

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. - № 2 (125). - Р. 14-29. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2025.2(125).1840

УДК 633.34

Исследовательская статья

Результаты оценки сортов сои различного происхождения в условиях Северного Казахстана

Кипшакбаева Г.А. , Әшірбекова І.Ә. , Амантаев Б.О. , Сәбит Д.М. 

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина,
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Кипшакбаева Г.А.: guldenkipshakbaeva@bk.ru

Соавторы: (1: ІӘ) inkar_04.02.1992@mail.ru; (2: БА) bekrat-abu@mail.ru;

(3: ДС) onlyforworkdns@gmail.com

Получено: 22-01-2025 **Принято:** 17-06-2025 **Опубликовано:** 30-06-2025

Аннотация

Предпосылки и цель. Северный Казахстан отличается сложными агроклиматическими условиями, влияющими на продуктивность сои. Изучение генетических особенностей сортов сои различного происхождения и их адаптации к этим условиям важно для повышения урожайности. Цель исследования – изучение сортового материала сои различного происхождения с целью выявления перспективных сортов для селекции на высокую продуктивность в условиях Северного Казахстана.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в условиях сухо-степной зоны на базе ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева» (далее - НПЦЗХ им. А.И. Бараева). В качестве исходного материала были использованы новые сорта и перспективный селекционный материал отечественной и зарубежной селекции. Учёт и анализ данных проводились по общепринятым методикам, с использованием дисперсионного анализа в программе Statistica 10, достоверность различий оценивалась при $P \leq 0,05$.

Результаты. Урожайность сортов варьировала от 2,5 до 16,4 ц/га, зависимо от группы спелости. Погодные условия удлиняли фазы развития, увеличивая вегетационный период. Установлены связи: длина вегетационного периода и элементы структуры урожая – сильная положительная связь ($r = 0,64-0,97$); длина вегетационного периода и урожайность – слабая отрицательная связь ($r = -0,27$). Коэффициент вариации урожайности составил $CV = 21,18\%$ для раннеспелых сортов и $CV = 5,51\%$ для среднеранних.

Закключение. Исследования показали, что продуктивность сортов сои значительно варьировала в зависимости от их особенностей и условий возделывания. Как показали результаты исследований, основными показателями формирования высокой урожайности были элементы структуры урожая, что подтверждается результатами статистической обработки. Выявленные в результате исследований сорта сои в разрезе двух групп спелости (ранняя и среднеранняя) рекомендуются для практического внедрения в селекционный процесс, как источники продуктивности в условиях Северного Казахстана.

Ключевые слова: соя; вегетационный период; фотосинтетическая деятельность; хозяйственно-ценные признаки; урожайность.

Введение

Соя (*Glycine max*) – важнейшая белково-масличная культура, приобретающая особое значение благодаря широкому использованию в различных отраслях сельского хозяйства, промышленности и продовольственного производства. На мировом рынке соя пользуется высоким спросом из-за её универсальности, она служит источником растительных масел и альтернативного белка,

особенно актуального в условиях дефицита животного белка [1]. Производство сои развивается стремительными темпами, что подтверждается увеличением площадей под её возделывание. По данным ФАО, на сегодняшний день соя культивируется на площади около 127,9 млн га в 94 странах мира, с наибольшими объемами производства в Бразилии, Аргентине, США и Индии [2]. В Казахстане, учитывая, что соя является новой культурой, отмечается увеличение посевных площадей, однако эти показатели не сравнимы с основной масличной культурой – подсолнечником. Надо отметить, что доля посевных площадей подсолнечника в севообороте доходит до 30%. При этом необходимо выделить, что для полноценного внедрения культуры сои в сельскохозяйственное производство, основным сдерживающим фактором является отсутствие отечественных сортов [3].

Как показывают исследования многих ученых, внедрение в производство новых сортов является основным рычагом повышения урожайности, при этом, их высокие адаптивные свойства позволят получать высокие и стабильные уровни урожая вне зависимости от условий года [4, 5, 6].

Как показывают исследования, для Северного Казахстана важны сорта сои с более коротким вегетационным периодом (86-98 суток) и сравнительно высокой урожайностью [7]. Помимо показателя скороспелости сорта, необходимо рассматривать другие показатели хозяйственно-ценных признаков и их взаимодействие с условиями возделывания. Важным при этом является реакция сортов, уровень урожайности и адаптивные способности сортов [8, 9].

Цель исследования – изучение сортового материала сои различного происхождения с целью выявления перспективных сортов для селекции на высокую продуктивность в условиях Северного Казахстана.

Материалы и методы

Полевой эксперимент был проведен на базе НППЦЗХ им. А.И. Бараева 71°01'/ в.д., 50°39'/ с.ш. Для закладки полевого стационара использовался предшественник - пар. Обработка почвы - согласно зональной технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

В качестве объектов исследований использованы 100 сортообразцов сои различного эколого-географического происхождения.

Исследования проводили согласно методическим указаниям ВИР [10].

Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по методике *Г.Т. Селянинова* [11], используя данные о среднесуточных температурах воздуха и суточных суммах осадков, полученные с метеостанции METUS.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием сои проводили согласно методике *W.R. Fehr* и *C.E. Cavines* [12].

Для проведения анализа по показателям элементов структуры урожая отбирали 25 растений [13].

Высоту растений измеряли переносной рейкой с точностью до 1 см.

Биомассу растений и площади листьев зернобобовых культур определяли по методике *А.А. Ничипоровича* [14].

Интенсивность фотосинтеза определяли с помощью прибора MINI PAM II.

Накопление сухого вещества определяли по 10 растениям.

Определение количества пигментов и определение хлорофилла в листьях по методике *Н.Н. Третьякова* и др. [15].

Уборку осуществляли по мере наступления уборочной спелости. Расчет уровня урожайности (ц/га) проводили на основе массы семян с делянки после обмолота снопа на ручной молотилке «Wintersteiger LD 350».

Обработка экспериментальных данных производилась методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и пакета программ Statistica 10.

Результаты и обсуждение

Условия 2024 года значительно отличались от среднеголетних значений и при этом, необходимо отметить, реакцию изучаемого набора сортов сои на изменение условий возделывания. Изменчивость условий доказывается значительными отклонениями гидротермического коэффициента (рисунок 1).

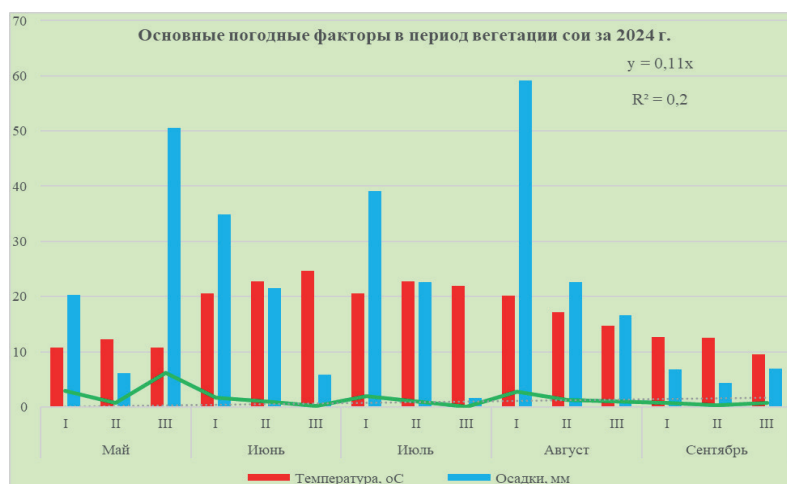


Рисунок 1 – Основные погодные факторы в период вегетации сои и изменчивость значений ГТК, 2024 г.

По результатам вегетации растений отмечается превышение влажностного фона в сравнении с среднеголетними значениями (май месяц превышение составило 44,5 мм, июнь-22,8 мм, июль-6,3 мм, август 66,8 мм соответственно). Отмечается нехарактерное выпадение осадков в начале вегетации культуры в мае месяце. Высокий влажностный фон позволил получить быстрые и дружные всходы, в сравнении с предыдущими годами. Необходимо отметить, что в этот период показатель температурного фона был на уровне среднеголетних значений. Остальные вегетативные и генеративные фазы развития проходили при сравнительно низком значении температуры и соответственно высокой увлажненности. По результатам исследований отмечаются низкие значения суммы эффективных температур, что, в свою очередь, сказалось на росте и развитии культуры в разрезе групп спелости. На рисунке 2 представлены результаты ГТК значений по месяцам.

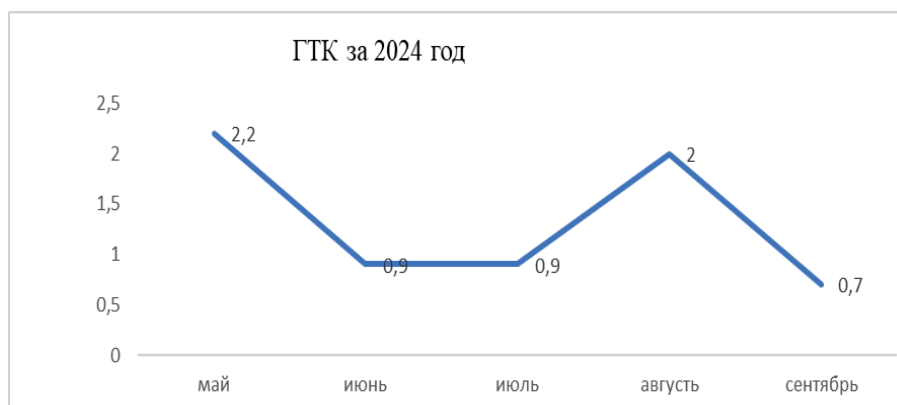


Рисунок 2 – Показатель ГТК по месяцам, 2024 г.

Высокие значения показателя ГТК являются не свойственным для условий севера Казахстана. Надо отметить, что предыдущие 5 лет характеризовались как остро засушливые и засушливые (ГТК значения были на уровне 0,2...0,7). В условиях сильноувлажненного и низкого температурного фонов 2024 года, важным являлась оценка имеющейся коллекции по основным хозяйственно-ценным признакам (их реакции).

Показатель длины вегетационного периода является основным показателем возможности внедрения тех или иных сортов в сельскохозяйственное производство. Это доказывается высокими значениями корреляционных связей с другими хозяйственно-ценными признаками, а главное с урожайностью [16]. Соответственно, для условий севера Казахстана необходимо выделить скороспелые и урожайные формы сои.

Соя является весьма пластичной культурой. Период ее вегетации зависит от агроклиматических условий зоны возделывания и сортовых особенностей, в связи с чем может изменяться в широких пределах от 70 до 160 дней и более [17]. Как показывают исследования, физиолого-морфологические особенности сортов являются основными показателями реакции сортов сои. В агроэкологических зонах с неравномерным выпадением осадков и неустойчивым температурным фоном в течение вегетации растений необходимо использование скороспелых сортов сои с сравнительно коротким периодом «всходы-начало цветения» и продолжительным (37–45 суток) цветение-созревание [18].

Соя является фотопериодически высокочувствительной, короткодневной культурой и для перехода в репродуктивную стадию требует определённого соотношения продолжительности освещения и темноты. В условиях длинного дня вегетация сои замедляется, особенно растягивается период самого цветения [19].

По нашим данным и по мнению других исследователей [20], необходимо создавать сорта с продолжительностью вегетации до 100 дней, чтобы развитие прекращалось в конце августа или начале сентября. Это позволит вовремя закончить уборку и подготовить почву для последующей культуры. Условия возделывания 2024 года очень резко отличаются от условий ранних лет за счет сравнительно высокого количества выпавших осадков в течение вегетации культуры (не характерными были условия мая, июня, июля и сентября). При этом, температурный фон был ниже среднегодовых значений. Соответственно реакция изучаемого материала была различной, особенно необходимо выделить показатели фотосинтетической деятельности и биометрических показателей. Увеличение осадков в период роста и развития растений привело к удлинению вегетационного периода основного количества изучаемых сортообразцов сои. Согласно результатам исследований изучаемый материал был разделен на 2 группы спелости (ранние и среднеранние). В таблице 1 представлены сорта сои, выделившиеся как ранние и представляющие интерес для селекции на скороспелость.

Таблица 1 – Выделившиеся сорта сои различного происхождения по оптимальным уровням прохождения межфазных периодов роста и развития и вегетационного периода, 2024 г.

№ п/н	Название сорта	Посев-всходы, суток	Всходы-цветение, суток	Цветение-созревание, суток	Вегетационный период, суток
1	Ивушка St.	17	36	49	85
2	Чера-1-3	19	35	48	83
3	Чера 1-1	19	35	48	83
4	Чера 1-2	18	36	48	84
5	Нуралем-1	17	37	42	89
6	Осмонь	20	34	48	82
7	К-0122	18	36	48	84
8	Алтом	19	35	48	83
9	Миляуша	19	35	48	83
10	Mandarin	18	36	48	84
11	Линия 97-21-1	18	36	48	84
12	Линия 61-2022-3	18	36	48	84
CV		4,64	2,13	7,83	5,11
R		3	3	14	17
σ		0,85	0,76	3,85	4,34
σ^2		0,72	0,58	14,85	18,81

Как показали исследования, условия года, в частности влажностный фон, способствовал увеличению, как межфазных периодов роста и развития сортов, так соответственно их вегетационного периода. В наших исследованиях ранняя группа спелости характеризуется длиной вегетации до 85 суток, коэффициент вариации составил 5,11%, Показатель пластичности также изменялся в зависимости от сорта, выделившийся материал сои характеризовался, как высокопластичный. При этом, показатель стабильности признака, характеризовался как стабильный. Необходимо отметить, что большая часть (51% всей изучаемой коллекции) сортообразцов сои относились к среднеранней группе спелости. Этому способствовали условия года. При этом, сортовой материал среднеранней группы спелости отличался от ранней группы спелости высокими показателями вариативности.

Фотосинтез – это ключевой процесс, обеспечивающий продуктивность растений. В ходе фотосинтеза накапливается энергия и формируются органические вещества, необходимые для роста и получения урожая [21-23]. Как показали результаты исследований, значения интенсивности фотосинтеза варьировали в зависимости от группы спелости и происхождения сортов (варьирование составило от 0,141 до 0,984). На рисунке 3 представлены выделившиеся сорта сои среди раннеспелой группы спелости (вегетационный период до 95 дней).

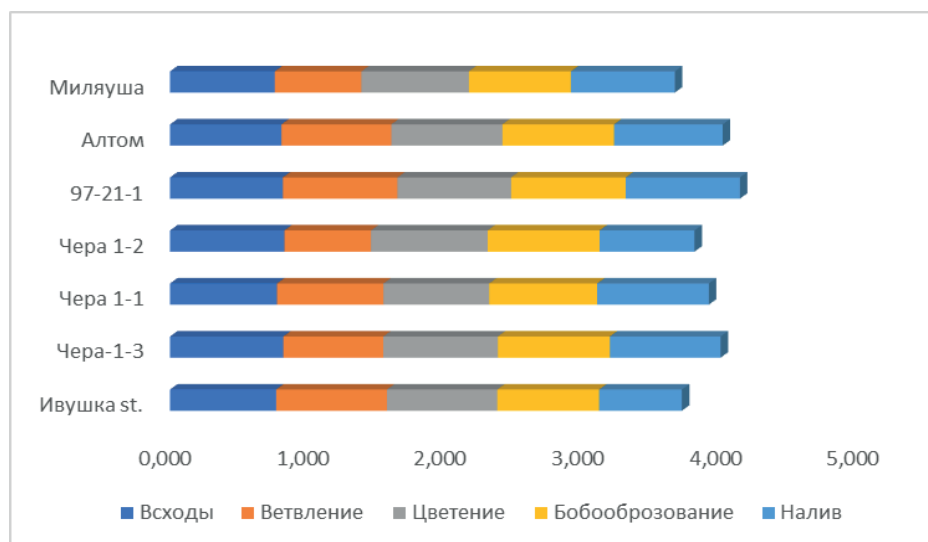


Рисунок 3 – Выделившиеся сорта сои ранней группы спелости по показателю интенсивности фотосинтеза, 2024 г.

Максимальное значение интенсивности фотосинтеза отмечается в фазу налива семян. Так как многими исследователями было доказано, что на формирование высокого значения интенсивности фотосинтеза влияют погодные условия, в частности оптимальное значение температурного и влажностного режимов. В условиях 2024 года основным лимитирующим фактором фотосинтетической деятельности является недобор суммы активных температур в период генеративной фазы роста и развития культуры и переувлажнение почвы.

Как показали результаты исследований предыдущих лет, в селекции сои для условий Северного Казахстана необходим комплексный подход как в оценке, так и при отборе исходного материала. В таблице 2 представлены выделившиеся в результате исследований сорта сои по биометрическим показателям (раннеспелая группа созревания).

Таблица 2 – Лучшие сорта сои обладающие высокими значениями биометрических показателей, 2024 г.

Название	Высота растения, см	Высота нижнего прикрепления нижнего боба, см	Количество боковых ветвей, см	Число продуктивных узлов на главном стебле, шт
Ивушка St.	25,67	7,67	3,67	4,33
Чера 1-1	43,40	7,00	0,60	10,60
Нуралем-1	41,00	7,67	2,67	7,67
Алтом	34,20	8,00	0,00	6,20
Миляуша	33,80	8,90	2,00	7,60
Дисперсия	48,47	2,21	2,24	5,28
Коэффициент вариации	18,54	21,08	85,30	32,15

Как показывают табличные данные, уровень коэффициента вариации изучаемых показателей находится на уровне достоверных данных и были стабильными, кроме показателя «Количество боковых ветвей» сортов раннеспелой группы созревания (коэффициент вариации 85,30%), что говорит о высокой его изменчивости.

Основным фактором повышения урожайности является фотосинтетическая деятельность растений. Однако, при этом высокие значения фотосинтетического потенциала способствуют низким значениям урожайности, по причине снижения продуктивности фотосинтеза сортов сои. Листовая поверхность играет большую роль в фотосинтетической деятельности и формируется в зависимости не только от условий влагообеспеченности, питания и других агротехнических элементов возделывания, но и от сортовых особенностей сои. Это динамический признак, который непрерывно изменяется в течение вегетации растений, ее оптимальное значение является решающим фактором продуктивности растений [24]. В наших исследованиях показатель количества листьев изменялся в зависимости от сорта и его происхождения, особенно на ранних сроках созревания. Максимальное значение показателя отмечается в фазу налива семян как в разрезе ранних, так и среднеранних сортов спелости (признак учитывался с фазы ветвления). На рисунке 4 представлены выделившиеся сорта сои ранней группы спелости.

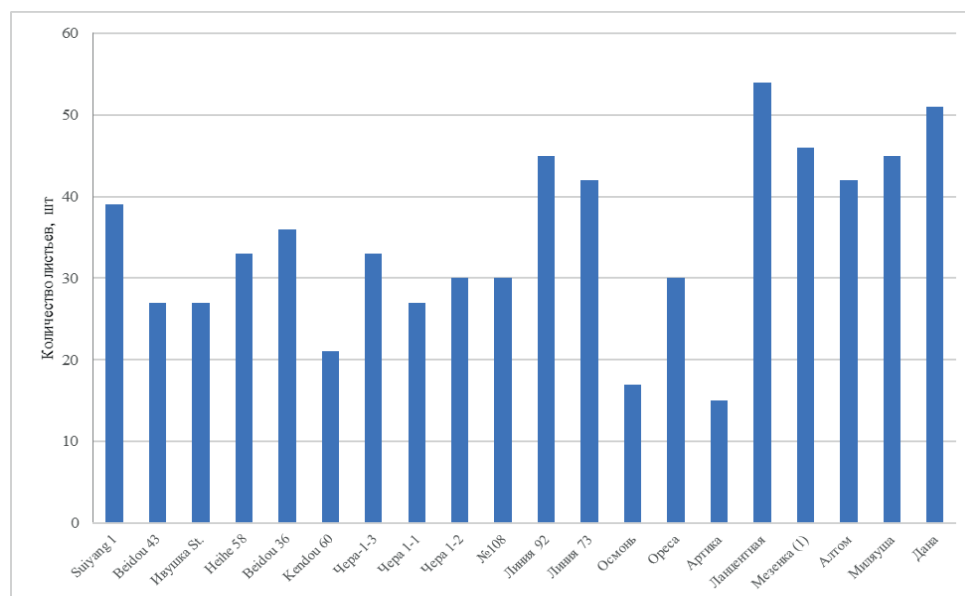


Рисунок 4 – Выделившиеся сорта сои ранней и среднеранней групп спелости по показателю количества листьев, 2024 г.

По показателю массы листьев также максимальный показатель отмечается в фазу налива семян. Показатель массы листьев аналогичен показателя количества листьев четко изменяется в зависимости от группы спелости сортов сои. На рисунке 5 представлены лучшие сорта сои с высокими значениями показателя массы листьев. Как видно из данных таблицы, максимальное количество показателя отмечается в фазу налива семян и определенной сортовой принадлежности в разрезе изучаемых сортов сои не определяется. Среднеранняя группа спелости превышает сорта ранней группы спелости по данному показателю в разрезе изучаемых фаз развития на 18-37%. Необходимо учесть, что сильный рост вегетативной массы растения, не всегда положительно влияет на продуктивность культуры и соответственно на длину вегетационного периода. Соответственно при селекции необходим тщательный отбор по данному признаку.

По показателю площади листьев необходимо отметить широкую вариативность показателей как в разрезе изучаемых сортов, так и групп спелости. Аналогичная картина отмечается и по этому признаку, максимальное значение отмечается по всем изучаемым сортам в фазу налива семян.

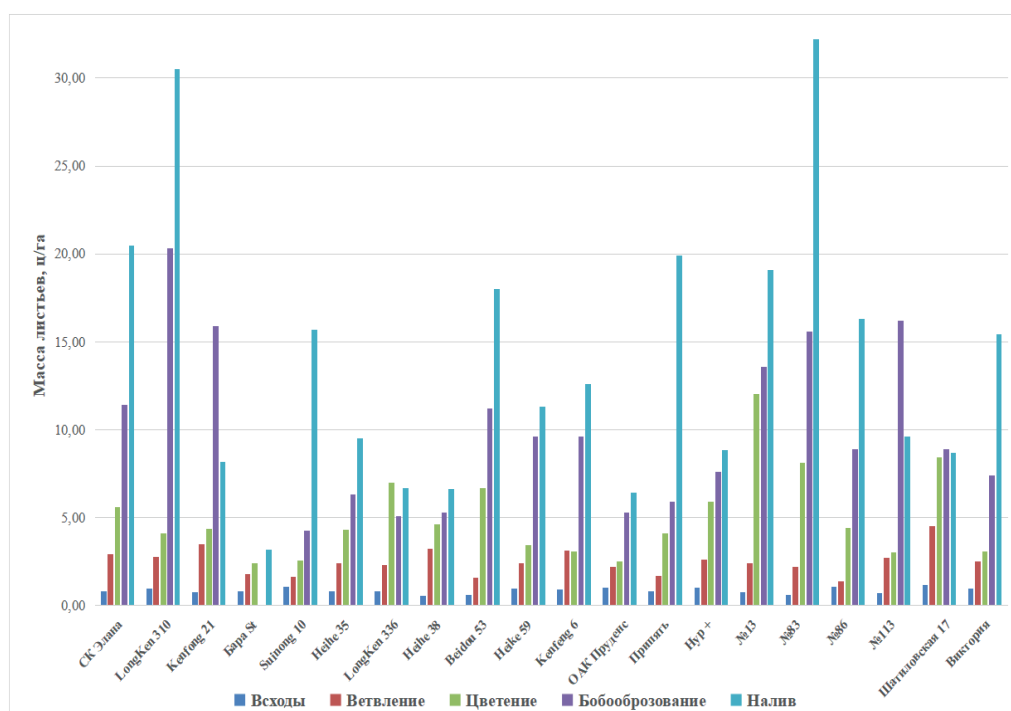


Рисунок 5 – Выделившиеся сорта сои ранней группы спелости по показателю массы листьев, 2024 г.

При проведении исследований выявлено, что сорта китайской селекции значительно отличались от сортов российской селекции, превышение составило в среднем на 18,4-46,1% и 17,9-51,3% соответственно. Также выделены ряд сортов сои с высокими значениями показателя, значительно превышающие стандартные сорта Ивушка и Бара.

Изучение длины междоузлия сортов сои различного происхождения показали, что условия года внесли свои коррективы на формирование данного признака. Необходимо учесть, что исследуемый материал относится к детерминантному и полудетерминантному типам развития. На рисунке 6 представлены лучшие сорта сои с стабильным проявлением роста согласно типу роста и длины междоузлия в разрезе групп спелости.

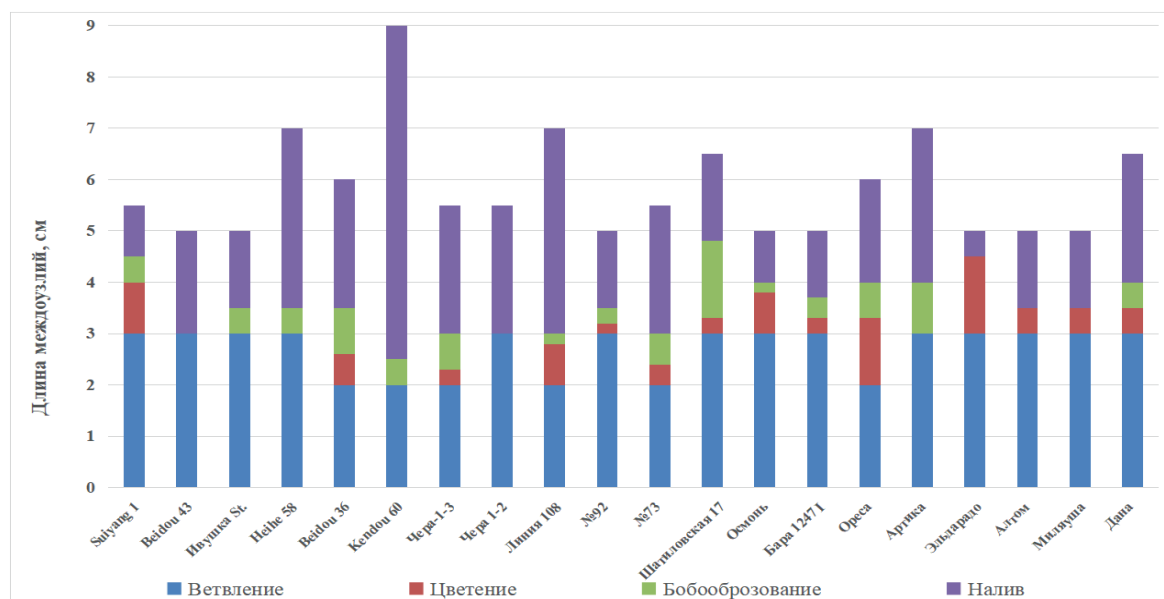


Рисунок 6 – Выделившиеся сорта сои ранней группы спелости по показателям длины стебля и длины междоузлия, 2024 г.

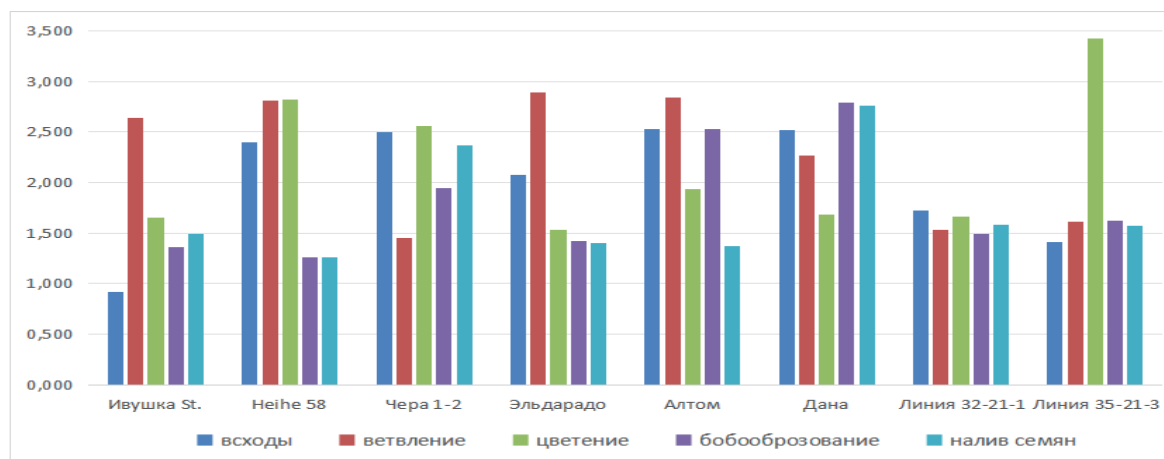
По результатам исследований выявлено, что условия в период прохождения фаз ветвления и налива сортов сои способствовали получению максимального значения по изучаемым признакам. Также, можно выделить сортовую особенность в разрезе разных групп спелости. Сорта среднеранней группы спелости отличались более высоким показателем роста и расположением, и количеством междоузлий.

Изучение сортов сои по содержанию биомассы показало, что условия 2024 года в период начального и конечного роста культуры способствовали формированию сравнительно большого количества как в разрезе изучаемых сортов, так и в разрезе групп спелости. В результате оценки сортов по показателю накопления биомассы и сухого вещества выявлена как сортовая особенность, так и их принадлежность к группам спелости. В группе ранних сортов необходимо выделить сорта Heihe 33, Мезенка и Suiyang 1. Показатели этих сортов по содержанию биомассы и сухого вещества превышали стандартный сорт Ивушка на 24,9 и 34,1% соответственно. В группе среднеранних сортов выделились сорт китайской селекции LongKen 310, Линия 78, Линия 63 отечественной селекции, которые превышали сорт Бара по показателям на 25,1 и 38,7%.

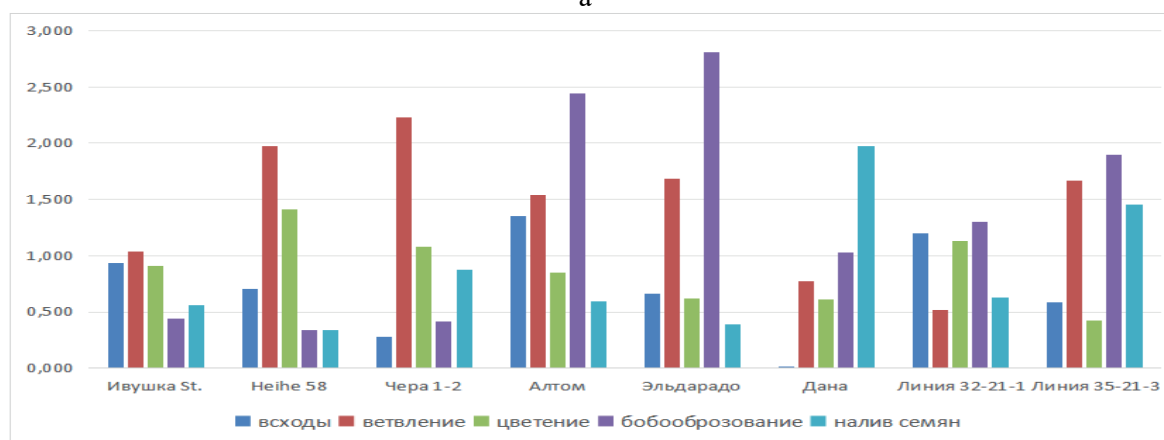
Центральным элементом фотосинтетического комплекса является хлорофилл - зеленый пигмент, играющий основную роль в фотосинтезе и являющийся важнейшим фактором метаболизма растения. Хлорофилл *a* преобразует световую энергию в энергию разделения зарядов, инициируя первый этап фотосинтеза. Хлорофилл *b*, входящий в светособирающие антенны, способствует усилению поглощения при недостатке света.

По результатам исследований многих ученых сформированное количество хлорофилла напрямую влияет на интенсивность фотосинтеза и урожайность сортов сои. Повышенное содержание хлорофилла *b* наблюдается в солнечную погоду, что обусловлено его защитной функцией, экранирующей фотосинтетически активный хлорофилл *a*. Во время световой стадии фотосинтеза поглощенная хлорофиллом энергия трансформируется в химическую [25-26].

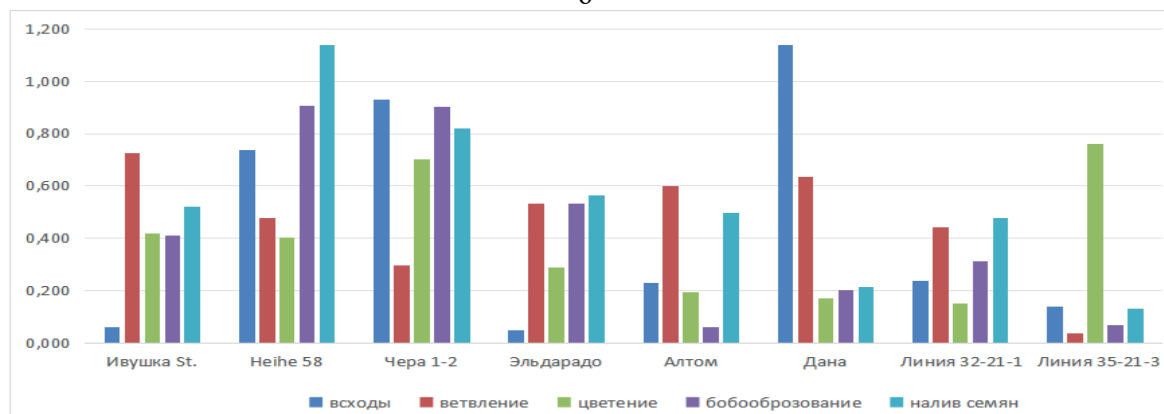
По результатам исследований выявлена сортовая специфичность по динамике содержания хлорофиллов (рисунок 7).



а



б



в

а) количество хлорофилла а, мг/г; б) количество хлорофилла б, мг/г;

в) количество каротиноидов, мг/г

Рисунок 7 – Выделившиеся сорта сои раннеспелого типа созревания по содержанию хлорофиллов а, б и каротиноидов, 2024 г.

Накопление максимального значения содержания хлорофиллов отмечается в более поздние фазы развития сортов сои. Это аналогично дополняет полученные экспериментальные данные по изучению элементов фотосинтетической деятельности, как площадь листьев, а также биометрических как накопление биомассы. По результатам исследований можно заключить, что показатели содержания хлорофиллов а и б, а также каротиноидов в 2024 году изменялись

в зависимости от сортов и их происхождения. Высоким содержанием хлорофиллов отличались сорта китайской и отечественной селекции. Превышение сортов в среднем составило 14,6-21,8% в зависимости от группы спелости.

Элементы структуры урожая являются составной частью урожайности сортов, при этом, необходимо знать их взаимосвязь с урожайностью. Как показывают исследования, большая часть элементов продуктивности обладает высоким значением коэффициента вариации, характеризуются как полигенные и соответственно их использование при изучении и создании нового исходного материала сои является перспективным [27-33]. В наших исследованиях основные показатели элементов структуры урожая - количество бобов на растении, количество зерен в бобе, масса семян с растения, масса семян с боба и крупность семян (масса 1000 семян) характеризовались больше сортовой особенностью. В таблице 3 представлены выделившиеся сорта сои с характерным комплексным проявлением элементов структуры урожая (ранняя группа спелости).

Таблица 3 – Выделившиеся сорта сои ранней группы спелости с высокими показателями элементов структуры урожая, 2024 г.

Название	Кол-во бобов на растении, шт	Кол-во зерен в бобе, шт	Масса семян с растения, г	Масса семян с боба, г	Масса 1000 семян, г
Ивушка St.	13,00	3,00	5,21	0,56	197,0
Чера 1-1	23,80	3,20	10,92	0,70	181,0
Нуралем-1	25,00	3,00	10,27	0,83	198,5
Алтом	12,00	2,20	4,90	0,48	170,5
Миляуша	18,60	3,00	9,19	0,48	199
Дисперсия	35,71	0,15	8,11	0,02	165,08
Коэффициент вариации	37,18	12,27	46,45	18,04	13,94

Из данных таблицы 3 можно отметить, что показатель коэффициента вариации среди сортов ранней группы спелости характеризовался повышенной изменчивостью по показателям количество бобов на растении (37,18%) и массы семян с растения (46,45%). Показатели количества зерен в бобе, массы семян с боба и массы 1000 семян характеризовались меньшей изменчивостью. В группе среднеранних сортов высокой изменчивостью характеризовался признак количества бобов на растении (49,96%), остальные показатели были на уровне низкой вариации.

Урожайность – это сложный, но важный показатель характеризующий сорт, как и элементы структуры урожая имеющий полигенный характер наследования. Высокая урожайность также связана с многими хозяйственно-ценными показателями высокой корреляционной связью. В наших исследованиях показатель урожайности варьировал в широких пределах 2,5...16,4 ц/га. Необходимо отметить, что повышенное количество осадков в течение вегетации культуры способствовало удлинению основных периодов роста и развития культуры и удлинению вегетационного периода основной массы изучаемых сортов сои. Погодные условия в период прохождения фаз цветение-созревание (сравнительно низкий температурный фон, повышенное количество осадков) привели к сравнительно низкой урожайности сортов более поздней группы созревания. Однако, в процессе изучения выявлены сорта российской селекции с высокими значениями урожайности – Чера, Алтом, Миляуша (урожайность была на уровне 14,1...14,7 ц/га). При этом, показатель стандартного сорта Ивушка 15,1 ц/га не показал ни один из изучаемых сортов сои. Среди сортов среднеранней группы спелости выделились сорта Beidou 36 (14,6 ц/га), Kendou 60 (13,2), Волма (14,7), Линия 108 (13,8), Линия 92 (16,4) и Линия 113 (16,2). Показатель стандартного сорта Бара составил 13,1 ц/га.

Коэффициент вариации по показателю урожайности среди сортов раннеспелой группы созревания CV-21,18%, среди сортов среднеранней группы созревания CV-5,51%. Выделившиеся в результате исследований сорта сои могут быть рекомендованы для включения в селекционный

процесс как высокоурожайные. Как показали результаты исследования, в раннеспелой группе созревания высокой изменчивостью (CV) отличались показатели элементов структуры урожая, биометрические показатели и урожайность сортов и характеризовались низким значением изменчивости CV-12,27...21,18%. В группе среднеранних сортов сои выделились сорта китайской селекции Beidou 41, Kendou 61, Beidou 14 и сорт российской селекции Белгородская 8. В отличие от сортов ранней группы созревания, в этой группе высокой изменчивости подвержены многие биометрические показатели, элементы структуры урожая CV-33,1...51,4%. Полученные экспериментальные данные доказывают и результаты корреляционных связей изучаемых хозяйственно-ценных признаков с урожайностью. Корреляционные связи между показателями структуры урожая, вегетационного периода и урожайностью в разрезе раннеспелой группы созревания показала наименьшее количество связей, характеризующихся как «сильные», значения выше коэффициента $r=0,6$. Высокими значениями корреляционной связи характеризовались показатели – количество бобов, масса семян с растения и масса 1000 семян и число продуктивных узлов ($r=0,51...0,87$).

Необходимо выделить длину вегетационного периода с высокой корреляционной связью с элементами структуры урожая $r=0,64...0,97$, при этом корреляционная связь с урожайностью составила слабую отрицательную связь $r=-0,27$. Согласно полученных экспериментальных данных и результатов корреляционных связей между изучаемыми хозяйственно-ценными признаками, можно сделать следующий вывод, что для формирования высокой урожайности сортов сои в условиях Северного Казахстана необходим тщательный отбор особенно по тем показателям, где формируются сильные отрицательные связи.

Для выявления сортов сои для практической селекции и обозначения фактора, влияющего на формирование высокой урожайности проведен PCA биplot анализ. PCA биplot анализ рассмотрен по 2 группам спелости. Как показали исследования, группы спелости отличаются влиянием факторов при формировании урожайности, так в раннеспелой группе созревания РС-1 влияние генотипа было 43,50%, РС-2 влияние условий среды составило 35,02%. В группе среднеранних сортов влияние генотипа (РС-1) составило 39,23%, а влияние среды (РС-2) составило 34,21%. Можно заключить, что для условий севера Казахстана при формировании высокой продуктивности необходимо учитывать многие хозяйственно-ценные признаки и свойства генотипа, с учетом условий возделывания, и тщательный отбор на ранних стадиях селекционного процесса. Результаты дисперсионного анализа подтверждают достоверность проведенных исследований (таблица 4).

Таблица 4 – Дисперсионный анализ сортов сои по показателю урожайности, 2024 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	F_{05}
Общая	3018,46	314			
Повторность	101,28	3			
Вариант	1876,04	112	21,3	3,07	2,1
Остаток (ошибки)	5,44	189	0,02		

Результаты дисперсионного анализа при группировке данных по признаку урожайности при доверительной вероятности 0,05 (5% - уровень) показали, что различия между дисперсиями находятся в достоверных пределах. Ошибка опыта составляет 0,1%, НСР (05)-0,42.

Заключение

В результате изучения сортов сои различного генетического происхождения наиболее приспособленными к погоднo-климатическим условиям Северного Казахстана были сорта Чера (Россия), Ивушка (Россия), Алтом (Россия), Heihe 33 (Китай), Миляуша (Россия), Нуралем-1 (Казахстан), Линия 97-21-1 (Казахстан), Линия 61-2022-3 (Казахстан), Мезенка (Россия) и Suiyang 1 (Китай). Представленные сорта сои характеризовались сравнительно высокой урожайностью (11,6...16,4 ц/га) и высокими значениями изучаемых хозяйственно-ценных признаков. В условиях

2024 года выявлена высокая корреляционная связь между некоторыми показателями элементов структуры урожая (количество бобов и масса семян с растения, масса 1000 семян, число продуктивных узлов) и урожайностью. Корреляционная зависимость составила $r=0,51\dots 0,87$.

Согласно результатам исследований, можно сделать следующий вывод, что для формирования высокой урожайности сортов сои в условиях Северного Казахстана необходим тщательный отбор сортов по изучаемым хозяйственно-ценным признакам, при этом необходимо учитывать показатели с высокой корреляционной связью. Выделенные в результате исследований сорта сои могут быть использованы в практической селекции при создании нового исходного материала для условий Северного Казахстана.

Вклад авторов

ГА: постановка задачи, разработка методологии исследования, анализ данных и написание основной части статьи. Ю, БА, ДС: проведение полевых экспериментов, сбор и обработка данных, участие в анализе результатов. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Информация о финансировании

Исследования выполнены в рамках ПЦФ МОН РК на 2024-2026 гг. BR24992903 «Практическое внедрение современных молекулярно-генетических, физиолого-биохимических, биотехнологических методов и цифрового фенотипирования в селекцию экономически значимых сельскохозяйственных культур».

Список литературы

- 1 Тлеулина, ЗТ, Омелянюк, ЛВ, Кипшакбаева, ГА. (2023). Комплексная оценка сортов сои мировой селекции в условиях Северного Казахстана. *Масличные культуры*, 1(193), 26-32.
- 2 Vinnichuk, L., Pogorelova, E., Dergunov, A. (2019). Oilseed market: Global trends. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 274(1), 012030.
- 3 Кипшакбаева, ГА, Гончаров, СВ, Тлеулина, ЗТ. (2023). Перспективные направления селекции сои в условиях Северного Казахстана. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2(46), 46-58.
- 4 Kipshakbayeva, G., Zargar, M., Rysbekova, A., Ashirbekova, I., Tleulina, Z., Amantayev, B., Nejad, MS. (2024). Assessment of the genetic parameters of soybean genotypes for precocity and productivity in the various cultivation conditions. *Heliyon*, 10(16). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023. e13195.
- 5 Гончаров, СВ, Кипшакбаева, ГА. (2023). Перспективы развития сортимента сои в Республике Казахстан. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 4(48), 34-41.
- 6 Djanaguiraman, M., Schapaugh, W., Prasad, PVV, Fritsch, F., Nguyen, H. (2019). Reproductive success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars and exotic lines under high daytime temperature. *Plant, Cell & Environment*, 42(S1-2), 321-336.
- 7 Кипшакбаева, ГА, Амантаев, БО, Тлеулина, ЗТ, Жанбыршина, НЖ, Кульжабаев, ЕМ. (2022). Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана. *Аграрный вестник Урала*, 2(217), 40-47.
- 8 Boote, KJ. (2011). Improving soybean cultivars for adaptation to climate change and climate variability. *Crop Adaptation to Climate Change*, 370-395.
- 9 Ramirez-Villegas, J., Koehler, AK, Challinor, AJ. (2017). Assessing uncertainty and complexity in regional-scale crop model simulations. *European Journal of Agronomy*, 88, 84-95.
- 10 Вишнякова, МА, Сеферова, ИВ, Буравцева, ТВ. (2018). Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания (2-е изд., перераб. и доп.). Санкт-Петербург: ВИР.
- 11 Глухих, МА. (2022). *Земледелие: Практикум (2-е изд., стер.)*. Санкт-Петербург: Лань.
- 12 Fehr, W., Caviness, C. (1977). *Stages of soybean development*. Iowa State University.

13 Корсаков, НИ., и др. (1975). *Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур*. Л.: ВИР.

14 Ничипорович, АА, Кузьмин, ЗЕ, Полозова, ЛЯ. (1969). *Методические указания по учёту и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах*. Москва: 94.

15 Третьяков, НН, Карнаухова, ТВ, Паничкин, ЛА. (1990). *Практикум по физиологии растений*. Москва: Агропромиздат, 272.

16 Масличные культуры. Способ гибридизации сои. Пат. СССР. МКИ А 01 Н 1/02. Кочегура, А.В, Зеленцов, С.В, Клыков, В.В.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное объединение «Масличные культуры» заяв. 29.06.1989; опубл. 30.05.1991. Бюл. № 20.

17 Зенищева, ЛС. (1968). Наследуемость количественных признаков, определяющих устойчивость растений к полеганию. *Сельскохозяйственная биология*, 3(5), 780-794.

18 Tleulina, ZT, Kipshakbayeva, GA, Oshergina, IP, Ten, EA, Amantayev, BO. (2023). Морфобиологическая оценка сортов сои различного происхождения в условиях Северного Казахстана. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university: Multidisciplinary*, 2 (117), 225-238.

19 Eberhart, SA, Russel, WA. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36-40.

20 Анищев, НИ, Кобылянский, ВД, Сафонова, ИВ. (2016). Оценка экологической стабильности и пластичности новых сортов озимой ржи в условиях северо-западного региона. *Евразийский Союз Ученых*, 3, 118-121.

21 Тринеева, ОВ, Сливкин, АИ. (2019). Изучение жирнокислотного состава растительных масел и масляных экстрактов фармацевтического назначения методами ГЖХ и ИКС. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 16(2), 255-65.

22 Прудников, СМ, Фокина, НВ, Соколов, ПВ. (2006). Определение содержания олеиновой кислоты в триацилглицеринах масла семян подсолнечника. *Известия вузов. Пищевая технология*, 2-3, 96-97.

23 Цыганок, НС, Казыдуб, НГ. (2011). Изучение сортов фасоли овощной селекции ВНИИССОК в Западной Сибири. *Аграрный вестник Урала*, 5, 21-24.

24 Мамсиров, НИ, Мнатсаканян, АА. (2021). Перспективные сорта сои и элементы их агротехники. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*, 3(101), 55-63.

25 Козлов, АА, Романов, БВ, Сеферова, ИВ. (2022). Вегетационный период и основные морфометрические признаки коллекционного материала сои в условиях Приазовья. *Аграрный вестник Урала*, 4(219), 14-25.

26 Балакай, ГТ, и др. (2019). Пути совершенствования элементов технологии возделывания сои. *Мелиорация и гидротехника*, 4(36), 100-120.

27 Головина, ЕВ, Зеленев, АА. (2020). Физиологические особенности сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР. *Аграрная наука*, 343(11), 89-96. DOI:10.32634/0869-8155-2020-343-11-52-60

28 Коломейченко, ВВ, Беденко, ВП. (2008). Теория продукционного процесса растений и фитоценоза. *Вестник Орел ГАУ*, 4, 17-21.

29 Шестакова, ЕО, Ерошенко, ФВ, Сторчак, ИГ, Оганян, ЛР, Чернова, ИВ. (2020). Влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы и ее урожайность. *Аграрный вестник Урала*, 5(196), 27-37.

30 Некрасов, АЮ. (2020). Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 1(181), 48-52.

31 Voldeng, HD, et al. (1997). Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. *Crop Science*, 37(2), 428-431.

32 Енкен В.Б. (1963). *Возможности возделывания сои в Западной Сибири*. Соя, 134-188.

33 Шафигуллин, ДР, и др. (2017). Сопряженность количественных признаков и показателей скороспелости селекционных линий сои овощного и технического направлений. *Аграрная Россия*, 9, 2-8.

References

- 1 Tleulina, ZT, Omel'yanyuk, LV, Kipshakbaeva, GA. (2023). Kompleksnaya ocenka sortov soi mirovoi selekcii v usloviyah Severnogo Kazakhstana. *Maslichnye kul'tury*, 1(193), 26-32.
- 2 Vinnichuk, L., Pogorelova, E., Dergunov, A. (2019). Oilseed market: Global trends. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 274(1), 012030.
- 3 Kipshakbaeva, GA, Goncharov, SV, Tleulina, ZT. (2023). Perspektivnye napravleniya selekcii soi v usloviyah Severnogo Kazakhstana. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2(46), 46-58.
- 4 Kipshakbayeva, G., Zargar, M., Rysbekova, A., Ashirbekova, I., Tleulina, Z., Amantayev, B., Nejad, MS. (2024). Assessment of the genetic parameters of soybean genotypes for precocity and productivity in the various cultivation conditions. *Heliyon*, 10(16). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e13195.
- 5 Goncharov, SV, Kipshakbaeva, GA. (2023). Perspektivy razvitiya sortimenta soi v Respublike Kazakhstan. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 4(48), 34-41.
- 6 Djanaguiraman, M., Schapaugh, W., Prasad, PVV, Fritsch, F., Nguyen, H. (2019). Reproductive success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars and exotic lines under high daytime temperature. *Plant, Cell & Environment*, 42(S1-2), 321-336.
- 7 Kipshakbaeva, GA, Amantayev, BO, Tleulina, ZT, Zhanbyrshina, NZH, Kulzhabaev EM. (2022). Izucheniye i sozdaniye iskhodnogo materiala soi v usloviyakh Severnogo Kazakhstana. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2(217), 40-47.
- 8 Boote, KJ. (2011). Improving soybean cultivars for adaptation to climate change and climate variability. *Crop Adaptation to Climate Change*, 370-395.
- 9 Ramirez-Villegas, J., Koehler, AK, Challinor, AJ. (2017). Assessing uncertainty and complexity in regional-scale crop model simulations. *European Journal of Agronomy*, 88, 84-95.
- 10 Vishnyakova, MA, Seferova, IV, Buravceva, TV. (2018). *Kollekciya mirovyyh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolneniye, sohraneniye i izucheniye: metodicheskie ukazaniya* (2-e izd., pererab. i dop.). Sankt-Peterburg: VIR.
- 11 Gluhikh, MA. (2022). *Zemledeliye: Praktikum* (2-e izd., ster.). Sankt-Peterburg: Lan'.
- 12 Fehr, W., Caviness, C. (1977). *Stages of soybean development*. Iowa State University.
- 13 Korsakov, NI., i dr. (1975). *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollektsii zernovykh bobovykh kul'tur*. L.: VIR.
- 14 Nichiporovich, AA, Kuz'min, ZE, Polozova, LYA. (1969). *Metodicheskie ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhneyshikh pokazateley processov fotosinteticheskoy deyatel'nosti rasteniy v posevakh*. Moskva: 94.
- 15 Tret'yakov, NN, Karnauhova, TV, Panichkin, LA. (1990). *Praktikum po fiziologii rasteniy*. Moskva: Agropromizdat, 272.
- 16 Maslichnye kul'tury. Sposob gibrizatsii soi. Pat. SSSR. MKI A 01 H 1/02. Kochegura, A.V, Zelencov, S.V, Klykov, V.V.; zayavitel' i potentoobladatel' Nauchno-proizvodstvennoye ob#edineniye «Maslichnye kul'tury» zayav. 29.06.1989; opubl. 30.05.1991. Byul. № 20.
- 17 Zenishcheva, LS. (1968). Nasleduemost' kolichestvennykh priznakov, opredelyayushchikh ustojchivost' rasteniy k poleganiyu. *Sel'skohozyaystvennaya biologiya*, 3(5), 780-794.
- 18 Tleulina, ZT, Kipshakbayeva, GA, Oshergina, IP, Ten, EA, Amantayev, BO. (2023). Morfobiologicheskaya ocenka sortov soi razlichnogo proiskhozhdeniya v usloviyah Severnogo Kazakhstana. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university: Multidisciplinary*, 2 (117), 225-238.
- 19 Eberhart, SA, Russel, WA. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36-40.
- 20 Anis'kov, NI, Kobylyanskii, VD, Safonova, IV. (2016). Ocenka ekologicheskoy stabil'nosti i plastichnosti novyyh sortov ozimoi rzhii v usloviyah severo-zapadnogo regiona. *Evrasiiskii Soyuz Ucheniy*, 3, 118-121.
- 21 Trineeva, OV, Slivkin, AI. (2019). Izucheniye zhirmokislotoy sostava rastitel'nykh masel i maslyanykh ekstraktov farmacevticheskogo naznacheniya metodami GZHKH i IKS. *Sorbtsionnye i hromatograficheskiye processy*, 16(2), 255-265.
- 22 Prudnikov, SM, Fokina, NV, Sokolov, PV. (2006). Opredeleniye soderzhaniya oleinoy kisloty v triacilglicerinakh masla semyan podsolnechnika. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, 2-3, 96-97.

- 23 Cyganok, NS, Kazydub, NG. (2011). Izuchenie sortov fasoli ovoshchnoi selekcii VNISSOK v Zapadnoi Sibiri. *Agrarnyi vestnik Urala*, 5, 21-24.
- 24 Mamsirov, NI, Mnatsakanyan, AA. (2021). Perspektivnye sorta soi i elementy ih agrotekhniki. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN*, 3(101), 55-63.
- 25 Kozlov, AA, Romanov, BV, Seferova, IV. (2022). Vegetacionnyi period i osnovnye morfometricheskie priznaki kollekcionnogo materiala soi v usloviyah Priazov'ya. *Agrarnyi vestnik Urala*, 4(219), 14-25.
- 26 Balakai, GT, i dr. (2019). Puti usovershenstvovaniya elementov tekhnologii vozdel'yvaniya soi. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, 4(36), 100-120.
- 27 Golovina, EV, Zelenov, AA. (2020). Fiziologicheskie osobennosti sortov soi severnogo ekotipa, vozdel'yvaemyh v usloviyah CCHR. *Agrarnaya nauka*, 343(11), 89-96. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-343-11-52-60.
- 28 Kolomejchenko, VV, Bedenko, VP. (2008). Teoriya produkcionnogo processa rastenii i fitocenoza. *Vestnik Orel GAU*, 4, 17-21.
- 29 SHestakova, EO, Eroshenko, FV, Storchak, IG, Oganyan, LR, CHernova, IV. (2020). Vliyanie razlichnyh elementov tekhnologii vozdel'yvaniya na sodержanie hlorofilla v rasteniyah ozimoi pshenicy i ee urozhainost'. *Agrarnyi vestnik Urala*, 5(196), 27-37.
- 30 Nekrasov, AYU. (2020). Soya: istochniki iz kollekcii geneticheskikh resursov VIR. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selekcii*, 1(181), 48-52.
- 31 Voldeng, HD, et al. (1997). Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. *Crop Science*, 37(2), 428-431.
- 32 Enken, VB. (1963). Vozmozhnosti vozdel'yvaniya soi v Zapadnoi Sibiri. *Soya*, 134-188.
- 33 Shafigullin, DR, i dr. (2017). Sopryazhennost' kolichestvennyh priznakov i pokazatelei skorospelosti selekcionnyh linii soi ovoshchnogo i tekhnicheskogo napravlenii. *Agrarnaya Rossiya*, 9, 2-8.

Солтүстік Қазақстан жағдайында шығу тегі әртүрлі майбұршақ сорттарын бағалау нәтижелері

Кипшакбаева Г.А., Әшірбекова І.Ә., Амантаев Б.О., Сәбит Д.М.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Солтүстік Қазақстан агроклиматтық жағдайларының күрделілігі сояның өнімділігіне әсер етеді. Майбұршақ сорттарының генетикалық ерекшеліктері мен олардың осы жағдайларға бейімделуін зерттеу өнімділікті арттыру үшін маңызды. Зерттеудің мақсаты - майбұршақ сорттарын негізгі шаруашылық құнды белгілер бойынша кешенді бағалау арқылы селекцияда пайдалануға болатын перспективті сорттарды анықтау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС (А.И. Бараева атындағы АШҒӨО) селекциялық танабында жүргізілді. Зерттеуде шығу тегі әртүрлі майбұршақ сорттары (Ресей, Қазақстан, Қытай) қарастырылды. Мәліметтерді жинақтау мен талдау жалпы қабылданған әдістемелер бойынша жүргізілді, ал дисперсиялық талдау Statistica 10 бағдарламасында жүзеге асырылды. Айырмашылықтардың дәлділігі $P \leq 0,05$ болған жағдайда бағаланды.

Нәтижелер. Майбұршақ сорттарының өнімділігі пісіп жетілу тобына байланысты 2,5-тен 16,4 ц/га аралығында өзгерді. Ауа райының жағдайы өсіп-даму фазаларын ұзартып, вегетациялық кезеңді арттырды. Орнатылған байланыстар: Вегетациялық кезең ұзақтығы мен өнім құрылымының элементтері арасында күшті оң байланыс ($r = 0,64-0,97$) бар. Ал, вегетациялық кезең ұзақтығы мен өнімділік арасында әлсіз теріс байланыс ($r = -0,27$) анықталды. Өнімділіктің вариация коэффициенті ерте пісетін сорттар үшін $CV = 21,18\%$ және орташа ерте пісетін сорттар үшін $CV = 5,51\%$ болды.

Қорытынды. Зерттеулер май сорттарының өнімділігінің олардың генетикалық ерекшеліктері мен егіс жағдайларына байланысты айтарлықтай өзгеретінін көрсетті. 2024 жылы жоғары

өнімділік өнім құрылымының элементтерімен тығыз байланысты болды, бұл күшті корреляциялық байланыс арқылы расталды. Солтүстік Қазақстан жағдайында жоғары өнімді майбұршақ сорттарын селекцияда пайдалану үшін ерте және орташа ерте пісетін сорттар перспективті деп танылды.

Кілт сөздер: майбұршақ; вегетациялық кезең; фотосинтетикалық белсенділік; шаруашылық құнды белгілер; өнімділік.

Results of the Evaluation of Soybean Varieties of Different Origins in the Conditions of Northern Kazakhstan

Gulden A. Kipshakbaeva, Ingkar Ä. Ashirbekova, Bekzak O. Amantaev, Dana M. Sabit

Abstract

Background and Aim. Northern Kazakhstan is characterized by challenging agro-climatic conditions that impact soybean productivity. Studying the genetic traits and adaptability of soybean varieties from various origins is essential for improving yields. This study aimed to perform a comprehensive evaluation of soybean varieties based on key agronomic traits to identify promising candidates for breeding.

Materials and Methods. The research was carried out at the breeding station of the A. I. Barayev Scientific Research Institute of Grain Farming LLP (A.I. Baraev SPCGF). Soybean varieties of Russian, Kazakhstani, and Chinese origin were evaluated. Data were collected using standard methodologies, and analysis of variance was performed using Statistica 10 software. Differences were considered statistically significant at $P \leq 0.05$.

Results. Yields ranged from 2.5 to 16.4 c/ha, depending on the maturity group. Weather conditions extended the developmental phases, thereby lengthening the growing season. A strong positive correlation was found between the growing season length and yield structure elements ($r = 0.64-0.97$), while the correlation between growing season length and actual yield was weakly negative ($r = -0.27$). The coefficient of variation (CV) for yield was 21.18% for early-maturing varieties and 5.51% for medium-early varieties.

Conclusion. The study demonstrated that soybean productivity varied significantly based on their genetic characteristics and environmental conditions. In 2024, high yields were primarily associated with yield structure elements, as confirmed by strong correlations. Several promising early- and medium-early maturing varieties were identified as suitable candidates for breeding high-yield soybean cultivars in Northern Kazakhstan.

Keywords: soybean; growing season; photosynthetic activity; agronomically valuable traits; yield.