**УДК 630*161.4:633.34 (045)** **Исследовательская статья**

# Влияние морфо-биологических показателей на продуктивность сортов сои в условиях Северного Казахстана

**Кипшакбаева Г.А., Сабит Д., Әшірбекова І.Ә., Кадринов М.Х.**

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина»
Астана, Казахстан

**Автор-корреспондент:** Кипшакбаева Г.А.: g.kipshakbayeva@kazatu.edu.kz
**Соавторы:** (1: ДС) onlyforworkdns@gmail.com; (2: ІӘ) i.ashirbekova@kazatu.edu.kz
(3: МК) m.kadrinov@kazatu.edu.kz

**Получено:** 06.08.2026 **Принято:** 28.09.2026 **Опубликовано:** 30.09.2026

**Авторские права:** Кипшакбаева Г.А. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

**Аннотация**

Предпосылки и цель. Исследования направлены на оценку влияния морфолого-биологических признаков на формирование продуктивности сортов сои различных групп спелости в условиях Северного Казахстана в виду необходимости расширения культуры. Как известно, ограничивающим фактором для ее внедрения является дефицит тепла, влаги и сортового материала. Цель исследований – определить влияние морфо-биологических признаков на формирование продуктивности сортов сои и выявить формы с высокими адаптивными показателями для практической селекции.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в условиях сухо-степной зоны на базе ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева» (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. Исследования показали, что выраженность морфо-биологических признаков определяется взаимодействием генотипа и условий среды (в среднем по показателям 72%). Биометрические показатели, в частности, содержание биомассы являются основными показателями, влияющие на увеличение вегетационного периода и получения высокого урожая ($r = 0,68…0,99$). Также, выявлены основные элементы структуры урожая, влияющие на формирование высокой урожайности зерна. Анализ урожайности сортов различных групп спелости показал их высокую вариативность в зависимости от группы спелости.

Заключение. Исследования показали, что высокие значения исследуемых признаков отмечались в группе ультраранних сортов, где урожайность превышала на 6,0 ц/га (46%). Ультраранняя группа также характеризовалась устойчивым проявлением изучаемых показателей, что обусловлено биологическими особенностями группы и их реакцией на условия стресса. Выявленные в результате исследований сортообразцы сои рекомендуются для использования в практической селекции с целью повышения продуктивности и стабильности сортов сои для условий Северного Казахстана.

**Ключевые слова:** сорт; соя; оценка; урожайность; стабильность.

## Введение

Мировая площадь посевов сои превышает 100 млн га, выращивают ее в основных земледельческих регионах 90 стран мира. Культура занимает первое место в мировых ресурсах производства масла, шрота, и комбикормов имеет большой удельный вес в региональных и национальных продовольственных программах [1, 2]. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан соя имеет не более 4% от всех посевных площадей масличных

культур и преимущественно на юге страны распространены и посевные площади и высокие показатели урожайности как в условиях полива, так и на богаре. Северный регион представлен сравнительно меньшим показателем, однако высокий спрос на культуру формирует и основные требования к сортам, селекция которой не распространена в конкретных условиях.

Соя не возделывалась в условиях севера Казахстана в большей части из-за климатических особенностей региона. Более широкому внедрению культуры на север страны препятствуют стрессовые условия – ограниченность тепловых и влажностных ресурсов, а также отсутствие налаженной селекционной и семеноводческой деятельности. Недостаток отечественных адаптированных сортов сои остаётся ключевым фактором ограничивающих полноценное внедрение диверсификации АПК в сегменте масличных культур, такой культуры как соя [3, 4, 5, 6, 7].

Основой формирования потенциальной урожайности сои является обеспечение ее биологических потребностей в факторах внешней среды и агроклиматических условиях зоны Северного Казахстана. Ключевым фактором является уровень теплового обеспечения и влажностный режим как на отдельных этапах роста и развития, так и в течение всего вегетационного периода культуры. Исследования показывают, что воздействии этих факторов на вариабельность урожайности составляет в целом 60–80%, в сравнении с другими не менее важными факторами, определяющими продукционный процесс [8, 9].

Потепление климата и рост сумм активных температур в регионе Северного Казахстана создают более благоприятные условия для селекции сои на устойчивость к абиотическим стрессам, снижению чувствительности к фотопериоду и повышению адаптационной способности к агроклиматическим особенностям зоны [10, 11].

Цель исследований – изучение влияния основных морфо-биологических показателей на продуктивность сортов сои в условиях Северного Казахстана изучение физиологических особенностей формирования продуктивности сортов сои различных групп спелости в условиях Северного Казахстана.

## Материалы и методы

Исследования проводили в условиях опытного поля в НПЦЗХ им. А.И. Бараева (Акмолинская область, Шортандинский район) в подзоне засушливой степи на южных карбонатных легкосуглинистых черноземов.

В качестве объектов исследований использовали коллекцию генотипов различного происхождения в количестве 252 сортообразцов. Закладку полевого опыта проводили по методическим указаниям Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) [12]. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по методике *Селянинова Г.Т.* [13], используя данные о среднесуточных температурах воздуха и суточных суммах осадков, полученные с метеостанции METUS.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием сои проводились в соответствии с методикой, описанной *W.R. Fehr* and *C.E. Cavines* [14]. По каждому образцу отбирали по 25 растений и проводили анализ по элементам структуры урожая [15].

Высоту растений измеряли переносной рейкой длиной 130 см с точностью до 1 см, при этом значения от 0,5 см и выше округлялись до ближайшего сантиметра. Высота прикрепления нижних бобов определялась путем измерения расстояния от места прикрепления нижнего боба до корневой шейки.

Биомассу растений и площади листьев зернобобовых культур определяли по методике *Ничипоровича А.А.* [16].

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.

Обработку полученных результатов исследований на достоверность осуществляли с использованием многофакторного метода дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и пакета программ Statistica 10. Различия полученных результатов возможны при уровне значимости $P \leq 0,05$ по критерию Стьюдента.

Погодные условия 2025 года характеризовались как неблагоприятные для роста и развития культуры сои согласно высокого температурного фона в первый период развития, превышение температурного фона составило в среднем до 5–6 °С, что, в свою очередь, определялось реакцией изучаемых сортов сои. Физиологический стресс отмечался как в первый период развития, так и в в фазы вегетативного роста, что сказалось в первую очередь на высоте растений особенно индетерминантных сортов. Температурный и влажностный режимы в период вегетации культуры сои представлен на рисунке 1.

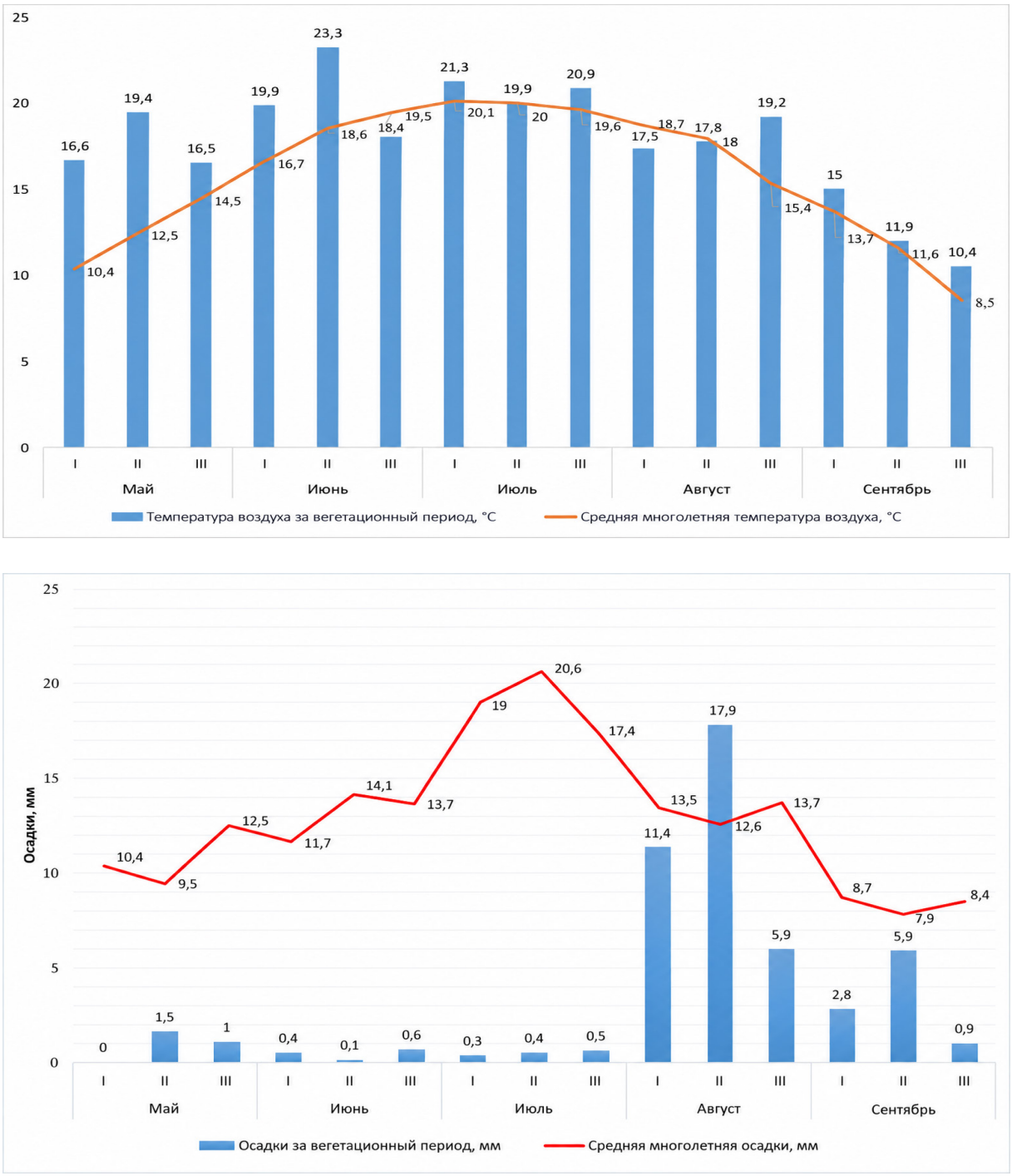



**Рисунок 1.** Температурный и влажностный режимы в период роста и развития сортов сои, 2025 г.

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2025 года существенно отличались от среднемноголетних значений и в целом носили стрессовый характер для изучаемых сортов сои. Температурный фон на протяжении вегетационного периода был повышенным,

а влагообеспеченность крайне недостаточной, особенно в критические фазы онтогенеза и характеризовался повышенным температурным фоном и резким дефицитом влаги. Средняя температура составила +17,9 °С, что на 2 °С выше среднемноголетней. Сумма осадков за период вегетации была крайне низкой – 49,6 мм (дефицит составил 144,1 мм). Засушливые и жаркие условия в мае-июле совпали с критическими фазами развития сои и негативно отразились на последующем росте и развитии культуры, особенно среднеранней группы спелости. Осадки во второй половине вегетации частично смягчили стресс сортов более поздней группы спелости, однако в целом, погодные условия оцениваются как неблагоприятные для реализации продуктивного потенциала сорто в сои. При этом, необходимо отметить закономерную зависимость между температурой и количеством выпавших осадков. Эти заключения подтверждаются показателями ГТК и суммы эффективных температур в каждой декаде месяца за вегетационный период. Необходимо отметить, крайнюю их засушливость в фазы вегетативного роста, особенно отметить во время прохождения фаз цветения и налива культуры. Эти критические фазы роста и развития проходили в жёстких температурных условиях, дополнительной нагрузкой отмечается жёсткие условия ГТК, характеризующиеся как сухие. Увеличение осадков в конце вегетации привело к значительной реакции сортов индетерминантного типа развития (дополнительное ветвление, обильное цветение и увеличение биомассы) привело к удлинению их вегетации. Однако, учитывая условия года удалось изучить коллекционный материал на устойчивость к абиотическим факторам в условиях Северного Казахстана.

## Результаты

Продолжительность вегетационного периода и его структура определяют приспособленность сорта к условиям данной климатической зоны. По нашим данным и по мнению других исследователей [4, 9, 17, 18], 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. Как описывалось выше, условия вегетации 2025 года отличались от условий предыдущих годов исследований и характеризовались как остро засушливые. Выпавшие в конце вегетации осадки усложнили уборочные работы более ранних групп и затягиванию фазы спелости сортов поздних групп спелости. Распределение сортообразцов коллекции по группам спелости представлено на рисунке 2.

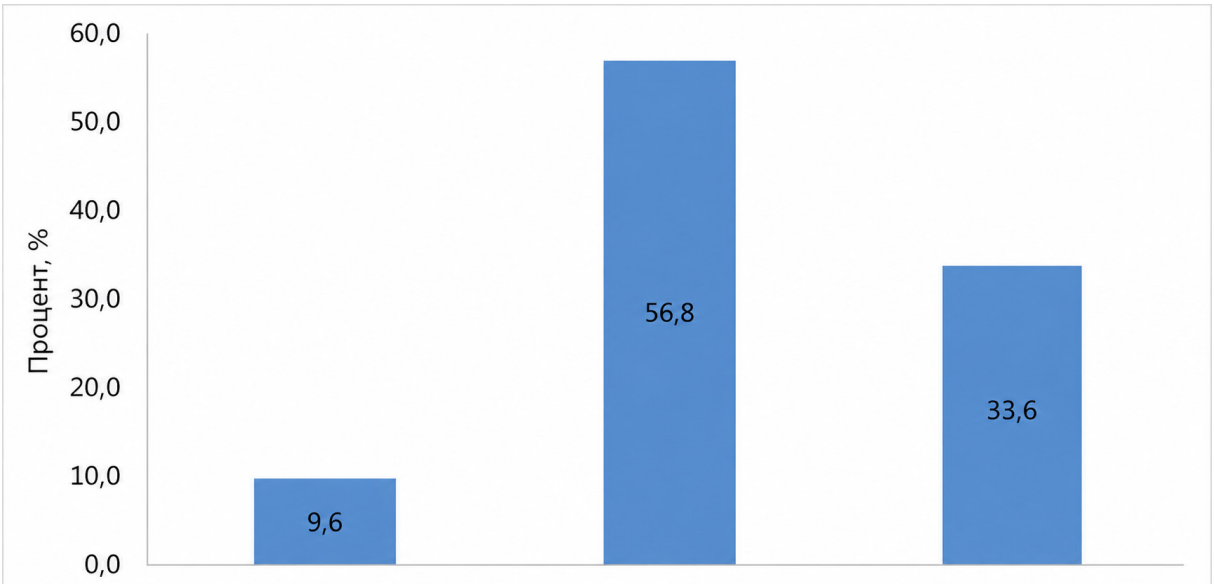



**Рисунок 2.** Гистограмма распределения коллекционного материала по группам спелости в процентном соотношении, 2025 г.

Ультраранняя группа спелости включала наименьшее число сортообразцов сои (9,6%), представленных в основном сортами российской и отечественной селекции. Длина

вегетационного периода составляла до 89 дней, при низкой изменчивости признака (CV – 1,99; $\sigma^2$=3,99). Засушливые условия вегетации способствовали его сокращению по сравнению с предыдущими годами. Ранняя группа спелости была наиболее многочисленной, что соответствует селекционной направленности для условий Северного Казахстана. Длина вегетационного периода достигала 100 дней, изменчивость была выше (CV=3,67; $\sigma^2$=13,08). К среднеранней груше относились 82 сортообразца преимущественно российского и отечественного происхождения с вегетационным периодом до 111 дней и минимальной вариабельностью признака (CV=1,04; $\sigma^2$=0,40).

Как показали исследования, большинство изученных морфологических признаков сои в условиях Северного Казахстана в значительной степени определяются взаимодействием генотипа и условиями среды. Наиболее стабильными показателями характеризовались высота растений и высота прикрепления нижнего боба, но и этот признак отличался особенно у группы ультраранней группы. Также, сильной вариабельностью отличались многие биометрические показатели и элементы структуры урожая. Это, в свою очередь, доказывает необходимость комплексной оценки и тщательного отбора при подборе сортов сои для условий Северного Казахстана и селекционной деятельности.

Определение сырой и сухой биомассы растений имеет большое значение при изучении засухоустойчивости сои, поскольку эти показатели напрямую связаны с водным режимом и накоплением органического вещества. Поэтому величина сухой биомассы в этот период может характеризовать потенциал урожайности (рисунок 3).

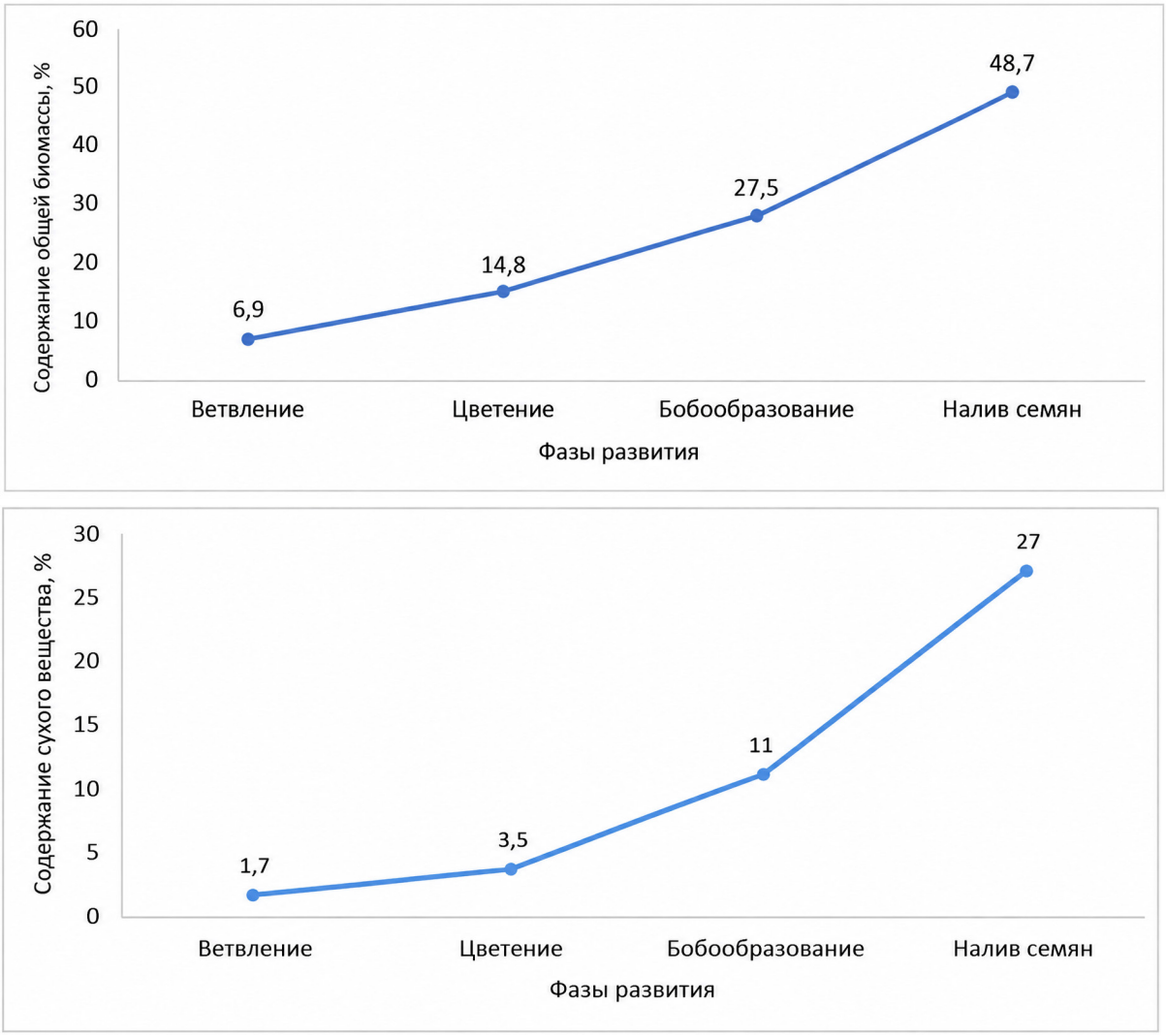



**Рисунок 3.** Показатели содержания общей биомассы (а) и сухого вещества (б) выделившихся сортообразцов сои ультраранней группы спелости в разрезе фаз развития

Показатели биомассы растения и содержания сухого вещества различались по сортам даже в одной группе спелости, различия между сортами в разрезе фаз развития в среднем составило 15–42%. Эти значения так же доказывает коэффициент вариации (CV), который варирует от 32,7 до 51,6%, что, в свою очередь, констатирует о нестабильности этого значения и в основном зависят от условий возделывания. Аналогичные данные получены в разрезе ранней и среднеранней групп спелости. В этих группах спелости также отмечается нестабильность изучаемых показателей, коэффициент вариации CV не характеризовался стабильными значениями, соответственно размах значений был в широких пределах. Выделившиеся сорта сои показывали различные значения как в разрезе группы спелости, так и в разрезе фаз развития. При этом, необходимо отметить схожесть показателей ультра и ранней групп спелости, однако, сорта среднеранней группы спелости показали значения в среднем на 8,05…13,9% выше. Эти показатели еще раз доказывают необходимость тщательного отбора сортов для условий Северного Казахстана, если учесть, что набор большой биомассы в начальный период развития сильно задерживает прохождение генеративных фаз, а с наступлением раннеосенних заморозков останавливают свой рост и развитие.

Если рассматривать комплекс изучаемых показателей структуры урожая, в разрезе групп спелости выделены ряд сортообразцов, обладающих высокими значениями и представляющие практический интерес при селекции на повышение урожайности сортов сои в условиях Северного Казахстана. В результате исследований выделены сортообразцы Ивушка, Бара, Чера -1, Алтом, Миляуша, Beidou 41, Kendou 61, Beidou 14 с высокими значениями элементов структуры урожая в разрезе каждой группы спелости. Сортообразцы сои отмечались многими показателями элементов структуры урожая и превышали значения стандартных сортов в разрезе групп спелости. Соответственно при селекции на повышение урожайности в условиях Северного Казахстана необходимо отметить важность значений элементов структуры при формировании урожайности и сортов с высокими их значениями, учитывая, что показатели зависят от условий возделывания больше, чем генетическая составляющая сорта.

Урожайность является интегральным показателем продуктивности растений и одним из главных критериев оценки засухоустойчивости сои. Погодные условия влияли на формирование показателя урожайности сортов сои, особенно первой половины их развития. Осадки в период конца фазы налива не способствовали формированию высокой урожайности, а наоборот, вызывали дополнительное цветение среднего и верхнего ярусов, особенно сортов интенсивного типа развития (недетерминантные). Раннеосенние заморозки и низкие температурный фон не способствовал формированию полноценного зерна, и большая часть урожая таких сортов не созрели. При формировании этого показателя условия года, особенно температурный и влажностный режимы, имели основной фактор влияния (влияние условий года и сорта составили – 76%), при этом, влияние фактора – сорт составило 8%. На рисунке 4 представлены минимальные и максимальные значения изучаемых сортообразцов сои в разрезе их групп спелости.

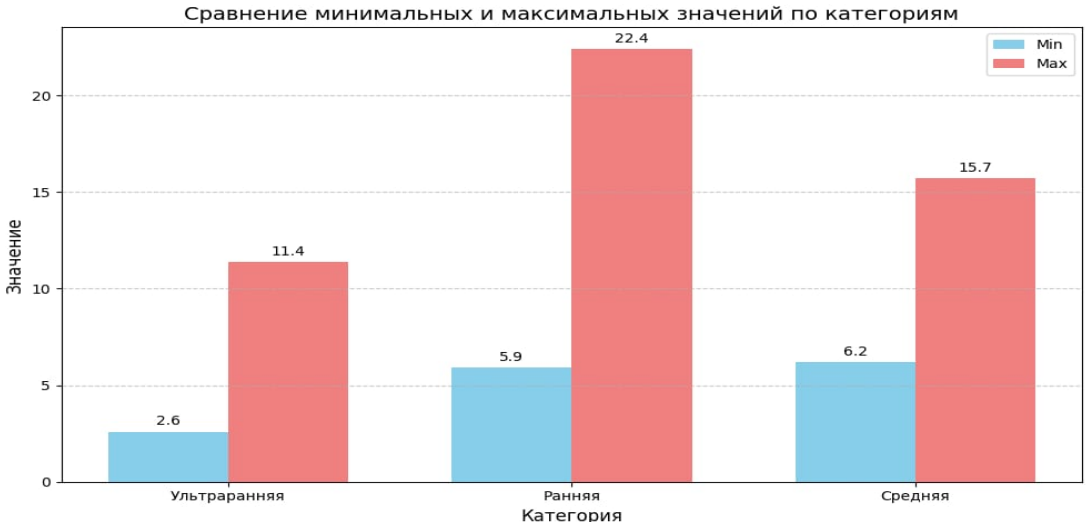



**Рисунок 4.** Гистограмма уровня урожайности в разрезе групп спелости (минимальные и максимальные значения), 2025 г.

Как показали результаты исследований сравнительно высокой урожайностью характеризовалась ранняя группа спелости (выделились сорта Ивушка, Бара, Чера -1, Алтом, Миляуша, Beidou 41, Kendou 61, Beidou 14 и т.д.). Средняя урожайность ультраранней группы спелости, учитывая ее биологические особенности и реакцию сортов на условия возделывания, составила 7,0 ц/га, поздняя среднеранняя группа – 10,9 ц/га. Коэффициент вариации CV показателя урожайности в ультраранней группе характеризовался высоким значением – 44,5% и показывал относительную устойчивость признака, при этом ранней и среднеранней групп спелости отличались значительной связью 24,4…23,9% соответственно. По результатам урожайности проведён дисперсионный анализ, теоретическое значение F0,5 находится на уровне 1,48 показателя, соответственно находится на 5% уровне значимости по F1=4 степени свободы, при этом Fф=2,47. Соответственно можно заключить, что в опыте имеются существенные различия и отсутствует нулевая гипотеза. Следовательно, доказывается влияние на показатель урожайности фактора годы и полученные результаты являются значимыми.

Для определения основных параметров показателей, формирующих урожайность проведён корреляционный анализ полученных результатов исследований (таблицы 1 и 2).

**Таблица 1.** Корреляционная связь изучаемых морфо-биологических признаков с урожайностью в разрезе сортов ультраранней группы созревания, 2025 год

| Показатели | Урожайность | Высота растений | Длина корня | Число листьев | Интенсивность фотосинтеза | Длина междоузлий | Биомасса | Сухое вещество |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Урожайность | 1,00 | | | | | | | |
| Высота растений | 0,29 | 1,00 | | | | | | |
| Длина корня | -0,02 | -0,32 | 1,00 | | | | | |
| Число листьев | 0,11 | 0,01 | 0,26 | 1,00 | | | | |
| Интенсивность фотосинтеза | -0,31 | -0,64 | 0,35 | 0,43 | 1,00 | | | |
| Длина междоузлий | -0,11 | 0,06 | -0,56 | -0,50 | -0,13 | 1,00 | | |
| Биомасса | -0,08 | 0,14 | 0,40 | 0,43 | 0,24 | 0,08 | 1,00 | |
| Сухое вещество | -0,05 | 0,13 | 0,39 | 0,57 | 0,30 | 0,00 | 0,99 | 1,00 |

**Таблица 2.** Корреляционная связь изучаемых морфо-биологических признаков с урожайностью среди сортов ранней группы созревания, 2025 год

| Показатели | Урожайность | Высота растений | Длина корня | Число листьев | Интенсивность фотосинтеза | Длина междоузлий | Биомасса | Сухое вещество |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Урожайность | 1,00 | | | | | | | |
| Высота растений | 0,20 | 1,00 | | | | | | |
| Длина корня | 0,37 | -0,39 | 1,00 | | | | | |
| Число листьев | -0,00 | 0,02 | 0,12 | 1,00 | | | | |
| Интенсивность фотосинтеза | 0,10 | 0,03 | -0,11 | 0,20 | 1,00 | | | |
| Длина междоузлий | 0,08 | -0,23 | 0,31 | -0,11 | -0,41 | 1,00 | | |
| Биомасса | 0,12 | -0,28 | 0,39 | -0,08 | -0,30 | 0,67 | 1,00 | |
| Сухое вещество | 0,28 | -0,28 | 0,26 | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,25 | 1,00 |

В таблицах представлены результаты корреляционного анализа морфо-биологических признаков с урожайностью среди сортов очень ранней, ранней и среднеранней групп созревания за 2025 год. Анализ показал, что характер взаимосвязей между исследуемыми показателями в целом слабый и разносторонний, что свидетельствует об отсутствии выраженного доминирующего влияния какого-либо одного признака на формирование урожайности.

Аналогичные данные получены корреляционного анализа элементов структуры урожая с урожайностью изучаемых сортов сои. Линейная зависимость высоты растений и ультрараннеспелых сортообразцов с коэффициентом детерминации $R^2$ = 0,228 свидетельствует о том, что с увеличением урожайности наблюдается незначительное повышение высоты растений, однако, связь между этими показателями выражена умеренно, что может быть связано с влиянием других факторов среды и сортовыми особенностями образцов. С другой стороны, у раннеспелых образцов сои ($R^2$ = 0,013) увеличение урожайности и изменение высоты растений не влияют друг на друга. Вероятно, данный признак имеет низкую корреляционную зависимость с продуктивностью и определяется в большей степени генетическими особенностями сорта и условиями среды. Для среднеспелых сортов наблюдается отрицательная корреляция между высотой растений и урожайностью ($R^2$= 0,413), что указывает на тенденцию снижения высоты растений с увеличением урожайности. Это может свидетельствовать о перераспределении ассимилятов в пользу формирования урожая зерна при ограниченных ресурсах (таблица 3).

**Таблица 3.** Корреляционная зависимость высоты растений и урожайности сортообразцов трех групп спелости сои, 2025 г.

| № | Группа спелости | Уравнение регрессии | $R^2$ | r (коэффициент корреляции) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ультрараннеспелая | y = 0,447x + 37,276 | 0,228 | 0,477 |
| 2 | Раннеспелая | y = 0,116x + 43,804 | 0,013 | 0,114 |
| 3 | Среднеспелая | y = -0,562x + 51,000 | 0,413 | -0,643 |

С увеличением урожайности наблюдается тенденция к снижению количества бобов на одном растении, что может быть связано с перераспределением питательных веществ в пользу формирования массы зерна (таблица 4).

**Таблица 4.** Корреляционная зависимость количества бобов на 1 растение и урожайности сортообразцов трех групп спелости сои, 2025 г.

| № | Группа спелости | Уравнение регрессии | $R^2$ | r (коэффициент корреляции) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ультрараннеспелая | y = 0,243x + 10,257 | 0,073 | 0,270 |
| 2 | Раннеспелая | y = 0,021x + 16,844 | 0,000 | 0,000 |
| 3 | Среднеспелая | y = -0,984x + 27,464 | 0,369 | -0,607 |

У ультрараннеспелой группы наблюдается слабая положительная корреляция ($R^2$ = 0,137), что свидетельствует о незначительном повышении урожайности при увеличении числа зёрен в бобе. Для раннеспелой группы коэффициент детерминации ($R^2$ = 0,000) указывает на отсутствие зависимости между исследуемыми признаками. В среднеспелой группе выявлена слабая отрицательная корреляция ($R^2$ = 0,020), что может быть связано с влиянием других факторов, определяющих уровень урожайности (таблица 5).

**Таблица 5.** Корреляционная зависимость количества зёрен в бобе и урожайности сортообразцов трех групп спелости сои, 2025 г.

| № | Группа спелости | Уравнение регрессии | $R^2$ | r (коэффициент корреляции) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ультрараннеспелая | y = 0,019x + 2,316 | 0,137 | 0,370 |
| 2 | Раннеспелая | y = -0,001x + 2,757 | 0,000 | 0,000 |
| 3 | Среднеспелая | y = -0,010x + 3,171 | 0,020 | -0,141 |

Таким образом, характер взаимосвязи между количеством зёрен в бобе и урожайностью варьирует в зависимости от группы спелости, что подчёркивает необходимость учёта генетических и физиологических особенностей сортов при их оценке и отборе. В таблице 7 у ультрараннеспелой группы отмечена слабая положительная зависимость ($R^2$ = 0,120); у раннеспелой– очень слабая отрицательная ($R^2$ = 0,085); у среднеспелой – слабая положительная ($R^2$ = 0,046). В целом, корреляционные связи между признаками слабо выражены и зависят от группы спелости (таблица 6).

**Таблица 6.** Корреляционная зависимость массы семян с растения и урожайности сортообразцов трех групп спелости сои, 2025 г.

| № | Группа спелости | Уравнение регрессии | $R^2$ | r (коэффициент корреляции) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ультрараннеспелая | y = 0,111x + 4,538 | 0,120 | 0,346 |
| 2 | Раннеспелая | y = -0,075x + 10,289 | 0,008 | -0,089 |
| 3 | Среднеспелая | y = 0,184x + 7,698 | 0,046 | 0,214 |

Связи между массой семян в бобе и урожайностью варьирует в зависимости от группы спелости, при этом наиболее выраженная тенденция отмечена у ультрараннеспелых сортообразцов (таблица 7).

**Таблица 7.** Корреляционная зависимость массы семян с 1 боба и урожайности сортообразцов трех групп спелости сои, 2025 г.

| № | Группа спелости | Уравнение регрессии | $R^2$ | r (коэффициент корреляции) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ультрараннеспелая | y = 0,007x + 0,363 | 0,231 | 0,481 |
| 2 | Раннеспелая | y = 0,011x + 0,563 | 0,010 | 0,100 |
| 3 | Среднеспелая | y = 0,087x + 0,081 | 0,148 | 0,385 |

В таблице 8 представлены изменения массы 1000 семян в зависимости от урожайности в различных группах спелости сортов сои. Для ультрараннеспелых образцов прослеживается отчётливая положительная зависимость ($R^2$ = 0,377), что свидетельствует о синхронном росте массы семян с увеличением продуктивности растений. У раннеспелой группы связь практически отсутствует ($R^2$ = 0,001), что указывает на независимость данных признаков и возможное влияние погодных факторов в период налива семян. В среднеспелой группе тенденция приобретает обратный характер – слабая отрицательная корреляция ($R^2$ = 0,125) указывает на

то, что увеличение урожайности сопровождается небольшим снижением массы семян. Характер взаимосвязи между массой 1000 семян и урожайностью варьирует в зависимости от группы спелости, что отражает различия в физиологических механизмах формирования урожая у сортов разного периода вегетации (таблица 8).

**Таблица 8.** Корреляционная зависимость массы 1000 семян и урожайности сортообразцов трех групп спелости сои, 2025 г.

| № | Группа спелости | Уравнение регрессии | $R^2$ | r (коэффициент корреляции) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ультраранняя | y = 1,434x + 141,645 | 0,377 | 0,614 |
| 2 | Раннеспелая | y = -0,236x + 202,151 | 0,001 | -0,032 |
| 3 | Среднеспелая | y = -2,280x + 222,895 | 0,125 | -0,354 |

Наблюдаемая динамика у среднеспелой группы отражает эффект компенсации, при котором уменьшение массы отдельных семян компенсируется увеличением их количества. Подобное явление характерно для бобовых культур и связано с перераспределением ассимилятов при изменении условий питания и влагообеспечения. Ранее аналогичные закономерности описаны рядом исследователей: *Vogel* et al. (2021) отметили, что у сои часто наблюдается компенсация между числом семян и их размером; *Hodgson* et al. (2020) показали, что отрицательная корреляция между числом и размером семян является общей стратегией распределения ресурсов у однолетних растений; *Sandaña* et al. (2012) сообщили, что уменьшение числа семян может частично компенсироваться увеличением их массы; а *Poggio* et al. (2005) продемонстрировали полную компенсацию между числом и массой семян у некоторых сортов гороха [19,20,21,22].

По комплексу изучаемых показателей проведена оценка влияния изучаемых факторов на формирование урожайности в условиях Северного Казахстана (рисунок 5).

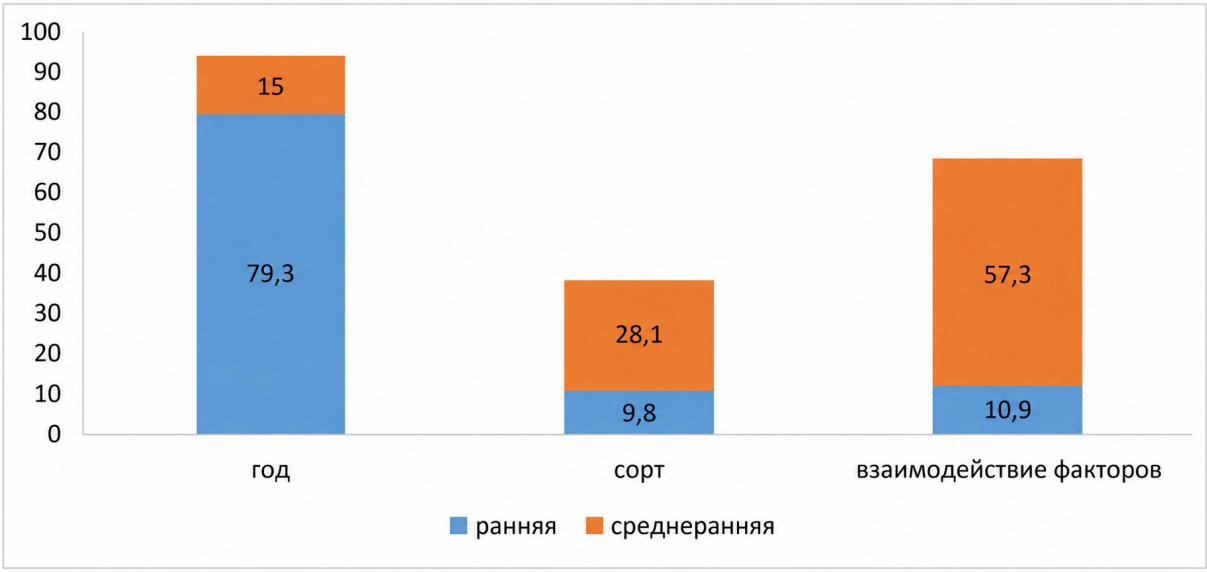



**Рисунок 5.** Влияние факторов на формирование комплекса хозяйственно-ценных признаков в разрезе основных групп спелости, 2025 г.

Для более конкретной оценки влияния факторов, рассмотрены 2 группы спелости, так как на созревание крайней группы влияют более благоприятные условия возделывания. Соответственно для формирования высокой урожайности сортов ранней группы спелости необходимо учитывать доминирующий фактор – условия года (79,3%). При использовании сортов более поздних групп спелости, увеличивается уровень взаимодействия факторов (57,3%),

что указывает на необходимость тщательного отбора сортового генофонда при селекции в условиях Северного Казахстана.

## Обсуждение

Результаты исследования показали существенные различия исходного материала сои по продолжительности вегетационного периода и комплексу хозяйственно-ценных признаков. Изученные образцы были распределены на три группы спелости, что позволило дифференцированно оценить их адаптивные особенности в условиях Северного Казахстана. Продолжительность онтогенеза при этом выступает одним из важных показателей, определяющих возможность полноценного завершения развития растений в конкретных агроклиматических условиях. Сходная зависимость отмечена *Kipshakbayeva* et al., 2024 при изучении генетических параметров сортов сои различного происхождения в северных районах Казахстана: более раннее прохождение фенологических фаз было связано с сокращением вегетационного периода, а наличие рецессивных аллелей генов E1-E4 с более ранним созреванием.

Динамика морфо-биологических признаков в течение вегетации показала, что наиболее высокие значения большинства показателей отмечались в фазу налива семян. На данном этапе усиливается работа ассимиляционного аппарата и возрастает поступление продуктов фотосинтеза в формирующиеся семена. Поэтому именно продолжительность и интенсивность продукционного процесса в этот период во многом определяют последующую реализацию урожайного потенциала растений. Результаты *Sun* et al. (2025) также указывают на связь между продолжительностью репродуктивного периода, фотосинтетической активностью и формированием урожая. Авторы отмечают, что у современных сортов сои повышение фотосинтетической активности, увеличение площади листьев и более продолжительный период налива семян сопровождаются увеличением их массы и урожайности.

На основании совокупности изученных признаков выделены сорта Ивушка, Бара, Чера-1, Алтом, Миляуша, Beidou 41, Kendou 61 и Beidou 14. Их практическая ценность определяется сочетанием раннего созревания с достаточно выраженными продуктивными характеристиками. Для условий Северного Казахстана такое сочетание морфобиологических признаков особенно востребовано, поскольку увеличение продолжительности вегетационного периода может привести к неполному созреванию растений и, как следствие, к снижению урожайности. Ранее проведённые исследования в северных широтах Казахстана показали, что генотипы с ранним цветением и созреванием способны формировать вегетационный период продолжительностью около 92–102 суток, тогда как при преобладании доминантных аллелей E-локусов развитие растений происходило позднее.

Существенная доля взаимодействия «сорт × год», достигавшая 78%, показывает, насколько сильно погодные условия конкретного года влияют на проявление признаков растений. Взаимодействие генотипа со средой в данном случае является одним из факторов, определяющих различия в урожайности и других количественных признаках. Подобные результаты получены и в многофакторных испытаниях сои, где значимое влияние генотипа, среды и их взаимодействия установлено по комплексу хозяйственно-ценных показателей. *Retore* et al. (2026) также показали, что оценка адаптивности сои в различных условиях выращивания требует обязательного учёта взаимодействия генотипа со средой. Это особенно важно при отборе материала, предназначенного для регионов с нестабильными погодными условиями. Высокая выраженность взаимодействия «сорт × год» одновременно даёт возможность оценить устойчивость отдельных генотипов. Образцы, сохраняющие приемлемый уровень продуктивности при различающихся условиях года, представляют больший интерес для дальнейшего отбора, чем генотипы, преимущество которых проявляется только в благоприятной среде. Для Северного Казахстана этот критерий имеет особое значение, поскольку температурный режим и обеспеченность влагой в течение вегетации существенно изменяются по годам. Поэтому многолетняя оценка позволяет более объективно определить стабильность проявления хозяйственно-ценных признаков. *Retore, Fregonezi, Pavan, Chigeza* et al. (2026) показали, что многопризнаковый отбор, учитывающий урожайность, сроки созревания и другие характеристики, даёт возможность более точно выделять адаптированные генотипы.

Выявленные статистически значимые корреляции между морфометрическими показателями, элементами структуры урожая и урожайностью расширяют возможности отбора по косвенным признакам. Вместе с тем сила и направление этих связей могут зависеть от принадлежности образца к определённой группе спелости. Поэтому использование отдельных морфометрических показателей в качестве индикаторов продуктивности целесообразно проводить с учётом продолжительности онтогенеза и особенностей конкретной группы генотипов.

Результаты имеют также генетическое обоснование. *Cheng, Yuan, Huang, Ye* et al. (2026) установили связь адаптации сои к высоким широтам с генами, регулирующими сроки цветения и созревания, в том числе Tof11, Tof12 и GmRVE1. По данным авторов, определённые сочетания аллелей способствуют более раннему наступлению цветения и участвуют в адаптации культуры к условиям северных регионов. Полученные сведения согласуются с выявленной в настоящем исследовании перспективностью ультраранних генотипов и показывают целесообразность объединения полевой оценки с молекулярно-генетическим анализом исходного материала.

Исследования показали, что для селекции сои в условиях Северного Казахстана важна не только продолжительность вегетационного периода, но и способность растений сохранять продуктивность при изменении условий выращивания. Ультраранняя группа представляет наибольший интерес с точки зрения своевременного завершения вегетации в пределах ограниченного безморозного периода. Вместе с тем сокращение сроков созревания не должно достигаться за счёт существенного снижения продуктивности. Поэтому дальнейший отбор целесообразно ориентировать на генотипы, сочетающие ультрараннеспелость, эффективную работу фотосинтетического аппарата, высокую урожайность и стабильность проявления признаков в разные годы.

## Заключение

Исследования позволили комплексно оценить исходный материал сои различного эколого-географического происхождения и выявить закономерности проявления морфобиологических, фотосинтетических и хозяйственно-ценных признаков в условиях Северного Казахстана. Установлено, что формирование продуктивности в значительной степени определяется адаптивной реакцией генотипов на условия года, при этом взаимодействие факторов «сорт × год» оказывает существенное влияние на изменчивость изучаемых признаков. Выявленные корреляционные взаимосвязи между морфометрическими показателями, и урожайностью могут служить научной основой для повышения эффективности отбора перспективных генотипов в селекционном процессе. Наиболее перспективной для дальнейшей селекционной работы и практического использования в условиях региона признана группа ультрараннеспелых сортов, обладающая наибольшим потенциалом адаптивности и хозяйственной ценности.

## Вклад авторов

ГК: постановка задачи, разработка методологии исследования, анализ данных и написание основной части статьи. ІӘ, ДС, МК: 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 программно-целевого финансирования Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024–2026 гг. по научно-технической программе BR24992903 "Практическое внедрение современных молекулярно-генетических, физиолого-биохимических, биотехнологических методов и цифрового фенотипирования в селекцию экономически значимых сельскохозяйственных культур".

## Список литературы

1 Pagano, M.C., Miransari, M. (2016). *The importance of soybean production worldwide.* Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production. Academic Press, 1–26.

2 Cattivelli, L. et al. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view. *Field Crops Research*, 105, 1–14.

3 Abugaliyeva, A.I., Didorenko, S.V. (2016). Genetic diversity of soybean cultivars belonging to different ripeness groups with regard to performance and quality. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding,* 20, 303–310. DOI: 10.18699/vj16.168.

4 Kipshakbayeva, G., Zargar, M., Rysbekova, A., Ashirbekova, I., Tleulina, Z., Amantayev, B., Kipshakbayeva, A., Baitelenova, A., Stybayev, G., Nejad, M. (2024). Assessment of the genetic parameters of soybean genotypes for precocity and productivity in the various cultivation conditions. *Heliyon*, 10(16), e36135.

5 Yerzhebayeva, R. et al. (2023). Marker-Assisted Selection for Early Maturing E Loci in Soybean Yielded Prospective Breeding Lines for High Latitudes of Northern Kazakhstan. *Biomolecules*, 13(7), 1146.

6 Kipshakbaeva, G.A., Goncharov, S.V., Tleulina, Z.T. (2023). Perspektivnye napravleniya selekcii soi v usloviyah Severnogo Kazahstana [Promising areas of soybean breeding in the conditions of Northern Kazakhstan]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury,* 2(46), 46–58. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-46-58. [*In Russian*].

7 Ashirbekova, I., Kipshakbayeva, G., Zargar, M., Gang, H.Y., Sabit, D., Amantayev, B., Baitelenova, A., Stybayev, G. (2025). Comparative Assessment of Different Soybean Genotypes (Glycine max [L.] Merr.) for Early Maturity and Cold Resistance. *ES Food Agrofor.*, 21, 1731. DOI: 10.30919/faf1731.

8 Kipshakbaeva, G.A., Goncharov, S.V., Tleulina, Z.T. (2023). Perspektivnye napravleniya selekcii soi v usloviyah severnogo Kazahstana [Promising areas of soybean breeding in the conditions of northern Kazakhstan]. *Nauchno-proizvodstvennyi zhurnal «Zernobobovye i krupyanye kul'tury»*, 2(46), 46–58. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-46-58. [*In Russian*].

9 Goncharov, S.V., Kipshakbaeva, G.A. (2023). Perspektivy razvitiya sortimenta soi v Respublike Kazahstan [Prospects for the development of the soybean variety in the Republic of Kazakhstan]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 4(48), 34–41. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-34-41. [*In Russian*].

10 Munaitpasova, A.N., Baisholanov, S.S., Salieva, S.K., Arystanova, R, Karabkina, N.N., Arystanov, A.A. (2025). Temperaturnyi rezhim i resursy tepla v severo-kazahstanskoi oblasti [temperature regime and heat resources in North-Kazakhstan region]. Geografiya i vodnye resursy, 4, 130–148. DOI:10.55764/2957-9856/2025-4-130-148.51. [*In Russian*].

11 Kipshakbaeva, G.A., Ashirbekova, I.A., Amantaev, B.O., Sabit, D.M. (2025). Rezul'taty ocenki sortov soi razlichnogo proiskhozhdeniya v usloviyah Severnogo Kazahstana [The results of evaluating soybean varieties of different origins under the conditions of Northern Kazakhstan]. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo issledovatel'skogo universiteta imeni S. Seifullina: mezhdisciplinarnyi,* 2(125), 14–29. [*In Russian*].

12 Vishnyakova, M.A., Seferova, I.V., Buravceva, T.V. i dr. (2018). K*ollekciya mirovyh geneticheskih resursov zernovyh bobovyh VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie: metodicheskie ukazaniya. 2-e izd., pererab. i dop* [The collection of global genetic resources of grain legumes at VIR: replenishment, conservation, and study: methodological guidelines. 2nd ed., revised. and expanded.]. Sankt-Peterburg: VIR, 143. [*In Russian*].

13 Gluhih, M.A. (2022). Zemledelie: Praktikum [Elektronnyi resurs]. 2-e izd., ster. [Agriculture: A Practical Guide [Electronic resource]. 2nd ed., revised.]. Sankt-Peterburg: Lan', 188. [*In Russian*].

14 Fehr, W., Caviness, C. (1977). *Stages of soybean development.* Iowa State University, 3–11.

15 Korsakov, N.I. i dr. (1975). *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollekcii zernovyh bobovyh kul'tur* [*Methodological guidelines for studying the collection of grain legumes*]. L.: VIR, 60. [*In Russian*].

16 Nichiporovich, A.A., Kuz'min, Z.E., Polozova, L.Ya. (1969). *Metodicheskie ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhneishih pokazatelei processov fotosinteticheskoi deyatel'nosti rasteniiv posevah* [*Methodological guidelines for monitoring and controlling the key indicators of plant photosynthetic activity in crops*]. Moskva: 91–93. [*In Russian*].

17 Balaka, G.T. i dr. (2019). Puti usovershenstvovaniya elementov tekhnologii vozdelyvaniya soi [Ways to improve the elements of soybean cultivation technology]. *Melioraciya i gidrotekhnika*, 4(36), 100–120. [*In Russian*].

18 Wijewardana, Ch., Reddy, K.R., Alsajri, F.A., Irby, J.T., Krutz, J., Golden, B. (2018). Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. *Irrigation Science*, 36(4-5). DOI:10.1007/s00271-018-0580-1.

19 Vogel, J.T. et al. (2021). Soybean Yield Formation Physiology - A Foundation for Precision Breeding Based Improvement. *Front Plant Sci.,* 12, 719706. DOI: 10.3389/fpls.2021.719706.

Hodgson, J.G. et al. (2020). Seed size, number and strategies in annual plants: a comparative functional analysis and synthesis. *Ann Bot.,* 126(7), 1109–1128. DOI: 10.1093/aob/mcaa151.

21 Sandaña, P. et al. (2012). Comparative assessment of the critical period for grain yield determination of narrow-leafed lupin and pea. *European Journal of Agronomy*, 40, 94-101. DOI: 10.1016/j.eja.2012.02.009.

22 Poggio, S.L. et al. (2005). Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the seed set period of field pea (Pisum sativum) crops. *European Journal of Agronomy,* 22(1), 55-69.

23 Sun, H., Shen, S., Yang, J., Zou, J. et al. (2025). Soybean cultivar breeding has increased yields through extended reproductive growth periods and elevated photosynthesis. *Plants*, 14(11), 1675. DOI: 10.3390/plants14111675.

24 Cheng, Q., Yuan, J., Huang, Y., Ye, W. et al. (2026). Stepwise selection of Tof11/12 and GmRVE1 facilitates soybean adaptation to high-latitude regions. *Cell Reports*, 45, 117049.

25 Retore, Y.I., Fregonezi, B.F., Pavan, J.P.S., Chigeza, G. et al. (2026). Boosting soybean adaptation in Africa through multi-trait selection in multi-environment trials. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.,* 26(1). DOI:10.1590/1984-70332026v26n1a8.

## Солтүстік Қазақстандағы майбұршақ сорттарының өнімділігіне морфологиялық және биологиялық белгілердің әсері

**Кипшакбаева Г.А., Сабит Д., Әшірбекова И.А., Кадринов М.Х.**

«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан

**Түйін**

Алғышарттар мен мақсат. Дақылдарды кеңейту қажеттілігін ескере отырып, Солтүстік Қазақстандағы әртүрлі жетілу топтарындағы майбұршақ сорттарының өнімділігіне морфологиялық және биологиялық белгілердің әсерін бағалау. Жылу мен ылғал тапшылығы және шектеулі сорттық материал оны қабылдауды шектейтін факторлар болып табылатыны белгілі. Зерттеудің мақсаты – майбұршақ сорттарының өнімділігіне морфологиялық және биологиялық белгілердің әсерін анықтау және практикалық селекция үшін жоғары бейімделу өнімділігі бар сорттарды анықтау.

Материалдар мен әдістер. Далалық зерттеулер құрғақ дала аймағында «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС (А.И. Бараев ат. АШҒӨО) жүргізілді. Бастапқы материал ретінде отандық және шетелдік селекциядан алынған жаңа сорттар мен перспективалы селекциялық материалдар пайдаланылды. Деректерді жинау және талдау Statistica 10-дағы дисперсияны талдауды қоса алғанда, стандартты әдістерді қолдану арқылы жүргізілді. Айырмашылықтардың маңыздылығы P≤0,05 деңгейінде бағаланды.

Нәтижелер. Зерттеу морфо-биологиялық белгілердің экспрессиясы генотип пен қоршаған орта жағдайларының өзара әрекеттесуімен анықталатынын көрсетті (әрбір көрсеткіш үшін орташа есеппен 72%). Биометриялық көрсеткіштер, атап айтқанда биомасса мөлшері, өсу маусымының ұзаруына және жоғары өнімділікке әсер ететін негізгі факторлар болып табылады (r = 0,68–0,99). Жоғары дән өнімділігіне әсер ететін дақыл құрылымының негізгі элементтері де анықталды. Әртүрлі жетілу топтарындағы сорттардың өнімділігін талдау жетілу тобына байланысты жоғары өзгергіштікті көрсетті.

Қорытынды. Зерттеу жоғары өнімділік ультра ерте пісетін сорттар тобында байқалғанын көрсетті, мұнда өнімділік олардан 6,0 ц/га (46%) асып түсті. Ультра ерте топ сонымен қатар зерттелген параметрлердің тұрақты өнімділігін көрсетті, бұл топтың биологиялық

ерекшеліктеріне және олардың стрестік жағдайларға реакциясына байланысты. Зерттеу барысында анықталған майбұршақ сорттарының үлгілері Солтүстік Қазақстан жағдайлары үшін майбұршақ сорттарының өнімділігі мен тұрақтылығын арттыру үшін практикалық селекцияда қолдануға ұсынылады.

**Кілт сөздер:** сорт; майбұршақ; бағалау; өнімділік; тұрақтылық.

## The influence of morphological and biological traits on the productivity of soybean varieties in Northern Kazakhstan

**Gulden A. Kipshakbayeva, Dana Sabit, Inkar.A. Ashirbekova, Maulet Kh. Kadrinov**

"S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University" NJSC, Astana, Kazakhstan

**Abstract**

Background and Aim. The study aimed to assess the influence of morphological and biological traits on the productivity of soybean varieties of different maturity groups in northern Kazakhstan, given the need to expand soybean cultivation. Heat and moisture deficits and limited varietal material are known to be limiting factors for its cultivation. The objective of the study was to determine the influence of morphological and biological traits on the productivity of soybean varieties and to identify varieties with high adaptive performance for practical breeding.

Materials and Methods. Field studies were conducted in the dry steppe zone at the A.I. Barayev Scientific and Production Center for Grain Farming (hereinafter referred to as the A.I. Barayev Scientific and Production Center for Grain Farming). New varieties and promising breeding material from domestic and foreign selection were used as source material. Data collection and analysis were conducted using standard methods, including analysis of variance in Statistica 10. Significance of differences was assessed at $P \leq 0.05$.

Results. The study showed that the expression of morpho-biological traits is determined by the interaction of genotype and environmental conditions (an average of 72% for each indicator). Biometric indicators, in particular biomass content, are the main factors influencing the length of the growing season and high yields ($r=0.68–0.99$). The key elements of crop structure that influence high grain yields were also identified. Yield analysis of varieties in different maturity groups revealed substantial variability among groups.

Conclusion. The study showed that high yields were observed in the ultra-early group of varieties, where yields exceeded them by 6.0 c/ha (46%). The ultra-early group also demonstrated consistent values for the studied parameters, which is due to the biological characteristics of the group and their response to stress conditions. The soybean variety accessions identified during the study are recommended for use in practical breeding to improve the productivity and stability of soybean varieties under the conditions of Northern Kazakhstan.

**Keywords:** variety; soybean; evaluation; yield; stability.