

Наименование проекта: ИРНАР14870651 «Создание скороспелого исходного материала сои с высоким продуктивным и адаптивным потенциалом с использованием молекулярных методов селекции для условий Северного Казахстана».

Цель: изучение и создание новых скороспелых форм сои с использованием традиционных методов селекции и молекулярного анализа для условий Северного Казахстана.

Члены исследовательской группы:

руководитель проекта – к.с.х.н. Кипшакбаева Г.А. Индекс Хирша – 1, Scopus Author ID – 57218992034 <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218992034> ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2830-7173> Web of Science Researcher ID AAE-8510-2022 <https://www.webofscience.com/wos/author/record/32554628>

Исследовательская группа:

1. Старший научный сотрудник - к.с.х.н. Амантаев Б.О. Индекс Хирша – 1, Scopus Author ID: 57207571119; 57304287300 <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57207571119> ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4541-363X> Web of Science Researcher ID: ABC-4007-2021 <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29630966>

2. Научный консультант - к.б.н. Кисилев К.В. Индекс Хирша Web of Science: 26, WOS Research ID - D-6638-2015, Scopus Author ID – 8514353300, ID РИНЦ – 97067, ORCID - 0000-0003-1025-6491

3. Научный сотрудник - доктор PhD Хасанова Г.Ж. Индекс Хирша - 2, Researcher ID Web of Science - AAE-8022-2022; ORCID ID - 0000-0002-4214-2512; Scopus Author ID – 57204241876

4. Научный сотрудник - к.с.х.н. Кипшакбаева А.А. Scopus Author ID – 57197814897 <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197814897> ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-6533-6929> Researcher ID Web of Science AAE-8692-2022 <https://www.webofscience.com/wos/author/record/33455746>

5. Младший научный сотрудник - м.с.х.н. Тлеулина З.Т. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-0410-2031>

Информация для потенциальных пользователей: направление селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур

Краткие результаты исследования 2022 года: Проведено изучение нового исходного материала сои по основным хозяйственно-ценным признакам, выявлены ценные исходные формы сои. Лучшими по комплексу элементов продуктивности, урожайности и качеству зерна были сорта Ивушка, Suiyang 1, СК Элана, Beidou 26, Heihe 43, Heihe 58, Beidou 56, селекционные линии 7-21-2, 28-21-1, 31-21-1, 46-21-1, 92-21-1, 100-21-1, 122-21-1 и т.д., сортообразцы отмечались скороспелостью и урожайностью. По высоте прикрепления нижнего боба степень корреляционной связи составила $r=0,51$, количество бобов на растении $r=0,74$, крупность семян и их количество характеризовалась высокой положительной связью. Проведенный дисперсионный анализ показал высокий показатель достоверности и меньший показатель отклонения в опыте. Проведен молекулярный анализ исходного материала сои с использованием ДНК-маркеров, а также отбор генов контролирующих скороспелость. Подобраны праймеры для гена SEP3 сои (Генбанк номер XM_006579370). Проведены работы по амплификации полноразмерных последовательностей генов SEP3 сои разных сортов с помощью подобранных праймеров. На праймерах 22GmSEP3aNachS1 и 2GmSEP3aKonA1 с ДНК разных сортов получены ПЦР продукты ожидаемого размера (около 735 п.н.), которые далее секвенировали на ThermoFisherScientific. Проведены работы по созданию нового исходного материала, размножению и оценке селекционного материала в селекционных питомниках. По результатам гибридологического анализа выделены 2 комбинации скрещиваний.

Краткие результаты исследования 2023 года: Проведено изучение сортов сои различного происхождения по основным хозяйственно-ценным признакам и свойствам и

определение их селекционной значимости для практической селекции. В изучении находилось более 200 сортов сои. Условия вегетационного периода 2023 г. по значениям температуры воздуха превышали среднеголетние значения в период вегетации культуры. Наступление жаркой и сухой погоды отмечалось в период бутонизации-цветения, что отрицательно сказалось на формировании плодов и урожайности сортов сои. Атмосферные осадки различались по месяцам. Количество выпавших осадков было значительно ниже среднеголетних значений в мае, июне, июле и августе. Наибольшее количество осадков (13,2 мм) выпало в июне месяце. Самым засушливым был – май (2,5 мм). Показатели температуры воздуха были незначительно выше по сравнению с среднеголетними данными, а показатели осадков были значительно ниже. ГТК изменялся от 0,1 до 0,31. Наименьшее значение ГТК отмечено в период посев-всходы. Все межфазные периоды роста и развития культуры сои проходили в условиях засухи, что привело к сокращению вегетационного периода сортов сои. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2266,4°C, а значение гидротермического коэффициента – 0,27. Увеличение количества осадков в период созревания (конец августа-сентябрь) привело к значительному удлинению сроков уборки, что в первую очередь связано с высокой влажностью зерна.

Согласно целям и задачам проекта проведена оценка полиморфизма фотосинтетической деятельности сортов сои. Как определение количества пигментов и хлорофилла, индекса "зелени", площади листьев, динамики накопления сухого вещества, динамики линейного роста, длины стебля и междоузлий растений, интенсивности фотосинтеза и т.д. По изучаемым признакам фотосинтетической деятельности выделены сорта Альта 1245 I, Kendou 60, Артика, Heihe 33, Черемшанка, Beidou 53, Чера 1-3, Надежда, Нур Отан +, и у линии № 92, Бара, Ивушка, LongKen 336, выделенные сорта могут быть использованы в практической селекции.

Продолжительность вегетационного периода сортов сои составила: у ультранных групп спелости от 75 до 88 дней, у ранних групп от 92 до 110 дней. Наиболее скороспелые по результатам изучения (менее 85 дней) оказались сорта Suiyang 1, Heihe 33, Kendou 69, Чера-1-3, Осмонь, Бара 1247 I, Артика, Касатка, Дина, Эльдарадо, Алтом. На уровне стандарта Ивушка были следующие сорта: Светлячек, СК Дока, Beidou 43, Beidou 26, Heihe 58, Beidou 36, Kendou 60, Чера 1-1, Чера 1-2, №92, №73, СИБНИИСХОЗ, Заряница, Черемшанка.

Крупность семян – один из важных элементов структуры урожая. Крупность семян стандарта ультраранней группы составила 133,3 г. Минимальный показатель был у образца Бара 1247 I – 95,8 г, максимальный – у образца Beidou 26 из Китая – 233,3 г. Наибольший интерес по данному признаку могут представлять образцы китайской и российской селекции с крупными семенами: Beidou 26, Kendou 60, Beidou 41, Suinong 10, Beidou 51, Heihe 49, Huajiong 2, Heihe 35, LongKen 336, Heike 59, Kenfeng 6, Лидер 1, Везелица, СИБНИИК 315, ЦЛС -15-14.21 1411 I.

Результаты оценки качества (содержания жира и белка) показали ее сортовую специфичность. Сорта ультраранней группы спелости характеризовались высокими значениями содержания жира, в сравнении с раннеспелой группой, варьировала 40...47,25%. Высоким содержанием белка характеризовались сорта Зуша, Артика, Альта, Ланцетная, Лариса и Эльдарадо. Высоким содержанием жира характеризовались сорта Осмонь, Лидер 10, Черемшанка, Алтом, и Мезенка.

Урожайность – один из основополагающих признаков в селекции. У сои, как и у других зернобобовых культур, отмечается нестабильность урожайности, влияние условий выращивания сказывается на продуктивности сильнее по сравнению с влиянием генотипа. В ультраранней группе сорта Мезенка, ЦЛС -15-23 1399 I, Beidou 43, Чера 1-2 и перспективная линия №92, превышали стандарт сорт на 0,1-1,4 ц/га. В ранней спелой группе сорта китайской селекции превышали стандарт сорт на 0,1-7,5 ц/га, сорта российской селекции на 0,5-5,1 ц/га, сорта отечественной селекции на 0,2-6,8 ц/га.

Для выяснения взаимосвязей признаков с урожайностью сортов проведен корреляционный анализ. Многие связи оказались отрицательными. Положительной и сильной была связь между урожайностью и массой семян с одного боба ($r = 0,98$); между признаком массой семян с растения и количеством зерна в бобе ($r = 0,95$); между урожайностью и количеством зерна в бобе ($r = 0,93$); между признаком массой семян с растения и боковых ветвей ($r = 0,80$); между урожайностью и боковых ветвей ($r = 0,76$); между количеством зерно в бобе и боковых ветвей ($r = 0,74$).

Коэффициенты вариации по признакам количество семян в бобе и вегетационный период имели низкие значения 3,78 и 6,02% соответственно, что свидетельствует о стабильности формирования изучаемых признаков по сортам. Вариабельность высоты растения имела среднее значение ($CV = 18,3\%$).

У ранних групп спелости изменчивость признака вегетационного периода была незначительной, об этом свидетельствуют низкие значения коэффициентов вариации по сортам ($CV=5,4\%$). Установлено, что к средневарьировующим ($CV=11,16-17,29\%$) хозяйственно полезным признакам относятся высота растения, количество семян в бобе, к сильноварьировующим ($CV = 21,78-25,55\%$) – высота прикрепления нижнего боба, число продуктивных узлов, масса семян с 1 боба, масса 1000 семян, урожайность.

Результаты, полученные при оценке холодоустойчивости образцов сои, четко выявили статистически значимые различия между образцами. Всхожесть семян (GP) у исследуемых образцов при $25\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (контроль) температуре колебалась в среднем от 10 до 96%; скорость появления всходов (SE) от 2,4 до 9,0 дней; индекс скорости появления (SEI) от 2,3 до 17,4 дней; коэффициент скорости появления (SEC) от 11,1 до 40,8 дней; при низкой положительной температуре $10\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ GP от 2% до 96%; SE от 4,8 до 15,0 дней; SEI от SEC 1,5 до 6,5 дней; SEI от 6,7 до 72,7 дней. Наименьшим количеством дней по SE характеризовались образцы: 127/1; 36/3; 5/2; 139/3; 94/2; 95/3; 124/2; 105/3; 151/2; 19/1; 17/1/1; 23/1/1; 34/1 и 102/1, в среднем этот показатель варьировало 3-7 дней при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволяет продолжить с ними селекционную работу по созданию холодоустойчивых исходных материалов. Образцы 8/3; 24/2; 25/3; 46/3; 86/1; 103/2; 118/2; 140/3; 143/2; 3/3/1; 4/3/1; 6/3/1; 9/2/2; 15/3/1 и 125/3 оказались холодоустойчивыми к пониженным температурам, данный показатель был равен нулю. Сорт 62/1 SE был самым высоким - 15 дней, что указывает на высокую чувствительность к холоду данного образца. Индекс скорости появления - SEC в контрольном варианте в среднем колебалась от 2 до 14,6, то при действии холодого стресса от 0 до 6,3. Также, при действии низкой положительной температуры наблюдалось сильное варьирование по SEC от 6 до 72,7, что указывает на различные реакции коллекции на холод.

В результате кластерного анализа было выявлено четкое разделение на две группы. В первую группу вошли 2 генотипа китайской (14/3 и 62/1) и 11 генотипов отечественной (89/3, 90/2, 91/2, 94/2, 95/3, 102/1, 105/3, 107/3, 108/3, 125/3 и 130/3) коллекции, в то время как во вторую группу вошли остальные 55 образцов российской, китайской и казахстанской коллекции. Вторая группа в свою очередь была разделена на 2 субкластера: 1 субкластер состоял из 19 образцов, второй из 16. Генотипы вошедшие в первую группу сравнительно обладали наиболее холодоустойчивостью по результатам скрининга.

Проведен молекулярный анализ исходного материала сои с использованием ДНК-маркеров связанных с скороспелостью, в изучении находилось 100 образцов сои. Генотипирование сортообразцов сои генам $E1-E4$ проведена с помощью ДНК-маркеров. Для анализа гена $E1$ использовали маркеры $E1_HinfI$ и $e1-re_STS$, фланкирующий участок доминантных и рецессивных аллелей. По маркеру $e1-re_STS$ доминантный $E1$ ген имел ПЦР продукт размером 840 п.н., тогда как рецессивные аллели $e1-as$ и $e1-fs$ имели ПЦР-продукт размером 841 п.н.

В результате ПЦР анализа, в данной коллекции сои установлена высокая частота доминантных аллелей $E1$, $E2$ и $E4$ локусов, по локусу $E2$ большинство изученных

образцов, содержат рецессивный *e2-ns*, которые, по-видимому, и вносят основной вклад в сокращение сроков созревания.

В условиях 2023 года с целью создания нового исходного материала сои, характеризующегося скороспелостью проведено 12 комбинаций скрещиваний. Родительские формы отобраны с использованием с использованием метода молекулярного анализа и высокой урожайности (фенотипический эффект). Комбинация гибридов Бара ♀ × Миляуша ♂, Светлячек ♀ × Beidou 26, Ивушка ♀ × Heihe 58 ♂, СК Дока ♀ × Черемшанка, СК Дока ♀ × Beidou 26 ♂, Ивушка ♀ × Beidou 52 ♂, Бара ♀ × Beidou 19 ♂, Ивушка ♀ × JnYAAн55 ♂, СК Дока ♀ × Beidou 40 ♂, СК Дока ♀ × Heihe 33 ♂ и т.д.

В условиях фитотрона заложено ускоренное размножение полученных в 2023 году гибридов поколения F_1 с целью получения поколения F_2 . Для оптимального роста и развития используются светодиодные лампы ELG-240-C1750A, проводятся все необходимые мероприятия для роста и развития культуры.

Для поколений F_3 и F_4 проведен гибридологический анализ по основным хозяйственно-ценным признакам для условий севера Казахстана. В результате проведенных исследований было выявлено, что по массе семян с одного растения гибриды превышали родительские формы. У гибридных растений в третьем поколении определяли степень и частоту положительных трансгрессий изучаемых признаков.

Опубликована статья (Влияние элементов фотосинтетической деятельности и биометрических показателей на формирование продуктивности сортов сои различного происхождения) в отечественном издании рекомендованным КОКСОН, журнал С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный). – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2023. -№ 3(118). - Б.149-160. – ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X