

Abstract: *The best conditions for accumulation of autumn-winter and spring precipitation were observed on version with moldboard processing on 20-22 cm in post-drain period in one meter soil layer 225,2 mm of productive moisture that relative to other options for processing the above from 16,7 mm (mold processing) to 56,4 mm fine processing with anti-erosion machine KPIS-3,8, with its content at layland under cutting – 183,1 mm. In the period of vegetation pea significant differences in soil moisture content in 0-100 cm soil layer is not installed. The maximum level of yields obtained on moulded cultivations 20,9-21,5 kg/ha in the background without fertilization. Use the recommended dose of their increased productivity of peas at 0,7-2,8 t/ha, with maximum effect on control (23,7 centners/hectare).*

Keywords: handling, moisture, yield.

DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11116

УДК 631.52: 635.655

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СРЕДИ НОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ СОИ (*GLYCINE MAX*) В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Р.С. ЕРЖЕБАЕВА, С.В. ДИДОРЕНКО, кандидаты биологических наук
М.С. КУДАЙБЕРГЕНОВ, доктор биологических наук
А.К. ДАНИЯРОВА, А.А. АМАНГЕЛДИЕВА
ТОО «КАЗАХСКИЙ НИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА»

*В условиях юго-востока Республики Казахстан проведено испытание 98 сортов коллекции сои (*Glycine max* L.) отечественной и зарубежной селекции из 20 стран мира: Россия, Украина, Грузия, Беларусь, Таджикистан, Латвия, Венгрия, Польша, Молдова, Румыния, Китай, Япония, Франция, Канада, Швейцария, Швеция, Куба, Северная Корея, Вьетнам и Тайвань. С целью поиска новых источников засухоустойчивости сои коллекция была испытана на двух контрастных фонах: в условиях орошения и без орошения. 80% коллекции сои было испытано в условиях Казахстана впервые. Были изучены такие признаки как длительность вегетационного периода, высота растения, урожайность, морфология и опушенность листа, *INDV*. Апробированы различные методы вычисления индексов засухоустойчивости сои.*

На основании оценки вегетационного периода коллекционные образцы сои разделены на 6 групп спелости: 00, 0, I, II, III, IV. Установлено, что 24 образца, отнесенные к IV группе спелости с вегетационным периодом более 160-170 дней, полностью не вызревают в условиях юго-востока РК.

*Установлено, что различные индексы (*STI*, *K1SYI*, *K2SYI*), используемые исследователями для оценки засухоустойчивости, относительно близки по значениям и могут быть использованы для оценки засухоустойчивости сортов сои. Выявлена прямая генотипическая корреляция урожайности семян и индекса засухоустойчивости (*STI*) испытываемых образцов по различным группам спелости и контрастных фонах орошения на уровне 0,642-0,947 как на орошении, так и на богаре.*

Из коллекции выделено 17 образцов с высоким индексом засухоустойчивости (0,83-4,8). Большинство образцов, имеющие высокие индексы засухоустойчивости относятся к II группе спелости.

*Выделены источники засухоустойчивости, имеющие высокие показатели по трем-четырем признакам *Sponsor*, *DV-254*, *Y-48*, *Припять*, *Вилана*, *Xinjiang D11-252*.*

Ключевые слова: соя, коллекция, богара, орошение, урожайность, индекс засухоустойчивости, морфологический признак.

Соя входят в десятку самых широко выращиваемых культур с общим объемом производства более 352 миллионов тонн в 2017 году. Посевная площадь сои занимает более

123 миллионов гектаров по всему миру, около половины которой приходится на США и Бразилию (данные ФАО) [1].

Благодаря уникальному и богатому химическому составу соя является культурой многоцелевого использования - продовольственного, кормового и технического. Высоко оценивается и агротехническое значение этой культуры. При инокуляции ризоторфином в условиях оптимальной влажности она накапливает в почве 60 – 120 кг/га азота и является хорошим предшественником зерновых и других не бобовых культур (П.Р Шот.,2007).

Из всех абиотических стрессов именно засуха является основным лимитирующим фактором на пути стабильного производства сои. Исследования, проведенные в полевых и тепличных условиях, показали, что стресс от засухи приводит к значительному сокращению урожая семян сои – до 24-50% [2, 3, 4,]. Двухлетний полевой эксперимент, проведенный Brown E. с соавторами на 4 сортах Davis, Lee 74, Sohoma и Centennial продемонстрировал, что наиболее большой урон урожайности сои наносит стресс засухи, вызванный в фазах R2 или R4 [5].

Наиболее объективная и достоверная оценка засухоустойчивости образцов – это сравнительный учет продуктивности растений в естественных условиях (в полевых опытах) в благоприятные и засушливые периоды вегетации [6]. Для оценки генотипов по степени их засухоустойчивости или толерантности к воздействию других неблагоприятных факторов принято использовать индексы засухоустойчивости. Анализ литературы показал разные подходы к их вычислению [7, 8, 9]. В одних работах используют отношение оценки урожайности при стрессе засухи к их оценкам в орошаемых условиях [8], в других их произведения, деленные на квадрат среднего значения урожайности всех испытываемых образцов при орошении [7]. По данным Дьякова А.В. и др. (2009) оценивать засухоустойчивость генотипов сои необходимо по величинам их урожаев в условиях засухи.

Ответ растения на засуху очень сложен и включает в себя взаимодействие между различными молекулярными, биохимическими и физиологическими процессами [10]. Одним из таких ответов является стремление растения поддерживать высокий уровень воды в период стресса. Вырабатываются адаптивные приспособления, включающие высокую водопоглощающую способность корней, формирование более длинного стержневого корня, который помогает достичь нижних слоев грунта, снижение испаряемости от надземных органов при формировании листьев меньшего размера, высокая эффективность транспирации, регулировка частичного закрытия устьиц, наличие опушения, которое защищает лист от перегрева и интенсивной солнечной радиации. При отборе засухоустойчивых форм необходима комплексная оценка по нескольким морфологическим и физиологическим маркерам.

В Казахстане взят курс на наращивание производства сои. Посевная площадь составила в 2018 году 126 тыс. га. Основным регионом возделывания сои является юг и юго-восток Казахстана. Продвижение сои в северные и восточные области республики является целевым индикатором Государственной программы развития агропромышленного комплекса в РК на 2017-2021 годы. Для большого разнообразия почвенно-климатических условий Казахстана требуются сорта сои, устойчивые к различным стрессам, и прежде всего сорта, устойчивые к засухе. В связи с этим в Казахском НИИ земледелия и растениеводства начата работа по созданию сортов сои северного экотипа, включающая селекцию на скороспелость и засухоустойчивость. Для селекционных исследований необходимо в первую очередь оценить имеющуюся коллекцию на адаптивность, продуктивность и засухоустойчивость в климатических условиях Казахстана и в дальнейшем использовать лучшие генотипы мировой коллекции для создания отечественных высокопродуктивных, засухоустойчивых линий.

Цель исследования - оценка адаптивности коллекционных образцов сои к условиям юго-востока Казахстана и скрининг по морфологическим и физиологическим маркерам засухоустойчивости на двух контрастных фонах возделывания (орошение, богара) для

выделения засухоустойчивых образцов в качестве источников целенаправленных скрещиваний.

Материал и методика исследований

Материалом исследований служили 98 сортов коллекции сои (*Glycine max L.*) отечественной и зарубежной селекции из 20 стран мира: Россия, Украина, Грузия, Беларусь, Таджикистан, Латвия, Венгрия, Польша, Молдова, Румыния, Китай, Япония, Франция, Канада, Швейцария, Швеция, Куба, Северная Корея, Вьетнам, Тайвань. В новую коллекцию вошли засухоустойчивые образцы, подобранные по литературным источникам и выписанные из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. 80% образцов поступило из U.S. National Plant Germplasm.

Коллекционные сортообразцы сои изучались на двух научных полевых стационарах Казахского НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР) – орошаемый и не поливной участок. Делянки при изучении коллекции размером 1 погонный метр, по 25 семян. Посев рандомизированный в трехкратной повторности. Вегетационные поливы на поливном стационаре осуществлялись трижды (в третьей декаде июня, второй декаде июля и второй декаде августа). На богарном стационаре полив не производился.

Метеорологические условия периода исследований фиксировались метеостанцией КазНИИЗиР. Максимальное количество осадков пришлось на весенний период апрель-май месяцы 2018 года. В этот период выпало 206,5 мм осадков, что на 88,4 мм превышает уровень среднемноголетних осадков (118,1 мм) на указанные месяцы. Осадки, выпавшие в апреле (81,6 мм) и мае (124,9 мм) месяцах способствовали накоплению влаги в почве и благоприятному прорастанию семян коллекционных образцов сои. Июнь месяц характеризовался как засушливый. За этот период выпало 28,7 мм осадков, что на 25,2 мм ниже среднего многолетнего значения (53,9 мм). В июле месяце наблюдалась самая высокая среднесуточная температура, равная 25,2°C. В данный период наступили фазы цветения и формирования бобов большинства сортов 0-III групп спелости. Осадки составили 32,3 мм, что на 6 мм были выше среднемноголетней нормы. По температурному режиму все весенние и летние месяцы характеризовались положительным температурным балансом, находящимся на уровне средней многолетней.

В августе наблюдались осадки в два раза выше среднемноголетних показателей и повышенный температурный фон (на 2,4 градуса). Всего за вегетацию сои выпало для скороспелых сортов 195,1 мм и для позднеспелых 238,6 мм.

Фенологические наблюдения проведены по основным фазам развития: посев, всходы (VE), появление тройничного листа (V1), цветение (R2), бобообразование (R4), налив бобов (R6), созревание (R8) [11]. Оценка урожайности проводилась из расчета средней массы семян с погонного метра (три повторности), измерялась при 13% влажности [12].

Индекс засухоустойчивости. Был произведен расчет нескольких индексов засухоустойчивости на основе литературных данных:

Индекс засухоустойчивости STI (Stress tolerance index) $STI = (Y_p \times Y_s) / \bar{Y}_p^2$ [7], где Y_p – урожайность генотипа при орошении; Y_s – урожайность при стрессе засухи; \bar{Y}_p – среднее значение урожайности при орошении всех испытываемых образцов;

Индекс стабильности урожайности YSI (Yield stability index): $YSI = Y_p / Y_s$ [8]

Модифицированный индекс засухоустойчивости [9] MSTI (Modified Stress tolerance index) $= K_1 STI$ $K_2 STI = Y_s^2 / \bar{Y}_s^2$ $K_2 STI = Y_p^2 / \bar{Y}_p^2$, где \bar{Y}_s - среднее значение урожайности всех испытываемых образцов при стрессе засухи;

Плотность опушения. Растительные образцы для анатомического исследования были отобраны в период, когда растения находились в генеративном возрастном состоянии R4 (фаза образования бобов) и яркого проявления недостатка влаги (июль-август).

Учитывая сильную фенотипическую вариабельность структуры и функциональной активности листа, для анатомических исследований были выбраны типичные фенотипы из опыта. Все наблюдения выполняли на листьях среднего яруса завершивших рост и дифференцировку. По каждому сорту проанализировано по 5 листьев с разных растений.

Были приготовлены анатомические препараты нижнего эпидермиса листа – методом «реплик». При оценке количества волосков использовали не менее 10-ти полей зрения микроскопа при увеличении $\times 100$ на Микроскопе Meiji Techno серии MT4000 (*Japan*). При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методики (Прозина М.Н., 1960)

Морфология листа была описана согласно классификации УПОВ TG/80/6 [13].

NDVI (индекс «зелени» растения или фотосинтетической активности). Для оценки состояния сортообразцов по индексу NDVI на двух контрастных стационарах (орошение, богара) был использован прибор GreenSeeker Handheld. Листовая диагностика листьев сои производилась путем оценки интенсивности зеленого цвета и измерения светопоглощения листьями растений сои. Сила обнаруженного света является прямым индикатором здоровья растений. Листовая диагностика всех образцов коллекции с помощью оптического датчика GreenSeeker Handheld проводилась с мая по август месяцы, каждые 10 дней. Во время обследования прибором оценивались растения с определенной площади сортообразца на трех повторностях. В течение вегетационного сезона обследование опытных делянок проводилось в динамике.

Корреляционный анализ и Basic statistics анализ выполнены с использованием программы *Statistica 10 (Портативная версия)*. Basic statistics анализ проведен с использованием графической статистики для наглядного изображения основных характеристик выборки Graph Type Box-Whiskers.

Biplot анализ – метод главных компонент (англ. principal component analysis, PCA) проведен с использованием программы XLSTAT.

Результаты и обсуждение

Соя – растение муссонного климата. В Дальневосточном регионе, где она сформировалась как культура, максимальное количество осадков приходится на вторую половину лета. Это время совпадает с периодом налива бобов, наибольшим накоплением зеленой массы и значением транспирации. В Казахстане распределение осадков иное. Пик их выпадения приходится на весну, первую половину лета, а в июле – августе их количество снижается. Опыт проведен на полевых стационарах, расположенных в Алматинской области, находящейся на высоте 740 метров над уровнем моря, $43^{\circ}15'$ с. ш., $76^{\circ}54'$ в. д. Для оценки адаптивности новой коллекции сои в условиях юго-востока Казахстана были изучены следующие признаки: длительность вегетационного периода, высота растения, урожайность, морфология листа, опушенность листа, INDV в условиях орошения и без орошения.

Вегетационный период. Устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды неодинакова у различных сортов в разные периоды жизни растений. Кроме этого, время наступления критических периодов развития, их продолжительность не совпадают у сортов с различной продолжительностью вегетационного периода. Одни из них попадают под действие неблагоприятных факторов в критические периоды, другие минуют эти стрессовые воздействия благодаря высокой скороспелости, обнаруживают более высокий уровень устойчивости в данной почвенно-климатической зоне. В другой климатической зоне степень устойчивости их может изменяться (Дагестан).

В связи с этим новая коллекция сои была изучена по длительности вегетационного периода в условиях юго-востока РК. Изучаемый коллекционный материал в зависимости от созревания при наборе определенного количества положительных температур был разбит на 6-7 групп спелости (000 – ультраскороспелая, 00 – скороспелая, 0 – раннеспелая, I – среднеранняя, II – среднеспелая, III – среднепоздняя, IV – позднеспелая) в зависимости от суммы положительной температуры, накопленной за вегетационный период.

Замечено, что при поливе образцы были дифференцированы по 6 группам, а при стрессе засухи на 7 (табл. 1).

По результатам испытания было установлено, что 24 образца (Vavilov 63-17, ZDD00403, Koushurei 235, KSHI 713, OAC Talbot, Wong Tau, Kaigen Shirobana, Takiya, Maruba daizu, Y-48, Koshurei No. 35, 5695, Mentou, 7204, Karika-Takuja, KAS 360-6, Feng shou

huang tou, Kojiro, Shiro hadaka 12, Qing da dou, Hong hu liu yue bao, Coc hong phuong a, Liu yue zao, 420), относящиеся к IV группе спелости не до конца вызрели в условиях юго-востока Республики Казахстан.

Таблица 1

**Продолжительность вегетационного периода сои разных групп спелости
(просчитанных по сумме положительных температур)**

Группа спелости	Сумма положительных температур, С ⁰	Вегетационный период, дни	Количество образцов, шт	
			полив	засуха
000	1700-2000	78-91	-	8
00	2000-2400	92-106	14	8
0	2400-2600	107-115	2	3
I	2600-2800	116-126	5	4
II	2800-3000	127-138	14	15
III	3000-3200	139-150	21	23
IV	Более 3200	Более 151	42	30

Высота растения. В наших исследованиях оценивалась высота растений сои, как одного из косвенных маркеров засухоустойчивости растений, в связи с высокой положительной корреляцией между глубиной проникновения корней и высотой растений [14]. Соотношение высоты растений к длине центрального корня у сои обычно составляет 1:2,2 – 1:2,4 [14]. Была оценена высота растений всех коллекционных образцов, выращенных в условиях орошения и без орошения.

В модели сорта для юго-восточного региона РК оптимальной высотой является 80-100 см, при которой формируется наилучшая урожайность. Низкорослые сорта характеризуются низким прикреплением бобов, а высокорослые склонны к полеганию, что ведет в обоих случаях к потере урожайности при комбайнировании [15].

В среднем по группам спелости отмечено, что растения сортообразцов коллекции формировали на поливном стационаре высоту выше (от 35,4 см до 155,4 см), чем на засушнике (от 39,4 см до 76,5 см). На орошаемом стационаре высота большинства растений позднеспелой группы составила 150-200 см, что привело к их полному полеганию. На неполивном участке полегание растений не зафиксировано.

Выделены сортообразцы, высота которых и на поливе и без него была на одном уровне, или же без полива была выше: в ультраскороспелой группе – Магева, Айма, Гармония, Mapleamber, Красивая мечта, Устя, Припять, Танаис, Спритна, в скороспелой – Xinjiang heihe 38, в среднеспелой – Maplearrow, Xinjiang D10-135, в позднеспелой – Ситора, DV-254.

Высота растений сои по данным многих исследователей имеет прямую корреляцию с урожайностью [14]. В наших исследованиях корреляционный анализ высоты и урожайности растений так же показал положительные значения среднего и сильного уровня значимости коэффициента в пределах 0,655-0,839 на орошении для 00 – I групп спелости и слабые значения 0,283-0,424 для II-IV групп спелости. Корреляция высоты растений с урожайностью на засухе была ниже и составила 0,293-0,650.

Оценка урожайности. Испытание на засухоустойчивость в засушниках и суховейных установках дает возможность подвергать растения почвенной и атмосферной засухе в любой период вегетации для оценки сортов. Сорта, в меньшей степени снижающие урожайность по сравнению с орошением, считаются более засухоустойчивыми. Проведена сравнительная оценка урожайности семян на двух контрастных фонах (орошение, без орошения). Наибольшие показатели урожайности семян коллекции в условиях юго-востока РК отмечены у образцов II-ой группы спелости, как орошаемом участке (64,6-317,1 г/м), так и без орошения (26,9-124,6 г/м) (рис. 1, табл. 2).

Из разных групп спелости выделены образцы, сформировавшие достаточно высокую урожайность не только в условиях орошения, но и в условиях засушника: в 00 группе – Припять (64 г/м), Танаис (64 г/м); Mapleamber (64 г/м); II группе – Sponsor (125 г/м), Вилана (70 г/м), Xinjiang D11-252 (65 г/м), Селекта 302 (63 г/л); III группе – DV-254 (95 г/м), Букурия

(86 г/м), Wase Eda Mame (85 г/м), Ситора (72 г/м), Y-48 (95 г/м), VYTKA 2 (92 г/м), 5913 (76 г/м).

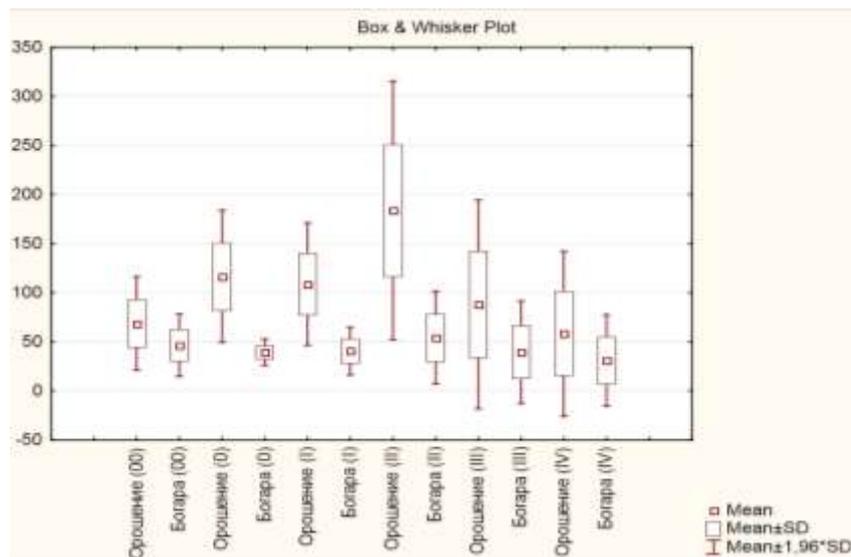


Рис. 1. Сравнительный анализ урожайности коллекционных образцов сои на орошении и без орошения (богара) в разрезе различных групп спелости

Таблица 2

Урожайность семян сои, г/п.м.

Опыт	Группа спелости	Минимальная	Максимальная	Mean ± SD
Орошение	00	34.4	108.3	68.4±24.3
Богара	00	16.3	64.3	46.4±16.2
Орошение	0	90.8	155.5	116.4±34.4
Богара	0	32.4	45.8	39.3±6.7
Орошение	I	65.8	140.8	108.8±31.6
Богара	I	28.4	57.4	40.6±12.3
Орошение	II	64.6	317.1	183.7±67.2
Богара	II	26.9	124.6	54.0±24.1
Орошение	III	25.4	265.0	87.9±54.3
Богара	III	10.8	95.1	39.6±26.5
Орошение	IV	4.2	204.1	58.3±42.9
Богара	IV	0.8	95.4	31.1±23.6

Индекс засухоустойчивости. По результатам оценки урожайности на контрастных фонах были вычислены различные индексы, используемые исследователями для оценки засухоустойчивости: индекс засухоустойчивости STI [7], индекс стабильности урожайности YSI [8] и модифицированные индексы засухоустойчивости сортов K1SYI и K1SYI [9]. На основании полученных индексов и данных урожайности был построен график Biplot, как способ визуализации и ранжирования образцов по засухоустойчивости (рис. 2). Линии, обозначающие урожайность на засухе и индексы засухоустойчивости расположились в одном сегменте графика. Анализ графика позволил выделить образцы расположенные близко к обозначенным линиям как самые засухоустойчивые.

Самые высокие индексы засухоустойчивости зафиксированы для следующих образцов: Sponsor (4,8), Букурдя (2,7), Вилана (1,9), Xinjiang D11-252 (1,7), Жансяя (1,6), DV-254 (1,4), Zen (1,2), Память ЮГК (1,1), Ситора (1,0), Maplearrow (1,0), Wase Eda Mame (0,98), Huang ke (0,93), Гибридная 670 (0,92), Селекта 302 (0,88), Скытнея (0,87), Y-48 (0,87), 5913 (0,86), Mapleamber (0,83). Большинство образцов, имеющие высокие индексы засухоустойчивости относятся к II группе спелости.

Корреляционный анализ урожайности и индекса засухоустойчивости (STI) испытываемых образцов по различным группам спелости и контрастных фонах орошения показал сильную связь ($r = 0,642-0,947$, $P < 0,05$) как на орошении, так и без орошения (табл.

2). Линия индекса стабильности урожайности при построении графика расположилась в отдельном сегменте. Это связано, по-видимому, с тем, что в ее вычислении используется простое отношение оценки урожайности при стрессе засухи к их оценкам в орошаемых условиях. Недостатком такого метода является то, что сорта с повышенным потенциалом урожайности в благоприятных орошаемых условиях и сравнительно высокие урожаи на засухе имеют ранги ниже, чем сорта, имеющие стабильные, но низкие урожаи на орошении и засухе (Дьяков А.Б. и др. 2009).

Вычисление статистической зависимости индекса стабильности урожайности с урожайностью образцов на двух фонах показали отрицательные и низкие коэффициенты корреляции ($r = -0,770-0,453$, $P < 0,05$).

Достаточно сильная корреляционная связь была отмечена между индексом стабильности урожайности и урожайностью ($r = 0,639-0,906$, $P < 0,05$) в группах спелости 0 – I, выращенных на засухе. Это объясняется тем, что растения образцов начальных групп прошли фазы цветения и завязывания семян до начала июльской засухи и дали сравнительно стабильный урожай.

Ранжирование изучаемых образцов коллекции по индексу стабильности урожайности YSI позволило выделить образцы со сравнительно стабильной урожайностью, как на орошении, так и на богаре: 00 группа спелости - Красивая мечта (1,1), Fiskeby 4 (1,0), Магева (0,97); III группа спелости - Gong jiao 6308-1 (1,6), Jilin No. 10 (1,0), Kindaizu (0,96), 6575 (0,94).

Анатомо-морфологические признаки засухоустойчивости. Морфологические и физиологические приспособления листьев к стрессу засухи позволяют уменьшить потерю воды и повысить эффективность ее использования. Исследователями отмечена тенденция уменьшения листовой поверхности посевов сои для уменьшения транспирации во время дефицита влаги [15]. Более узкие листья сои являются показателями ксероморфности растения. Проведено морфологическое изучение коллекционных образцов сои по форме листа.

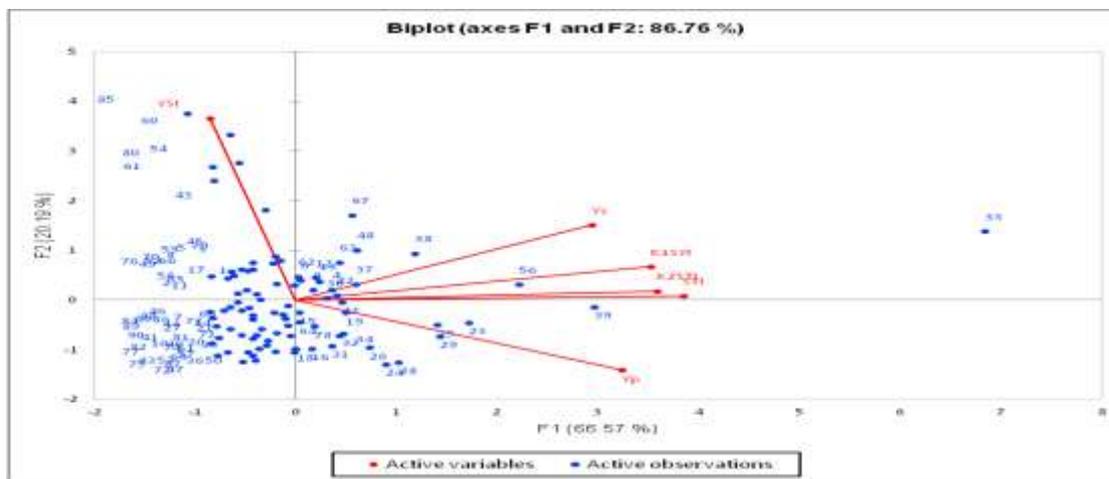
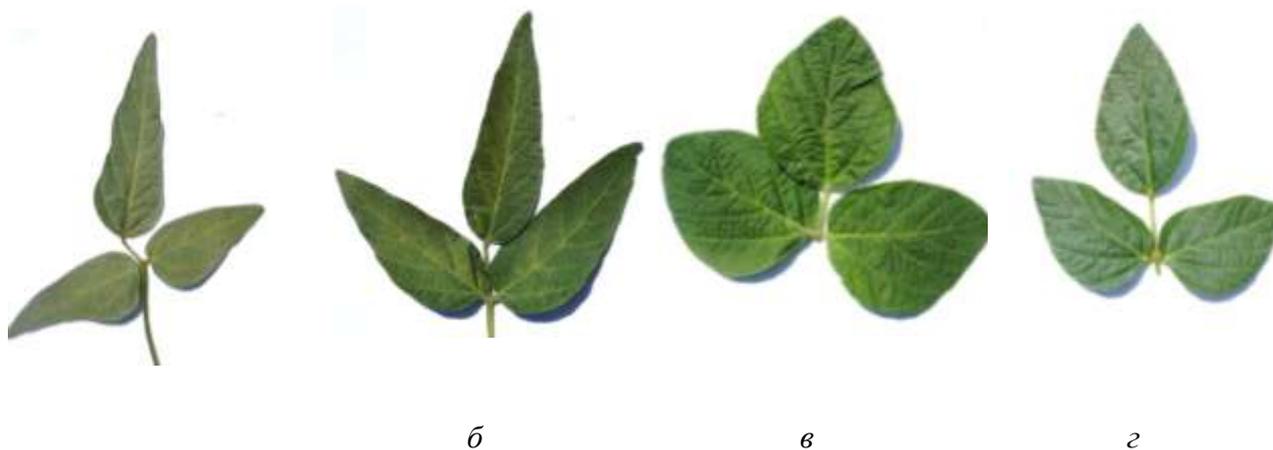


Рис. 2. Графический Biplot анализ коллекционных образцов сои по индексам засухоустойчивости и урожайности в контрастных условиях (орошение, без орошения)

Из 100 коллекционных номеров узколистностью обладают 11 сортов, из них 1 ланцетовидный – Marpleambeg (Канада), и 10 треугольной формы – Гармония, Красивая мечта (Россия), Память ЮГК (Казахстан), Sponsor (Франция), Xinjiang heihe 38, Xinjiang D11-252, Xinjiang D10-130, Xinjiang D10-135, Gong jiao 6308-1 (Китай), Monbetsu Nagaba daizu (Япония). Округло-яйцевидной формой обладают 9 сортообразцов Цзи-ти 4, Колхида 4, Huang ke, ZDD00403, Kiio Shokuzu, Kimusume-Sai-I-go, Shimizu 1-8-1, Kojiro, Xiao hei mei. У подавляющего большинства сортообразцов форма листовой поверхности была заостренно-яйцевидной (рис. 3).

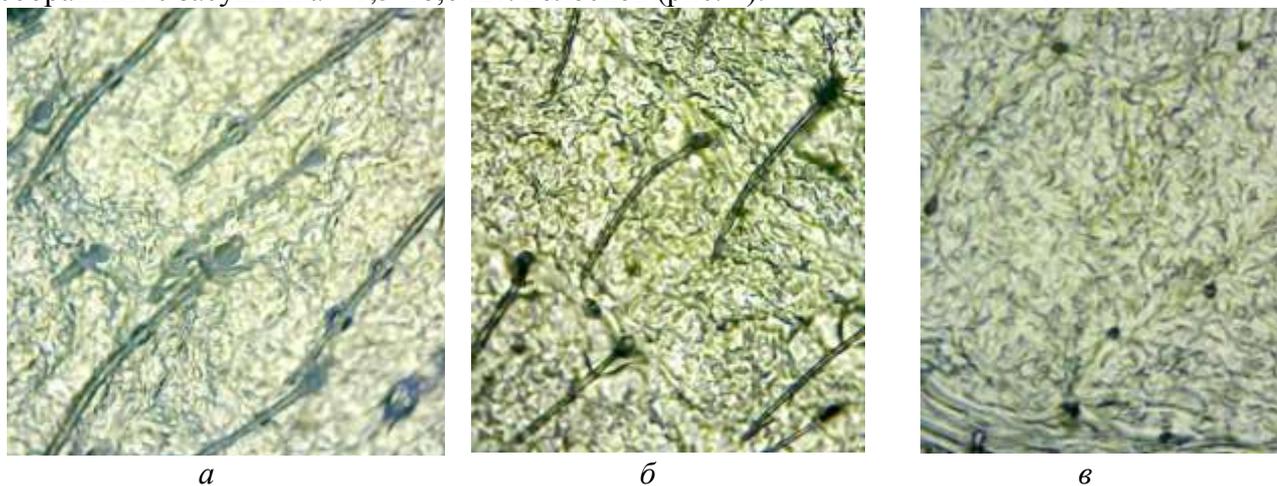


а – ланцетовидная; б – треугольная; в – яйцевидно-округлая; г – яйцевидно-заостренная
Рис. 3. Форма листовой поверхности коллекционных сортообразцов сои

Нами отмечено, что большинство образцов сои, имеющих узкие листья треугольной и ланцетовидной формы, обладают высокими значениями индекса засухоустойчивости: Sponsor (4,8), Xinjiang D11-252 (1,7), Память ЮГК (1,1), Mapleamber (0,83), Xinjiang D10-130 (0,80) и Гармония (0,67).

Плотность опушения листьев. Одним из морфологических приспособлений листьев к борьбе с засухой является плотное опушение листа. Опушение листа это общая особенность ксерофитных растений, а также некоторых сельскохозяйственных культур, в том числе сои. Волоски создают экран, защищающий листья от перегрева [6, 10].

Для оценки присутствия признаков ксероморфизма у сортов сои все образцы были оценены по степени опушенности. Оценка опушенности листьев сортов сои показала, что в поле зрения микроскопа при увеличении 10x10 насчитывается в среднем на образцах собранных с поливного опытного участка от 1,0 до 16,67 шт. волосков, на образцах, собранных с засушника – 1,5-18,6 шт. волосков (рис. 4).



а – Huang ke; б – Диндоне; в - Ichiyo Gawari
Рис. 4. Опушение листовой поверхности коллекционных сортообразцов сои

Наибольшее опушение – 22,78 штук волосков отмечено на засушнике у сорта Jilin No 10. По высокой опушенности листьев выделены образцы из коллекции в условиях засухи: Jilin No 10 (22,78 шт), Wong Tau (21,2 шт), Nhat 10 (19,2 шт), Кыэ-шуан (18,6 шт), Tun san bai can ker (18,1 шт), DV-254 (17,6 шт). Отмечены 4 образца, листья которых не имеют опушения (0 шт. волосков): Koshurei No. 35, Ichiyo Gawari, Shimizu 1-8-1, Shiro hadaka 12 (рис. 4).

Подобные образцы в условиях юго-востока Казахстана изучаются впервые.

NDVI – как ответная реакция на стресс. Все коллекционные образцы 6 групп спелости сравнили по среднему значению NDVI в контрастных условиях (орошение и без орошения). Значения NDVI коллекционных образцов при орошении значительно ниже их значений при стрессе от засухи. Отмечена тенденция увеличения значений NDVI по группам спелости с увеличением вегетационного периода как на орошении 0,70-0,844, так и без орошения 0,639-0,710. Уровень максимального накопления биологической массы наблюдался в позднеспелой группе и варьировал в пределах 0,79-0,89 на орошении и 0,71-0,83 на засухе. На основании сравнения значений NDVI на орошении и без, по каждому образцу выделены генотипы, не снижающие значения при стрессе от засухи и наоборот, повышенные по сравнению с орошением: Fiskeby 4 (7,0 и 7,0); Припять (0,64 и 0,64), DV-254 (0,78 и 0,79), Huang ke (0,76 и 0,79), Jilin No. 10 (0,75 и 0,74), Ichiyo Gawari (0,83 и 0,84), Y-48 (0,82 и 0,80), Nakuchuta (0,82 и 0,80), Gong jiao 6308-1 (0,81 и 0,79). Корреляционный анализ NDVI и урожайности у испытываемых образцов на контрастных фонах орошения показал положительную слабую и среднюю уровни корреляции (0,221-0,684) как на орошении, так и на богаре (0,114-0,612) по 0-III группам спелости (табл. 3). Отмечена слабая и средняя положительная корреляция NDVI с высотой растений, как на орошении (0,339-0,770), так и на богаре (0,228-0,674).

Таблица 3

Коэффициент генотипической корреляции

Группы спелости	опыт	Параметры	Урожайность, г/п.м	Высота растения, см	STI	YSI	NDVI
00	богара	урожайность	1	0,487	0,924	0,258	-0,137
		высота растения	0,487	1	0,579	-0,288	0,016
		STI	0,924	0,79	1	-0,100	0,010
	орошение	урожайность	1	0,655	0,947	-0,402	0,221
		высота растения	0,655	1	0,648	-0,293	0,339
		STI	0,947	0,648	1	-0,100	0,179
0	богара	урожайность	1	0,650	-0,282	0,906	0,215
		высота растения	0,650	1	-0,845	0,959	-0,913
		STI	-0,282	-0,845	1	-0,660	0,989
	орошение	урожайность	1	0,839	0,795	-0,980	0,684
		высота растения	-0,998	1	0,338	-0,929	0,770
		STI	0,795	0,338	1	-0,660	0,102
I	богара	урожайность	1	0,422	0,705	0,639	0,612
		высота растения	0,422	1	0,904	-0,376	0,613
		STI	0,705	0,904	1	-0,086	0,597
	орошение	урожайность	1	0,804	0,642	-0,770	-0,146
		высота растения	0,045	1	0,633	-0,592	-0,057
		STI	0,642	0,633	1	-0,086	-0,192
II	богара	урожайность	1	0,293	0,936	0,356	0,114
		высота растения	0,293	1	0,203	0,334	0,674
		STI	0,936	0,203	1	0,054	0,227
	орошение	урожайность	1	0,424	0,800	-0,479	0,243
		высота растения	0,424	1	0,645	0,349	0,340
		STI	0,800	0,645	1	0,054	0,279
III	богара	урожайность	1	0,391	0,797	0,453	0,401
		высота растения	0,391	1	0,409	0,115	0,228
		STI	0,797	0,409	1	-0,034	0,290
	орошение	урожайность	1	0,283	0,847	-0,465	0,036
		высота растения	0,283	1	0,276	-0,214	0,003
		STI	0,847	0,276	1	-0,034	-0,238
IV	богара	урожайность	1	0,397	0,787	0,245	0,027
		высота растения	0,397	1	0,340	0,048	0,281
		STI	0,787	0,340	1	-0,131	0,083
	орошение	урожайность	1	0,317	0,806	-0,462	0,145
		высота растения	0,317	1	0,497	-0,009	-0,131
		STI	0,806	0,497	1	-0,131	-0,059

Заключение

На основании оценки вегетационного периода в условиях юго-востока Казахстана коллекционные образцы сои были разделены на 6 групп спелости: 00, 0, I, III, IV. По результатам первого года испытания на адаптивность коллекции сои к условиям юго-востока РК установлено, что 24 образца отнесенные к IV группе спелости с вегетационным периодом более 160-170 дней не дошли до фазы полной спелости.

Полевое испытание 98 коллекционных образцов в контрастных условиях – орошении и засухи позволило выделить образцы, сформировавшие достаточно высокую урожайность и в условиях богары: в 00 группе – Припять (64 г/м), Танаис (64 г/м); Mapleamber (64 г/м); II группе - Sponsor (125 г/м), Вилана (70 г/м), Xinjiang D11-252 (65 г/м), Селекта 302 (63 г/л); III группе - DV-254 (95 г/м), Букурия (86 г/м), Wase Eda Mame (85 г/м), Ситора (72 г/м), Y-48 (95 г/м), VYTKA 2 (92 г/м), 5913 (76 г/м).

Установлено, что различные индексы, используемые исследователями для оценки засухоустойчивости – индекс засухоустойчивости STI и модифицированные индексы засухоустойчивости сортов K1SYI и K1SYI относительно близки по значениям и могут быть использованы для оценки засухоустойчивости сортов сои. Выявлена прямая генотипическая корреляция урожайности семян и индекса засухоустойчивости (STI) испытываемых образцов по различным группам спелости и контрастных фонах орошения на уровне 0,642-0,947 как на орошении, так и на богаре.

Из коллекции выделено 17 образцов с высоким индексом засухоустойчивости (0,83-4,8). Наиболее высокий индекс засухоустойчивости был отмечен у сортов – Sponsor (4,8), Букурия (2,7), Вилана (1,9), Xinjiang D11-252 (1,7), Жансяя (1,6), DV-254 (1,4). Большинство образцов, имеющие высокие индексы засухоустойчивости относятся к II группе спелости.

Анализ изучаемых образцов коллекции по индексу стабильности урожайности YSI позволил выделить образцы со сравнительно стабильной урожайностью, как на орошении, так и на богаре: 00 группа спелости – Красивая мечта (1,1), Fiskeby 4 (1,0), Магева (0,97); III группа спелости - Gong jiao 6308-1 (1,6), Jilin No. 10 (1,0), Kindaizu (0,96), 6575 (0,94).

Рассмотрена возможность использования значений NDVI как ответной реакции на стресс от засухи. Корреляционный анализ NDVI и урожайности у испытываемых образцов на контрастных фонах орошения показал положительную слабую и среднюю уровни корреляций (0,221-0,684) как на орошении, так и на богаре (0,114-0,612) по 0-III группам спелости. Коллекция была охарактеризована по морфологии листа и плотности опушения. Установлено, что большинство образцов получившие высокие значения индекса засухоустойчивости имеют треугольную форму листьев.

Работа выполнена в рамках финансирования Комитета науки МОН РК по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» проекту ИРН AP05131562 «Поиск и применение фенотипических и молекулярных маркеров для оценки рабочей коллекции и в селекции сои на засухоустойчивость».

Литература

1. <http://www.fao.org/faostat>
2. Specht J.E., Hume D.J., Kumudini S.V. Soybean yield potential - a genetic and physiological perspective // Crop Science. – 1999. - Vol. 39. – P. 1560-1570.
3. Frederick J.R., Camp C.R., Bauer P.J. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean // Crop Science. - 2001. – Vol.41(3). – P. 759-763.
4. Sadeghipour O., Abbasi S. Soybean response to drought and seed inoculation // World Applied Sciences Journal. – 2012. – Vol.17(1). – P.55-60.
5. Brown E., Brown D., Caviness C. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit // Agronomy Journal. – 1985. – Vol.77 (2). – P. 274-278.
6. Ku Y.Sh., Au-Yeung W.K., Yung Y.L., Li M.W., Wen Ch.Q., Liu X., Lam H.M. Drought Stress and Tolerance in Soybean Chapter 10 P.209-237 Doi.org/10.5772/52945

7. Fernandez, G.C.J. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress Tolerance. Asian Vegetable Research and Development Centre. – Taiwan, 1992. – P. 257-270 p
8. Bouslama M. and Schapaugh, W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Sci. – 1984. – Vol.24. – P. 933–937 Doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
9. Farshadfar, E. and Sutka J. Screening drought tolerance criteria in maize // Acta Agron Hung. - 2002. – Vol.50. – P. 411–416. Doi.org/10.1556/AAgr.50.2002.4.3
10. Manavalan L.P., Guttikonda S.K., Tran L.S.P., Nguyen H.T. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean // Plant and Cell Physiology. 2009. V. 50,N. 7. P. 1260-1276. Doi:10.1093/pcp/pcp082
11. Fehr W.R., Caviness C.E. Stages of soybean development. Cooperative Extension Service. - Ames, Iowa: Iowa State University, 1979. – 210 с. Doi. lib.dr.iastate.edu/specialreports/87
12. Вишнякова М.А., Буравцева Т.В., Булынец С.В. Методические указания по изучению зернобобовых культур.- Санкт- Петербург: ВИР, – 2010. - 48 с.
13. УПОВ TG/80/6 «Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability», – 1998.
14. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои // Научный диалог. Естественные и экология. – 2012. – Вып. – № 7. – С.40-59.
15. Дидоренко С.В. Кудайбергенов М.С., Аbugалиева С.И., Турусбеков Е.К. Признаки продуктивности сортообразцов скороспелой коллекции сои (Glycine. Max) в условиях юго-восточного Казахстана // Конференция научных работников «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии», Новосибирск, 4-6 октября, – 2017. – С 122-124.

THE SEARCH FOR SOURCES OF DROUGHT RESISTANCE AMONG A NEW COLLECTION OF SOYBEAN (GLYCINE MAX) IN CONDITIONS OF SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN

R.S. Erzhebaiyeva, S.V. Didorenko, M.S. Kudaybergenov,
A.K. Daniyarova, A.A. Amangeldiyeva

LLP «KAZAKH SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE
AND PLANT GROWING»

Abstract: *In the South-East of the Republic of Kazakhstan 98 soybean collection samples (Glycine max L.) of domestic and foreign varieties from 20 countries were tested: Russia, Ukraine, Georgia, Belarus, Tajikistan, Latvia, Hungary, Poland, Moldova, Romania, China, Japan, France, Canada, Switzerland, Sweden, Cuba, North Korea, Vietnam and Taiwan. Soybean collection were tested on two contrasting backgrounds to find new drought resistant sources: in the irrigated and rainfed land conditions. 80% of soybean collection was tested in Kazakhstan for the first time. Traits such as length of the vegetation period, plant height, yield, morphology and leaf pubescence, INDV were studied. Various methods related to calculation of soybean drought resistance indexes were developed.*

Based on the assessment of vegetation period, soybean collection samples were divided into 6 maturity groups: 00, 0, I, II, III, IV. It was found that 24 samples, belong to the IV maturity group, have a vegetation period of above 160-170 days do not fully ripen in the South-East of Kazakhstan.

Different indexes (STI, K1SYI, K2SYI) used by researchers to assess drought resistance have relatively similar values and can be used to assess drought resistance of soybean varieties. The direct genotypic correlation of seed yield and drought resistance index (STI) of the tested samples for different maturity groups and contrast backgrounds of irrigation ranged from 0.642-0.947 on both irrigated and rainfed land.

17 samples with high drought resistance index (0.83-4.8) were identified from the collection. The majority of samples with high indexes of drought resistance belong to the II maturity group.

The sources of drought resistance with high indicators on three-four trait, Sponsor, DV-254, Y-48, Pripyat, Vilana, Xinjiang D11-252, were identified.

Keywords: soybean, collection, rainfed, irrigation, yield, index of drought resistance, morphological trait.