровень урожайности и качества зерна при воздействии неблагоприятных условий среды [8]. Высокая чувствительность отдельных сортов к неблагоприятным условиям выращивания часто сужает ареал и ограничивает их общее распространение. На основании испытания сортов сои в разных регионах выращивания можно прогнозировать генетически определенную степень стабильности урожайности (приспособленности к условиям выращивания) [9].

Результатом многолетней селекционной работы в Омском АНЦ являются сорта сои, сочетающие короткий вегетационный период с высоким потенциалом урожайности в экс-

тремальных для этой агрокультуры сибирских природно-климатических условиях на широте 55° [10]. Определение хозяйственной ценности исследуемых сортов обычно осуществляется с помощью многолетних испытаний в полевых условиях [11].

Цель исследований – определить потенциал урожайности и белковости семян сортов сои сибирского экотипа в условиях Северного Казахстана.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В эксперимент включены скороспелые сорта сои селекции Омского АНЦ, допущенные для возделывания в производстве РФ: Дина – с 2003 г. по 10-му и 11-му регионам, Золотистая – с 2013 г. по 9–11-му регионам, а также районирована в 2016 г. по Костанайской области и является эталоном в ГСИ РК; Сибирячка – с 2013 г. по 10-му и 11-му регионам, в 2014–2021 гг. – стандарт в селекции и в ГСИ РФ.

Опыты проведены в 2012–2021 гг. на полевом стационаре ТОО «СХОС "Заречное"» близ г. Костанай Костанайской области (53°12'51" с.ш., 63°37'28" в.д.). Почва участка – чернозем южный маломощный в комплексе с солонцами до 10%. Мощность гумусового горизонта (А+В) 41–45 см. Вскипание от НС1 с 85 см, выделение карбонатов с той же глубины. Содержание гумуса 3,0–3,2%. По данным агрохимической лаборатории ТОО «СХОС "Заречное"», почва опытного участка содержит валового азота (в слое 0–20 см) 0,15–0,16%, фосфора – 0,10–0,13%. Обеспеченность почвы подвижными формами азота (NO₃ по Грандваль-Ляжу) – 22,5–25,5 мг/кг почвы (средняя), фосфора (P₂O₅ по Чирикову) – 114–136 мг/кг почвы (повышенная) и калия (K₂O по Чирикову) – более 200 мг/кг почвы (высокая). Поглощающий комплекс насыщен кальцием и в меньшей мере – магнием. Обменного натрия и калия содержится незначительное количество. Реакция водной суспензии в пределах первого метра слабощелочная. Полная полевая влагемкость почвы для метрового слоя – 204,6 мм, влажность завядания – 70,2 мм, диапазон доступной влаги – 134,4 мм.

Агротехника в опытах – общепринятая для Северного Казахстана [12]. Опыт закладывался по гербицидному пару, подготовка которого осуществлялась с применением почвозащитной ресурсосберегающей технологии. Закрытие влаги проводилось по мере достижения физической спелости почвы вращающейся бороной, не нарушающей мульчирующий слой,

предпосевная культивация – СКП-2,1 с последующим боронованием тяжелыми боронами типа «Зигзаг». Непосредственно перед посевом проведена инокуляция семян сои штаммами азотфиксирующих бактерий. Состав рабочего раствора: Ризобаш 3 л/т семян + вода 10 л/т + Борогум 0,5 л/т + Биолипостим 0,3 л/т. Посев проведен в оптимальный срок (третья декада мая), делянки 11-рядковые площадью 20 м² с междурядьями 15 см. Норма высева – 650 тыс. всхожих семян на 1 га. Размещение образцов рендомизированное в трехкратной повторности. В период полных всходов – начала ветвления посева сои обработаны гербицидом Арамо (1,5 л/га) для уничтожения просовидных сорняков. В фазе 4–5 настоящих листьев агрокультуры проведена внекорневая подкормка комплексным микроудобрением Микроэл. Уборка осуществлялась напрямую комбайном «Сампо-2010» при влажности семян 15–16% с последующей их очисткой и сушкой до 13–14%.

Полевая оценка проводилась в соответствии с методическими указаниями ВИР [13]. Белок определяли в испытательной лаборатории СХОС «Заречное» (аккредитована и аттестована) по ГОСТ 32749-2014 на ИК-анализаторе «Ифралюм ФТ». Из каждой повторности у 25 растений анализировали структуру урожая по основным показателям. Статистический анализ осуществлялся по Б.А. Доспехову [14]. Коэффициент корреляции рассчитывали по комплексу всех данных, полученных за период 2012–2021 гг. (объем выборки – 30 пар значений). Стрессоустойчивость определяли по разности между минимальным и максимальным показателями [11]; пластичность и стабильность – по методике Эберхарта и Рассела в изложении В.А. Зыкина и др. [15].

Климат в зоне проведения исследований – резко-континентальный с жарким и сухим летом и малоснежной холодной зимой. Продолжительность безморозного периода колеблется от 108 до 130 суток. Затяжные холода весной, ранее похолодание осенью и поздние летние осадки типичны для климата Костанайской области и отличают его от других засушливых регионов (например, Поволжья). Характерным признаком континентального климата является преобладание осадков теплого периода (май–октябрь) – 60–80% от годовой нормы с максимумом во второй половине лета, чаще всего в июле. Особенно засушливым бывает конец мая – июнь. Большая инсоляция, резкая разница температур днем и ночью, низкая влажность воздуха, малооблачность и частые ветра вызывают интенсивное

испарение влаги, в 2–5 раз превышающее сумму атмосферных осадков. Все климатические факторы сильно варьируют в разные вегетационные периоды как по напряженности, так и по времени проявления.

За годы проведения исследований период май – сентябрь был самым засушливым в 2021 г. (ГТК 0,49) с суммой осадков 145 мм (77% от нормы) и рекордно низким ГТК в июне и августе – соответственно 0,22 и 0,08 (табл. 1).

Таблица 1

Гидротермическое обеспечение периода май–сентябрь (2012–2021 гг.)
Hydrothermal supply for the period May–September (2012–2021)

Период	Средне-много-летнее	Год									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Сумма осадков, мм</i>											
Май	36	28	21	14	82	3	52	45	18	81	6
Июнь	35	27	10	19	38	51	78	76	13	23	14
Июль	56	23	117	108	31	71	68	36	23	17	104
Август	35	101	114	9	23	11	37	82	53	70	5
Сентябрь	25	11	2	13	38	74	7	13	52	14	17
Сумма за май–сентябрь	187	190	262	162	211	210	242	252	159	204	145
<i>Среднесуточная температура воздуха, °С</i>											
Май	13,7	15,7	13,6	17,1	15,0	14,2	13,5	11,9	15,4	17,2	20,0
Июнь	20,0	22,0	20,2	21,2	22,2	18,3	18,7	16,6	18,5	17,8	20,8
Июль	20,9	24,2	20,4	16,7	20,2	20,3	19,7	22,1	23,1	23,3	21,3
Август	18,9	20,8	18,8	21,1	16,9	22,9	20,3	18,1	19,3	19,8	22,2
Сентябрь	12,5	13,0	13,0	10,7	12,9	13,0	12,6	13,2	10,9	13,7	11,1
Среднее за май–сентябрь	17,2	19,1	17,2	17,4	17,4	17,7	17,0	16,4	17,4	18,4	19,1
<i>Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК)</i>											
Май–сентябрь	0,71	0,65	1,00	0,61	0,79	0,77	0,93	1,00	0,59	0,73	0,49
Июнь	0,58	0,41	0,16	0,30	0,56	0,94	1,39	1,53	0,23	0,43	0,22
Июль	0,86	0,31	1,84	2,08	0,49	1,13	1,11	0,52	0,32	0,24	1,57
Август	0,60	1,57	1,95	0,14	0,44	0,15	0,58	1,47	0,89	1,13	0,08

Самой дождливой была вторая половина лета в 2013 г., когда в июле и августе сумма осадков превысила среднее многолетнее значение на 109 и 224% соответственно. В целом в мае–сентябре сухие условия (ГТК 0,40–0,69) наблюдались в 2012, 2014, 2019, 2021 гг.; засушливые (ГТК 0,70–0,99) – в 2015–2017, 2020 гг.;

обеспеченные влагой (ГТК 1,00) – в 2013 и 2018 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Соя, как и другие сельскохозяйственные культуры, подвержена влиянию стрессовых

факторов, особенно возникающих при изменении погодных условий в процессе формирования урожая [7, 16, 17]. В нашем опыте достоверное положительное влияние на продолжительность вегетационного периода оказывало повышение ГТК в целом за период

май–сентябрь ($r = 0,566$) и в июле ($r = 0,444$) (табл. 2). Однако, если увеличение суммы осадков удлиняло период вегетации, то повышение температуры воздуха оказывало противоположный – отрицательный эффект ($r = -0,353$ и $r = -0,440$ соответственно).

Таблица 2

Корреляционная связь хозяйственно-ценных признаков сои с параметрами гидротермического обеспечения за период вегетации (май–сентябрь) и летние месяцы (2012–2021 гг.)
Correlation of economically valuable traits of soybeans with parameters of hydrothermal supply for the growing season (May–September) and summer months (2012–2021)

Хозяйственно-ценный признак	Период			
	май–сентябрь	июнь	июль	август
<i>Корреляционная связь с ГТК</i>				
Вегетационный период	0,566*	0,328	0,444*	-0,074
Урожайность	0,323	0,640*	0,194	-0,386*
Белок в семенах	0,561*	0,362*	-0,101	0,298
Масса 1000 семян	0,238	0,296	-0,180	0,337
<i>Корреляционная связь с суммой осадков (мм) за период</i>				
Вегетационный период	0,566*	0,352*	0,495*	-0,104
Урожайность	0,274	0,608*	0,250	-0,418*
Белок в семенах	0,581*	0,415*	-0,055	0,297
Масса 1000 семян	0,284	0,327	-0,130	0,375*
<i>Корреляционная связь со средней температурой воздуха (°C) за период</i>				
Вегетационный период	-0,353*	-0,112	-0,440*	-0,079
Урожайность	-0,354*	-0,632*	-0,232	0,277
Белок в семенах	-0,315	0,117	0,029	-0,232
Масса 1000 семян	0,049	0,065	0,303	0,170

* Корреляция достоверна (порог существенности $r = 0,350$).

В целом изучаемые сорта стабильно вызревали в любых погодных условиях. Минимальный индекс среды по анализируемому показателю отмечен в засушливых 2012 и 2019 гг. (-12,0 и -10,4 соответственно), максимальный – в 2017 г. (+15,3) (рис. 1). У сорта Золотистая проявился очень сильный эффект в увеличении продолжительности вегетации: как в 2013 г. в условиях переувлажнения в июле и августе при наибольшем за 10 лет ГТК (1,84 и 1,95) – до 113 сут (+10 сут к показателю других омских сортов), так и в очень засушливом 2019 г. – до максимальных в опыте 89 сут (+ 6 сут).

Нашими исследованиями подтверждаются выводы ученых о том, что урожайность и качество производимого соевого зерна подвержены значительным колебаниям по годам [11]. Моделирование фенологии и урожайности сои в программе CROPGRO-Soybean, проведенное американскими исследователями на основе

анализа урожайности агрокультуры и климатических данных за 20 лет, позволило предположить, что негативное влияние повышения температуры может быть нивелировано увеличением количества осадков, оптимизацией орошения и выращиванием позднеспелых сортов сои [18]. В нашем опыте выявлена не очень высокая, но существенная положительная корреляция средней по сортам урожайности семян с продолжительностью их вегетационного периода ($r = 0,577$, $\eta = 0,643$). Установлено, что омским сортам для формирования более 2,4 т семян с 1 га требуется не менее 93 сут (рис. 2), но при затягивании вегетации более чем до 110 сут урожайность снижается, а также обостряются трудности уборочной компании из-за неблагоприятных погодных явлений, свойственных осеннему периоду в регионе, низких температур воздуха и осадков.

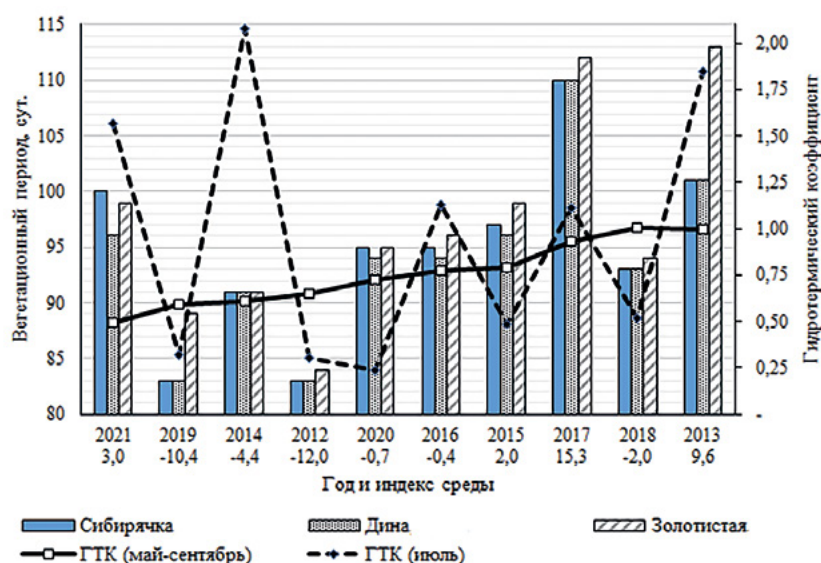


Рис. 1. Изменение продолжительности вегетационного периода в зависимости от увеличения ГТК за май–сентябрь и ГТК в июле (2012–2021 гг.)

Fig. 1. Change in the duration of the growing season depending on the increase in the HTC in May–September and the HTC in July (2012–2021)

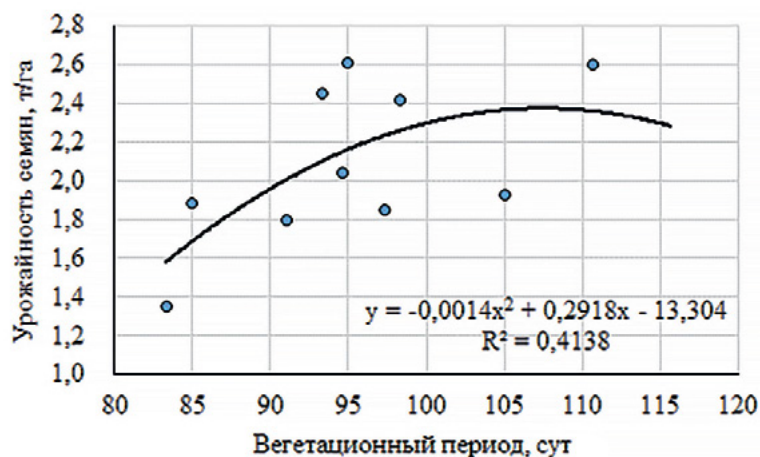


Рис. 2. Влияние продолжительности вегетационного периода на среднюю по выборке урожайность семян сои (2012–2021 гг.)

Fig. 2. Influence of the length of the growing season on the average yield of soybean seeds for the sample (2012–2021)

На уровень урожайности семян оказывали положительное влияние погодные условия июня: повышение суммы осадков ($r = 0,608$) и снижение температуры воздуха ($r = 0,632$). В августе усиление осадков негативно сказывалось на формировании урожайности сои ($r = 0,386$) (см. табл. 2). Наименьший индекс среды отмечен в засушливом 2012 г. ($-0,74$), наибольший – в 2016 и 2017 гг. ($+0,52$ и $+0,51$) при повышенных значениях ГТК в июне и июле ($0,94-1,39$). Максимальный уровень урожайности сорта Сибирячка ($2,65$ т/га) и Золотистая

($2,55$ т/га) сформировали в 2017 г., Дина – в 2016 г. ($2,78$ т/га) (рис. 3). В нашем опыте выявлено достоверное положительное влияние количества продуктивных узлов на уровень урожайности ($r = 0,365$) и число бобов на растении ($r = 0,607$).

Наиболее стабильной в годы исследований была высота растений, которая изменялась, в зависимости от воздействия внешних факторов и сорта, от 55 до 76 см – коэффициент вариации около 10% (табл. 3).

Характеристика сортов сои по элементам структуры урожая (2012–2021 гг.)
Characteristics of soybean varieties by crop structure elements (2012–2021)

Показатель	Сорт	Минимум	Максимум	Среднее многолетнее*	Коэффициент вариации, %
Высота растений, см НСР ₀₅ **= 6,4	Сибирячка	55,0	73,0	61,7	10,9
	Дина	55,0	70,0	61,8	8,5
	Золотистая	58,0	76,0	66,2	10,4
Высота прикрепления нижнего боба, см НСР ₀₅ = 1,9	Сибирячка	10,0	16,0	12,7	14,4
	Дина	9,0	18,0	14,0	19,9
	Золотистая	11,0	22,0	14,5	21,6
Количество боковых ветвей, шт. НСР ₀₅ = 0,5	Сибирячка	2,0	4,0	2,7	25,0
	Дина	2,0	4,0	2,7	25,0
	Золотистая	2,0	3,0	2,8	15,1
Количество продуктивных узлов, шт. НСР ₀₅ = 2,6	Сибирячка	10,0	22,0	15,5	24,0
	Дина	6,0	23,0	17,3	28,5
	Золотистая	11,0	25,0	17,2	24,5
Количество бобов с одного растения, шт. НСР ₀₅ = 4,2	Сибирячка	23,0	76,0	40,7	36,2
	Дина	8,0	47,0	32,6	32,9
	Золотистая	17,0	42,0	30,9	31,4

* Среднее за 2012 – 2021 гг.; ** для сравнения средних многолетних значений.

* Average for 2012 - 2021; ** for comparison of long-term averages.

Изменение погодных условий наиболее сильно отражалось на количестве бобов. Оно варьировало от минимальных 8 шт. у сорта Дина (2012 г.) до максимальных 76 шт. у сорта Сибирячка (2018 г.). Достоверные сортовые различия средних многолетних значений выявлены лишь по этому показателю – сорт Сибирячка имел преимущество перед сортами Дина и Золотистая, сформировав в среднем за 10 лет 36 бобов на растении.

Интенсивность процессов накопления азота в растениях сои особенно высока в условиях повышенной влажности. Эффективная ассимиляционная деятельность листьев, активная азотфиксация клубеньковых бактерий приводят к усиленной аккумуляции азота в зерне [19]. В нашем опыте выявлены положительные корреляции белковости зерна со значениями гидротермического обеспечения периода май–сентябрь и июня: с ГТК ($r = 0,561$ и $r = 0,362$ соответственно), а также с суммой осадков ($r = 0,581$ и $r = 0,415$) (табл. 2). Годы с положительными значениями индекса среды по белку, за редким исключением, отличались сравнительно высокими значениями ГТК за период май–сентябрь (0,77–1,00) (рис. 4).

Исключением является засушливый 2012 г. с индексами среды по урожайности -0,74

и по анализируемому показателю +2,27. В этих условиях 40,9% белка выявлено у сорта Сибирячка при сборе семян 1,20 т/га. У сорта Дина в 2016 г. в условиях оптимального увлажнения в июне и июле при рекордной в опыте урожайности (2,78 т/га) семена также имели повышенную белковость (40,6%).

В нашем опыте выявлена существенная положительная корреляция содержания белка с массой 1000 семян ($r = 0,615$). Установлена не высокая, но достоверная положительная корреляция массы 1000 семян лишь с суммой осадков в августе – в период налива бобов ($r = 0,375$) (см. табл. 2).

Масса 1000 семян варьировала от 124,0 (сорт Дина, 2020 г.) до 207,9 г (сорт Сибирячка, 2012 г.). В среднем по опыту анализируемый показатель был в пределах 152,0 – 169,1 г, степень варьирования средняя. Достоверных сортовых различий средних многолетних значений не выявлено (табл. 4).

Стрессоустойчивость определяли по разности между минимальным и максимальным показателями [11]. Чем меньше величина этого параметра, тем выше стрессоустойчивость. Этим качеством отличается сорт Золотистая по урожайности семян и содержанию в них белка.

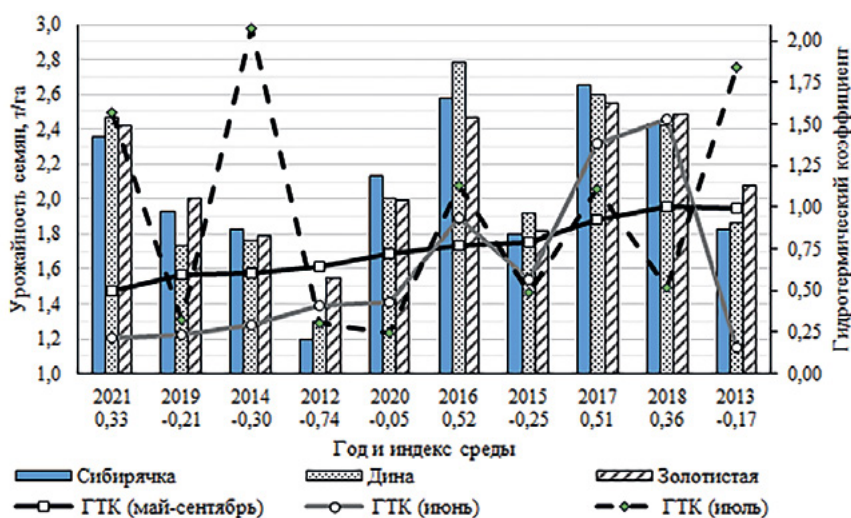


Рис. 3. Изменение урожайности семян в зависимости от увеличения ГТК за май–сентябрь, ГТК в июне и июле (2012–2021 гг.)

Fig. 3. Change in seed yield depending on the increase in HTC in May–September, HTC in June and July (2012–2021)

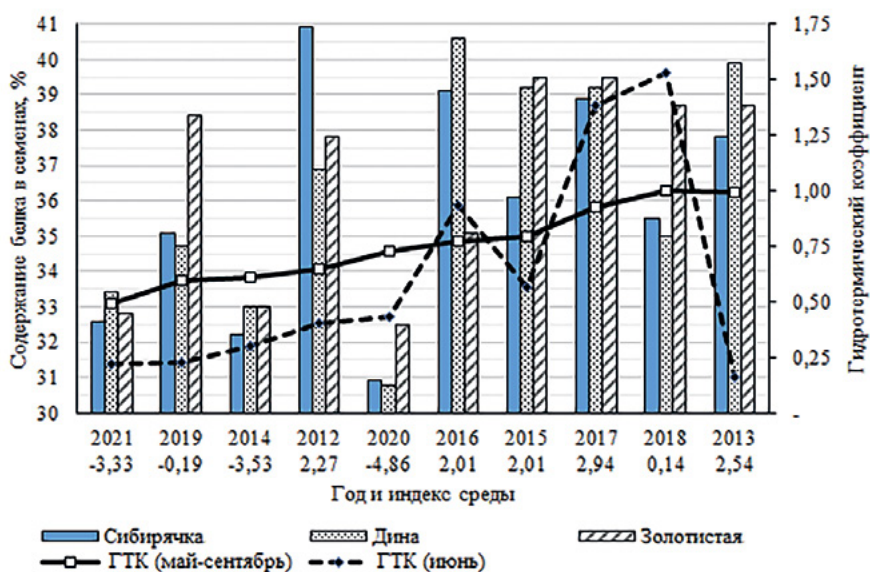


Рис. 4. Изменение содержания белка в семенах в зависимости от увеличения ГТК за май–сентябрь, ГТК в июне (2012–2021 гг.)

Fig. 4. Change in protein content in seeds depending on the increase in HTC in May–September, HTC in June (2012–2021)

Пластичность и стабильность характеризуют способность сорта адаптироваться к варьированию условий выращивания. Оптимальные показатели имеют сорта, у которых коэффициенты регрессии выше, а среднее квадратическое значение – ниже [9]. В нашем опыте лишь сорт Сибирячка по урожайности имел такие характеристики: коэффициент регрессии $b_1 = 1,06$ и

стабильность $\sigma_a^2 = 0,53$. Повышенной пластичностью отличались сорта: Дина – по урожайности ($b_1 = 1,11$), Сибирячка – по массе 1000 семян ($b_1 = 1,18$). Сорт Золотистая проявил себя как экстенсивный по трем параметрам, исключая вегетационный период, и оказался самым нестабильным.

Характеристика сортов сои по основным хозяйственно-ценным признакам (2012–2021 гг.)
Characteristics of soybean varieties according to the main economically valuable traits (2012–2021)

Показатель	Сорт	Размах варьирования				Стрес-соустойчивость	Плас-тич-ность, b_i	Ста-биль-ность, σ_d^2
		мини-мум	мак-симум	сред-нее	коэф. вари-ации, %			
Вегетацион-ный период, сут		83	110	94,8	8,6	27,0	0,97	2,48
	Сибирячка	83	110	94,1	8,4	27,0	0,95	1,45
	Дина	84	113	97,2	9,5	29,0	1,08	6,14
Урожайность, т/га НСР ₀₅ *=0,34	Золотистая	1,20	2,58	2,07	21,4	1,4	1,06	0,53
	Сибирячка	1,30	2,78	2,08	22,3	1,5	1,11	0,65
	Дина	1,55	2,55	2,12	16,5	1,0	0,82	0,64
Белок в семенах, % НСР ₀₅ = 1,5	Золотистая	30,9	40,9	35,9	9,2	10,0	1,06	1,62
	Сибирячка	30,8	40,6	36,3	9,3	9,8	1,08	1,77
	Дина	32,5	39,2	36,6	8,0	6,7	0,86	2,69
Масса 1000 семян, г НСР ₀₅ = 24,3	Золотистая	136,1	207,9	169,1	13,0	71,8	1,18	56,50
	Сибирячка	124,0	174,4	152,0	10,5	50,4	0,88	16,44
	Дина	139,8	194,9	158,7	11,6	55,1	0,94	74,38

* Для сравнения средних многолетних значений.

* For comparison of long-term averages.

ВЫВОДЫ

1. Изучаемые сорта сои омской селекции стабильно вызревали в любых погодных условиях. На продолжительность вегетационного периода сои оказывало положительное влияние повышение ГТК в целом за период май–сентябрь ($r = 0,566$) и в июле ($r = 0,444$). Увеличение суммы осадков удлиняло период вегетации, повышение температуры воздуха ускоряло вегетацию ($r = -0,353$ и $r = -0,440$ соответственно).

2. Достоверные сортовые различия средних многолетних значений выявлены лишь по числу бобов на растении – сорт Сибирячка имел преимущество перед сортами Дина и Золотистая, сформировав в среднем за 10 лет 36 бобов на растении.

3. Установлена положительная корреляционная связь количества продуктивных узлов с урожайностью ($r = 0,365$) и числом бобов на растении ($r = 0,607$). На уровень урожайности семян оказывали достоверное влияние погодные условия июня: сумма осадков ($r = 0,608$) и

температура воздуха ($r = -0,632$). Улучшению белковости зерна способствовало увеличение суммы осадков в июне и в целом за май – сентябрь: $r = 0,415$ и $r = 0,581$ соответственно, а также повышение ГТК за эти периоды: $r = 0,362$ и $r = 0,561$. Выявлена существенная положительная корреляционная связь массы 1000 семян с содержанием белка ($r = 0,615$) и не высокая, но достоверная положительная – с суммой осадков в августе ($r = 0,375$).

4. Максимальную урожайность и белковость семян в опыте показал сорт Дина в 2016 г. – 2,78 т/га и 40,6% соответственно. Лучшая стрессоустойчивость по этим показателям у сорта Золотистая. Пластичностью отличались сорта: Дина – по урожайности ($b_i = 1,11$) и Сибирячка – по массе 1000 семян ($b_i = 1,18$).

5. Все сорта селекции Омского АНЦ, включенные в эксперимент, могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе в условиях Костанайской области в качестве источников скороспелости и урожайности – для формирования более 2,4 т/га семян им требуется от 93 до 110 сут.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дидоренко С.В.* Отечественная селекция сои в годы независимости Казахстана как основа продовольственной безопасности страны [Электронный ресурс]. – URL: http://pinterest.com/pin/create/button/?url=https://kazniizr.kz/otechestvennaya-selektsiya-soi-v-gody-nezavisi-mosti-kazahstana-kak-osnova-prodovolstvennoj-bezopasnosti-strany/&media=https://kazniizr.kz/wp-content/uploads/2021/10/242137973_4248256898555643_5230156672385120725_n.jpg&description://kazniizr.kz (дата обращения: 25.08.2022).
2. *Казахстанская соя: опыт и прогнозы* [Электронный ресурс]. – URL: [http://eldala.kz\(https://eldala.kz/спеспроекты/2861-kazahstanskaya-soya-опыт-i-prognozy\)](http://eldala.kz(https://eldala.kz/спеспроекты/2861-kazahstanskaya-soya-опыт-i-prognozy)) (дата обращения: 25.08.2022).
3. *Селекция скороспелых сортов сои для условий орошения* / В.В. Толоконников, Т.С. Кошкарлова, С.В. Иленева [и др.] // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2016. – № 3 (45), ч. 3. – С. 123–124. – DOI: 10.18454/IRJ.2016.45.037.
4. *Сидорик И.В., Зинченко А.В.* Значение сои в земледелии Казахстана // *Масличные культуры: научно-технический бюллетень НИИМК*. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 75–78. – DOI: 10.25230/2412-608X-2018-2-174-75-78.
5. *Изучение скороспелой коллекции сои в условиях Северного, Восточного и Юго-Восточного Казахстана* / С.В. Дидоренко, С.И. Абугалиева, А.К. Затыбеков [и др.] // *Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты*. – 2017. – № 4 (76). – С. 294–304.
6. *Гатаулина Г.Г., Заренкова Н.В., Никитина С.С.* Сорты сои северного экотипа: как погода влияет на рост, развитие, формирование урожая и его вариабельность // *Кормопроизводство*. – 2019. – № 7. – С. 34–40.
7. *Irwin S., Good D.* Forming Expectations for the 2016 U.S. Average Soybean Yield: What About El Nino? [Elektronny resurs] // *Farmdoc daily / Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign*. – March 9, 2016. – Vol. 6. – P. 46. – URL: <http://farmdocdaily.illinois.edu/2016/03/expectations-for-2016-us-average-soybean-yield.html> (дата обращения: 10.09.2022).
8. *Кирьякова М.Н., Юсов В.С., Евдокимов М.Г.* Оценка адаптивной способности и взаимодействий генотипа и среды перспективных линий яровой твердой пшеницы в условиях Омской области. // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2022. – № 2. – С. 19–25. – <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-63-2-19-25>.
9. *Белявская Л.Г., Белявский Ю.В., Диянова А.А.* Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 4 (28) – С. 42–48. – DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11048.
10. *Суворова Ю.Н., Омелянюк Л.В., Асанов А.М.* Подсолнечник и соя – перспективные интродуцированные масличные культуры для Западной Сибири // *Вестник ОмГАУ*. – 2021. – № 4. – С. 64–73. – DOI: 10.48136/2222-0364_2021_4_64.
11. *Оценка исходного материала сои по качеству зерна на гомеостатичность* / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибуллин, М.В. Скулова [и др.] // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 5. – С. 45–49.
12. *Технология возделывания сои в Костанайской области: рекомендации* / С.И. Джурабаев, И.В. Сидорик, С.А. Тулькубаева [и др.]. – Заречное: ТОО «СХОС "Заречное"», 2020. – 21 с.
13. *Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение* / ФИЦ–ВИГРР им. Н.И. Вавилова (ВИР); М.А. Вишнякова, И.В. Сеферова, Т.В. Буравцева [и др.]; под ред. М.А. Вишняковой. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ВИР, 2018. – 143 с.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 335 с.
15. *Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка)* / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов [и др.]. – Уфа: Центр с.-х. консультирования РБ, 2011. – С. 29–44.
16. *Гатаулина Г.Г., Заренкова Н.В., Консаго Веанди Ф.* Урожайность и элементы структуры урожая сортов сои северного экотипа при формировании в разных погодных условиях // *Кормопроизводство*. – 2020. – № 8. – С. 33–37.

17. *Evaluation of legume-supported agriculture and policies at farm level* / N. Schlafke, P. Zander, M. Reckling [et al.] // *Legume Futures Report 4.3.* – Available from www.legume-futures.de. – 2014.
18. Калибровка модели CROPGRO Soybean и оценка реакции урожайности сои на изменение климата / J.E. Quansah, P. Welikhe, G. El Afandi [et al.] // *American Journal of Climate Change.* – 2020. – N 9. – P. 297–316. – DOI: 10.4236/ajcc.2020.93019.
19. Головина Е.В., Зеленев А.А. Физиологические особенности сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР // *Аграрная наука.* – 2020. – № 11–12. – С. 89–96. – DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-89-96.

REFERENCES

1. Didorenko S.V., URL: http://pinterest.com/pin/create/button/?url=https://kazniizr.kz/otechestvennaya-selektsiya-soi-v-gody-nezavisimosti-kazahstana-kak-osnova-prodovolstvennoj-bezopasnosti-strany/&media=https://kazniizr.kz/wp-content/uploads/2021/10/242137973_4248256898555643_5230156672385120725_n.jpg&description://kazniizr.kz (data obrashheniya 25.08.2022). (In Russ.)
2. *Kazakh soybeans: experience and forecasts*, [http://eldala.kz\(https://eldala.kz/specproekty/2861-kazahstanskaya-soya-opyt-i-prognozy\)](http://eldala.kz(https://eldala.kz/specproekty/2861-kazahstanskaya-soya-opyt-i-prognozy)) (data obrashheniya 25.08.2022). (In Russ.)
3. Tolokonnikov V.V., Koshkarova T.S., Ileneva S.V. [i dr.], *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2016, No. 3 (45), ch. 3, pp. 123–124. (In Russ.)
4. Sidorik I.V., Zinchenko A.V., *Maslichny'e kul'tury`: nauchno-texnicheskij byulleten` NIIMK*, 2018, Vol. 2 (174), pp. 75–78. (In Russ.)
5. Didorenko S.V., Abugaliev S.I., Zaty'bekov A.K. [i dr.], *Izdenister, natizheler – Issledovaniya, rezul'taty`*, 2017, No. 4 (76), pp. 294–304. (In Russ.)
6. Gataulina G.G., Zarenkova N.V., Nikitina S.S., *Kormoproizvodstvo*, 2019, No. 7, pp. 34–40. (In Russ.)
7. Irwin S., Good D., Forming Expectations for the 2016 U.S. Average Soybean Yield: What About El Nino? [Elektronny resurs], *Farmdoc daily*, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana-Champaign, March 9, 2016, Vol. 6, pp. 46, URL: <http://farmdocdaily.illinois.edu/2016/03/expectations-for-2016-us-average-soybean-yield.html>.
8. Kir'yakova M.N., Yusov V.S., Evdokimov M.G., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 2, pp. 19–25. (In Russ.)
9. Belyavskaya L.G., Belyavskij Yu.V., Diyanova A.A., *Zernobobovy`e i krupyany`e kul'tury`*, 2018, No. 4 (28), pp. 42–48. (In Russ.)
10. Suvorova Yu.N., Omel'yanyuk L.V., Asanov A.M., *Vestnik OmGAU*, 2021, No. 4, pp. 64–73. (In Russ.)
11. Ashiev A.R., Xabibullin K.N., Skulova M.V. [i dr.], *Zernovoe khozyajstvo Rossii*, 2019, No. 5, pp. 45–49. (In Russ.)
12. Dzhurabaev S.I., Sidorik I.V., Tul'kubaeva S.A. [i dr.], *Texnologiya vozdely`vaniya soi v Kostanajskoj oblasti (Soybean cultivation technology in Kostanay region)*, Zarechnoe: TOO «SXOS “Zarechnoe”», 2020, 21 p.
13. Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Buravceva T.V. [i dr.], *Kollekciya mirovy`x geneticheskix resursov zernovy`x bobovy`x VIR: popolnenie, soxranenie i izuchenie (VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying)*, Sankt-Peterburg: VIR, 2018, 143 p.
14. Dospexov B.A., *Metodika polevogo opy`ta*, Moscow: Kolos, 1973, 335 p. (In Russ.)
15. Zy`kin V.A., Belan I.A., Yusov V.S. [i dr.], *E`kologicheskaya plastichnost` sel`skoxozyajstvenny`x rastenij (metodika i ocenka) (Ecological plasticity of agricultural plants (methodology and evaluation))*, Ufa: Centr s.-x. konsul'tirovaniya RB, 2011, pp. 29–44.
16. Gataulina G.G., Zarenkova N.V., Konsago Veandi F., *Kormoproizvodstvo*, 2020, No. 8, pp. 33–37. (In Russ.)
17. Schlafke N., Zander P., Reckling M., Hecker J-M. [et al.], *Evaluation of legume-supported agriculture and policies at farm level*, *Legume Futures Report 4.3.*, available from www.legume-futures.de, 2014.

18. Quansah J.E., Welikhe P., El Afandi G. [et al.], Kalibrovka modeli CROPGRO Soybean i ocenka reakcii urozhajnosti soi na izmenenie klimata, *American Journal of Climate Change*, 2020, No. 9, pp. 297–316.
19. Golovina E.V., Zelenov A.A., *Agrarnaya nauka*, 2020, No. 11–12, pp. 89–96. (In Russ.)