

УДК 633.853.52

МРНТИ 34.31.37

DOI 10.37238/2960-1371.2960-138X.2025.97(1).46

¹Евлоева Х.С., ¹Рахымгожина А.Б., ¹Сыздык М.Р., ¹Атабаева С.Д.,
²Дидоренко С.В., ¹Нурмаханова А.С., ¹Алыбаева Р.А.

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г.Алматы, Казахстан

²ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства», п. Алмалыбак, Алматинская область, Казахстан

E-mail: khavayevloyeva@gmail.com

СКРИНИНГ ТОЛЕРАНТНЫХ К ЗАСОЛЕНИЮ (NaCl) СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛИЦЫ

Аннотация. На сегодняшний день засоление почвы является серьезной проблемой сельского хозяйства. Известно, что приблизительно около 62 миллионов гектаров или 20% орошаемых земель в мире подвержены засолению. В Казахстане засоленные почвы сосредоточены в Кызылординской, Мангистауской и Алматинской областях. Избыточное количество соли в почвах уменьшает урожайность сельскохозяйственных культур. Поглощение большого количества солей подавляет физиологические и биохимические процессы растений. В статье представлены результаты скрининга сортов сои (*Glycine max* L.), выращенных в почве и гидропонным методом. Исследование проводили на 14-дневных проростках отечественных сортов сои. Проростки оценивались на устойчивость по реакции на добавление NaCl в питательную среду. Оценку проводили по «степени ожога листьев», как одному из показателей действия засоления на листья сои. Солеустойчивые сорта имели показатель степени ожога листьев ≤ 3 . Растения подвергались солевому стрессу в период роста появления второго и третьего тройчатых листьев. При сравнении двух методов установлено, что результаты их коррелируют между собой по степени повреждения листьев. При анализе солеустойчивости 3 из 10 анализируемых сортов проявили устойчивость.

Ключевые слова: засоление, скрининг; *Glycine max* L.; степень ожога листьев; NaCl; гидропоника.

Введение

Засоление как общеизвестный процесс деградации земель является комплексной проблемой, имеющей многочисленные причины. В Казахстане засоленные почвы распространены почти повсеместно. Более 60% территории страны занимают пустыни и полупустыни, где подверженные засолению почвы занимают значительную область в структуре почвенного покрова [1, с. 2]. По данным сводного аналитического отчета о состоянии и использовании земель



Министерства Сельского хозяйства РК, площадь засоленных почв в Казахстане составляет более 140 млн гектаров, или 43% от всей территории страны [2, с. 124].

Химическая природа засоленных почв представлена в основном хлоридами (натрия, частично магния), переносимыми поверхностными и подземными стоками через эоловый перенос. По степени засоленности преобладают солончаки, накапливающие соль непосредственно на поверхности, что значительно препятствует развитию растений [3, с. 48].

Засоление является важным ограничивающим фактором для растениеводства. В результате токсического действия солей резко снижается урожай важных сельскохозяйственных культур [4, с. 118]. Одной из таких культур является соя (*Glycine max* (L.) Merr.). На сегодняшний день соя имеет широкое применение в пищевой, кормовой, технической, текстильной, косметической и фармакологической промышленности [5, с 11-14]. Растения сои умеренно солеустойчивы, однако избыток соли значительно снижает урожайность [6, с. 2191]. По данным исследований, пороговые концентрации для получения урожая сои на засоленных почвах варьируют от 4,0 до 7,0 dS/m [7, с. 16]. В результате накопления хлорида в стеблях и листьях, уменьшается биомасса растений, высота стеблей, площадь листа, объем корня, замедляются процессы созревания семян, в следствие чего происходит резкое снижение урожая [8, с. 884]. В среднем, урожайность сои при солевом стрессе снижается на 20% при уровне засоления 4,5 dS/m и на 56% при 6,7 dS/m по сравнению с урожайностью при низких концентрациях (0,8 dS/m) [9, с. 8].

Классические эксперименты, проведенные Abel G. с его сотрудниками (2016), показали, что вызванные засолением повреждения связаны с высоким содержанием ионов хлора в надземных органах растений сои [10, с. 158]. Однако до сих пор неизвестно, ионы натрия или хлора играют наиболее важную роль в NaCl-индуцированной гибели растений сои. Учеными университета Арканзаса описан метод определения устойчивых к засолению сортов сои с использованием оценки степени ожога листьев, получаемых растениями при действии высоких концентраций солей (NaCl) на 14-ти дневных проростках сои [11, с. 589]. Ожог листьев растений – повреждения органов и тканей растений, вызываемые рядом травмирующих факторов. Проявляются ожоги изменением цвета поражённых частей в желтый и белый цвет в результате хлороза и бурый цвет в следствии некроза (отмирания) пораженного участка [12, с. 59]. Хлороз – нарушение образования хлорофилла в листьях с последующим снижением активности фотосинтеза. Некроз – отмирание какого-либо участка ткани или части растения [13, с. 3]. Ожоги могут быть термическими, возникающими в результате воздействия высоких и низких температур, химическими – вызванные неправильным применением пестицидов, высокой концентрацией ядовитых веществ в почве. Ожогами называют также ряд грибных и бактериальных заболеваний, внешние признаки которых напоминают ожог (так называемые инфекционные ожоги) [14, с. 8]. Важным является выбор метода получения проростков сои для проведения скрининга по показателю степени ожога листьев.

Полевые методы определения толерантных сортов являются наиболее трудоемкими и не точными, так как оценка устойчивости растений,



выращиваемых на засоленных полях затруднена неравномерным распределением соли по всей площади, а также изменчивыми климатическими условиями в период выращивания [15, с. 39]. Существуют также молекулярно-генетические методы идентификации солеустойчивых сортов с использованием ДНК-маркеров [16, с. 941]. Эти методы являются наиболее точными и эффективными, так как определяется наличие аллелей толерантности к соли в маркерных локусах. Маркер ДНК с простым повторением последовательности (SSR) имеющий от 80 до 90% сцепления в локусах анализируемой ДНК является индикатором наличия группы генов солеустойчивости. Однако такие методы являются дорогостоящими, в связи с чем ограничена доступность проведения идентификации для многих селекционеров [17, с. 12].

Широко распространенным является гидропонный метод скрининга солеустойчивости сои, заключающийся в выращивании растений в питательном растворе с последующим добавлением NaCl [18, с. 7960]. Обработку солью начинают, когда растения находятся на стадии роста от V2 до V3 (когда у растения появляются 2 и 3 тройчатые листья). того, как отчетливо видны симптомы ожога листьев, свидетельствующие о повреждении солью, сорта оцениваются на толерантность. Чувствительные сорта называют «хлорид-включающими», так как повреждение происходит за счет слабого препятствия растений накоплению хлоридов. Толерантные же сорта ограничивают поглощение хлорид-ионов и называются «хлорид-исключающими» [19, с. 1596]. При гидропонном выращивании растений возможен контроль питательных веществ в растворе, освещения и температуры, от которых зависит развитие растений.

Также, достаточно удобным и простым при определении устойчивых к засолению сортов сои является так называемый метод «пластиковых контейнеров» (метод ПК). Здесь в качестве питательной среды используется почвенный состав, включающий торф, речной песок и вермикулит. Когда у растений появляются первые тройчатые листки (стадия роста V2, V3), пластиковые контейнеры поливают солевым раствором до тех пор, пока ожог листьев не будет значительно выражен для оценки устойчивости [20, с.2199].

Целью данного исследования было определение солеустойчивых сортов по степени ожога листьев, получаемых растением при длительном воздействии 100 mM NaCl. Ниже представлены результаты экспериментов по скринингу на солеустойчивость выращенных в теплице сортов сои.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись 10 отечественных сортов сои: «Перизат», «Алматы», «Акку», «Жансая», «Мисула», «Эврика», «Виктори», «Вита», «Ласточка», «Ивушка», взятых из коллекции ТОО «Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства». Для сравнения двух быстрых методов при определении толерантных сортов применяли два метода: гидропонный и метод «пластиковых контейнеров».

Гидропонный метод: исследование проводили с использованием питательной среды Кнопа [21, с. 32].

Предварительно промытые 10 семян каждого сорта замачивали в дистиллированной воде и проращивали в течение трех суток в чашках Петри в термостате при 22 °С. 3-х дневные проростки переносили на пенопластовых подложках в чашки с питательным раствором объемом 300 мл (рисунок 2). Располагали проростки корнями вниз, оставляя на поверхности только семядоли.

В состав питательной среды входило: 1 г нитрата кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), 0.25 г гидроортофосфата калия (KH_2PO_4), 0.125 г хлорида калия (KCl), 0.25 г сульфата магния (MgSO_4) и 0.025 г фосфата железа трёхвалентного (FePO_4) на 1 литр дистиллированной воды. Все компоненты питательной среды являются химически чистыми и были приобретены в ТОО «QazBioHim Industries» (Алматы, Казахстан). Спустя 2 недели проростки, достигшие стадии роста V1, когда появляется первый тройчатый лист (рисунок 1), были пересажены на новую питательную среду и поделены на 2 варианта: контрольный, без соли, и опытный, с добавлением 100 мМ NaCl.

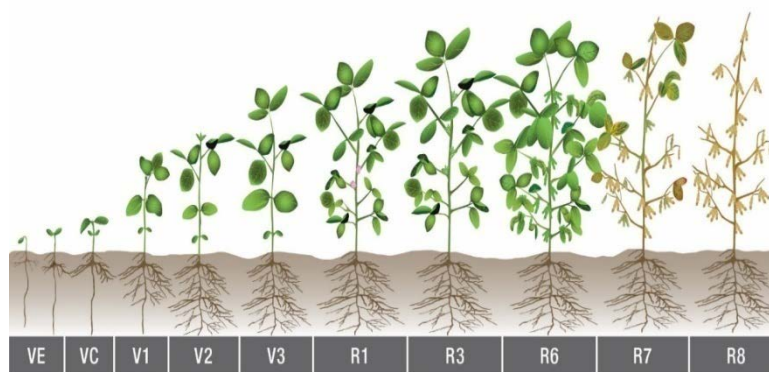


Рисунок 1 – Стадии роста растений сои по Purcell, L.C. [22, с. 56]

Далее растения подвергались солевому стрессу на стадиях от V2 до V3, в течении 8-10 дней, до проявления явных симптомов ожога листьев.

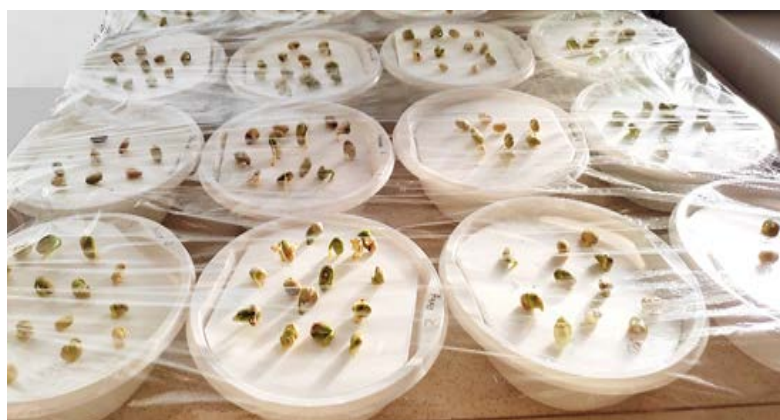


Рисунок 2 – Выращивание проростков сои гидропонным методом на питательной среде Кнопа [21, с. 32]

Регистрацию степени ожога листьев начали проводить, когда у чувствительных сортов появились первые симптомы действия NaCl, на 18 день эксперимента, и регистрировали каждый день до проявления сильного хлороза и некроза.

Метод «пластиковых контейнеров» (метод ПК): для проращивания семян использовали пластиковые контейнеры [23, с. 1775], был приготовлен почвенный состав, включающий биогрунт, речной песок и вермикулит в соотношении 2:1:0.1, (производитель ООО «Лама торф», Россия) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Биогрунт, вермикулит и речной песок, использованные для приготовления почвенного состава

Питательный состав почвы: NO_3 – 350 мг/л, P_2O_5 – 30 мг/л, K_2O – 400 мг/л. 10 семян сои высаживали в небольшие пластиковые контейнеры, объемом 300 мл, заполненных на 3/4, 160 г почвы (рисунок 4). Семена сажали для 2-х вариантов – 0 и 100 мМ NaCl.

Далее, до достижения растениями стадии роста V1, поддерживали 30% влажность почвы, поливая растения 3 раза в неделю водопроводной воды. Растения поливали водой, содержащей 100 мМ NaCl. Таким образом, анализируемые сорта сои, как и в предыдущем эксперименте, подвергались солевому стрессу в течении 8-10 дней, на стадии роста от V2 до V3.



Рисунок 4 – Выращивание растений сои методом «пластиковых контейнеров» по [23, с. 1775]

Первые проявления симптомов ожогов листьев были зарегистрированы у чувствительных сортов на 17 день эксперимента и регистрировались также, как и в случае гидропонного метода.

Определение степени ожога листьев. По окончании экспериментов по каждому из методов, (гидропонного и метода ПК), проводилась оценка степени ожога листьев, в соответствии со шкалой от 1 до 6 (рисунок 5), где 1 = здоровый лист (полное отсутствие хлороза), 2 = незначительный ожог (1-20 % хлороза), 3 = начальный ожог (21-40% хлороза), 4 = умеренный ожог (41-60% хлороза и незначительный некроз), 5 = тяжелый ожог (61-80% хлороза и некоторый некроз) и 6 = мертвые листья (с проявлением сильного хлороза и некроза, увядшие листья) [24, с. 236].

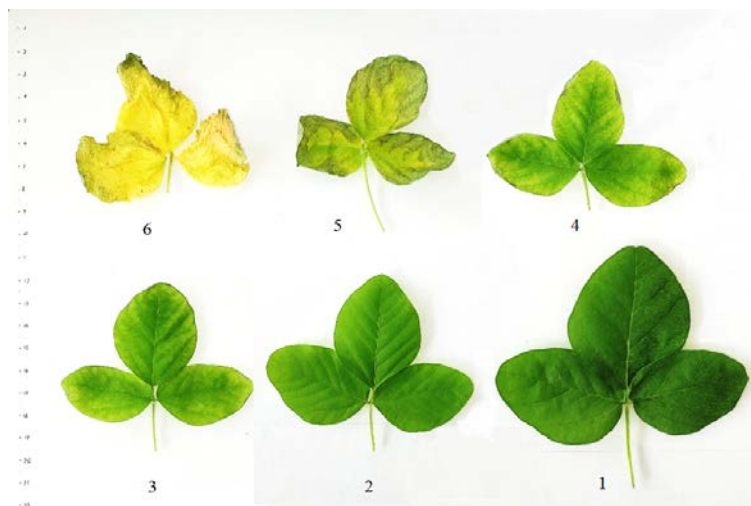


Рисунок 5 – Показатели степени ожога листьев по [24, с. 236]

Средний показатель степени ожога листьев (СОЛ) для каждого сорта рассчитывался по следующей формуле:

$$СОЛ_{ср} = \frac{\sum(СОЛ_i) \cdot n_i}{\sum n_i},$$

Где $СОЛ_i$ – показатель степени ожога листьев, N – количество анализируемых растений, N_o – общее количество растений на одну повторность.

Эксперименты для каждого метода скрининга были проведены одновременно, в трех повторностях:

- 1 повторность – 29.04 – 20.05.2023 г.,
- 2 повторность – 03.06. – 27.06.2023 г.,
- 3 повторность – 21.07. – 10.08.2023 г.

Максимальные температуры регистрировались ежедневно в течение всех повторений (рисунок 6).

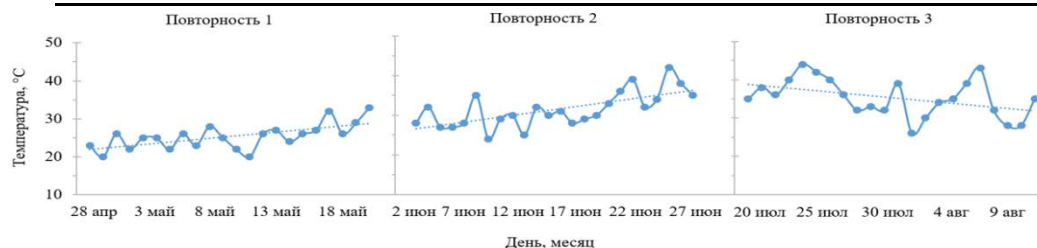


Рисунок 6 – Ежедневные показатели температуры в теплицах в течение трех повторов экспериментов по скринингу солеустойчивости сои

Средняя температура воздуха в теплице во время проведения экспериментов составила +25,3 °С.

Статистическая обработка данных, а также проверка достоверности опытов, проводилась с помощью дисперсионного анализа стандартного пакета программ MS Excel. Вычисление ошибки среднего проводили по Петерсу, с использованием фактора Молденгауэра [25, с. 97]. Корреляционная зависимость между методами (r) была рассчитана по Пирсону, с использованием онлайн-сервиса статистических расчётов, Stanly Statistics [26, с. 1].

Результаты исследования

После обработки солью у всех анализируемых сортов наблюдался более медленный рост по сравнению с контролем. Симптомы появления ожогов листьев наблюдались сначала у чувствительных сортов, затем и у устойчивых. Первые симптомы ожога листьев были зарегистрированы на 16-й (метод ПК) и 18-й (гидропонный метод) день эксперимента. Сорта сои, у которых степень ожога листьев не превышала 3-х ($СОЛ \leq 3,0$) были отнесены к устойчивым в соответствии с методикой [11, с. 590], к чувствительным были отнесены сорта, превысившие отметку 3 ($СОЛ \geq 3,0$). Результаты оценки степени ожога листьев анализируемых сортов сои, для каждого из методов, приведены в таблице 1. Данные достоверны при $P < 0.03$.

Таблица 1 – Оценка степени ожога листьев (СОЛ) 10 сортов сои при действии 100мМ NaCl гидропонным и методом ПК (по шкале от 1 до 6)

Сорт	Степень ожога листьев					
	Гидропонный метод		Ответ растения (Cl ⁻ включающий /исключающий)	Метод ПК		Ответ растения (Cl ⁻ включающий /исключающий)
	Контроль	NaCl		Контроль	NaCl	
Перизат	1,07±0,0 4	3,13±0,2 7	Вкл.	1,08±0,0 2	3,27±0,0 7	Вкл.
Алматы	1,03±0,0 2	4,73±0,3 8	Вкл.	1,12±0,0 5	4,46±0,3 1	Вкл.
Акку	1,05±0,0	2,00±0,1	Искл.	1,03±0,0	1,93±0,0	Искл.

	2	2		2	8	
Жансая	1,04±0,0 2	3,40±0,2 3	Вкл.	1,08±0,0 2	4,26±0,1 5	Вкл.
Вита	1,08±0,0 7	4,23±0,3 7	Вкл.	1,07±0,0 7	4,40±0,4 7	Вкл.
Мисула	1,03±0,0 2	2,47±0,0 8	Искл.	1,03±0,0 2	2,07±0,3 1	Искл.
Эврика	1,06±0,0 2	3,23±0,1 5	Вкл.	1,11±0,0 2	3,00±0,3 5	Искл.
Ивушка	1,15±0,0 9	5,40±0,4 6	Вкл.	1,13±0,0 4	5,11±0,4 2	Вкл.
Виктор и	1,14±0,0 4	5,26±0,3 9	Вкл.	1,11±0,5 0	5,61±0,4 6	Вкл.
Ласточ ка	1,04±0,0 2	2,26±0,0 8	Искл.	1,01±0,0 2	2,43±0,2 3	Искл.

Составлена авторами по методике [11, с. 589].

Оценка степени ожога листьев растений, выращенных гидропонным методом, была завершена на 24-й день эксперимента. Первым проявлять чувствительность к засолению начал сорт «Ивушка», у которого уже на 5-й день после обработки 100 мМ NaCl листья начали желтеть, и достигли максимальной отметки по шкале СОЛ (рисунок 5) на 10 день воздействия соли. Высокую устойчивость проявил сорт «Акку», до конца эксперимента степень ожога листьев не превысила отметки 2. По показателям степени ожога листьев относительно контроля (%) исследуемые сорта расположились в следующей последовательности: «Акку» (184) < «Ласточка» (217) < «Мисула» (239) < «Перизат» (294) < «Эврика» (305) < «Жансая» (327) < «Вита» (392) < «Алматы» (461) < «Виктори» (462) < «Ивушка» (471). Таким образом, СГ-исключающими являются сорта «Акку», «Ласточка», «Мисула» и «Перизат», а СГ-включающими, «Эврика», «Жансая», «Вита», «Алматы», «Виктори» и «Ивушка».

Эксперименты с использованием метода ПК проводились в течение 22-х дней. Первые симптомы ожога листьев появились у сорта «Виктори», СОЛ которого достигла отметки 3 на 4-й день после обработки солью. При выращивании методом ПК, солеустойчивые сорта «Акку», «Мисула», «Ласточка» имели общую степень ожога < 3, средней чувствительностью обладали сорта «Эврика», «Перизат» и «Жансая». Чувствительность проявили сорта «Вита», «Ивушка» и «Виктори». Относительно контроля (%) сорта расположились следующим образом: «Акку» (187) < «Мисула» (200) < «Ласточка» (237) < «Эврика» (269) < «Перизат» (302) < «Жансая» (395) < «Алматы» (399) «Вита» (413) < «Ивушка» (451) < «Виктори» (503).

Симптомы ожога листьев, проявляющиеся сначала пожелтением, затем появлением на краях листа бурого канта, обусловлены токсическим действием ионов Na и Cl. Так как в ходе эксперимента растения неоднократно обрабатываются раствором 100мМ NaCl, происходит увеличение концентрации ионов соли в растении, которое вызывает хлороз, а затем и некроз листьев [27, с. 1527; 28, с. 440]. Появление хлороза листьев связано с нарушением



фотосинтетических функций растения. [29, с. 59]. Отрицательное действие избытка солей на процесс фотосинтеза обусловлено нарушением ультраструктуры компонентов хлоропласта, в клетках мезофила отмечается нарушение внешней мембраны, изгибание ламелл, разрушение гран и другие неблагоприятные явления. [30, с. 581; 31, с. 257]. При сравнении использованных методов, полученные данные свидетельствуют о том, что степень ожога листьев толерантных и чувствительных к засолению сортов не имеет значительных отличий в обоих методах. Небольшое отличие состоит в том, что в гидропонном методе сорт «Эврика» имел $СОЛ = 3,23$, то есть был Cl^- -включающим, а в методе ПК – Cl^- -исключающим ($СОЛ = 3,00$). Возможно, это связано с индивидуальной чувствительностью сорта к изменению температуры на протяжении всех повторностей. Во время проведения последней повторности температура в теплице достигала $44^{\circ}C$. Как известно, высокая температура значительно повышает транспирацию растений, что, в свою очередь, способствует большему поглощению воды. В гидропонном методе, как следствие, с водой происходит большее накопление Cl^- [32, с. 120]. Поэтому желательно соблюдать температурный режим в рамках $25 - 35^{\circ}C$.

Анализ корреляции метода ПК с гидропонным показывает высокое значение $r = 0.93$, что свидетельствует о высокой сопоставимости данных в обоих методах. Однако стоит отметить, что при определении толерантных к засолению сортов сои методом ПК, оценка ожога листьев была проведена на 3 дня раньше (21 день), чем в методе гидропоники (24 дня). С точки зрения практичности использованных методов, метод ПК является менее трудоемким и время затратным в сравнении с гидропонным. Более того, метод гидропоники требует приобретения дорогостоящих компонентов питательной среды, поэтому метод ПК является более удобным и выгодным.

По результатам идентификации устойчивых к засолению сортов, проведенной двумя методами, гидропонным и методом ПК, к устойчивым относятся сорта «Акку», «Ласточка» и «Мисула», среднеустойчивым – «Перизат», «Эврика», «Жансая», а чувствительным – «Ивушка», «Вита» и «Виктори».

Заключение

Определение солеустойчивости среди отечественных сортов важно при селекции сортов сои с улучшенными характеристиками толерантности к засолению. Немаловажным является выбор методики определения толерантных сортов. В данном исследовании было применено два метода скрининга растений сои на толерантность к засолению ($NaCl$): гидропонный и метод «пластиковых контейнеров». Корреляция между методами составила $r = 0,93$. По продолжительности, одно повторение эксперимента занимало от 21 до 24 дней. Оценку устойчивости проводили по степени ожога листьев после обработки $NaCl$ (от 1 до 6). Симптомы ожога листьев появлялись уже на 3-4 день после обработки солевым раствором (120 mM NaCl). В ходе проведения экспериментов также была определена важность соблюдения температурного режима в рамках $25 - 35^{\circ}C$, так как высокие температуры могут влиять на получаемые результаты. При сравнении практичности методов, можно отметить метод ПК как более удобный и экономный. По результатам идентификации устойчивых к засолению сортов,



проведенной двумя методами, гидропонным и методом ПК, к устойчивым были отнесены сорта «Акку», «Ласточка» и «Мисула», среднеустойчивым – «Перизат», «Эврика», «Жансая», и чувствительным – «Ивушка», «Вита» и «Виктори». Полученные данные позволяют рекомендовать сорта «Акку», «Ласточка» и «Мисула» для более глубокого скрининга на солеустойчивость по биохимическим параметрам.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Республике Казахстан 2016-2020. Статистический сборник. Бюро национальной статистики РК. Нур-Султан, 2021. Электронный ресурс: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/publication>
- [2] Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан. Мин-во Сельск. Хоз., РК. Нур-Султан, 2022. Электронный ресурс: <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/documents>.
- [3] Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана / В.М. Боровский // Москва: Наука. – 1978. – 191 С.
- [4] Абдуев М.Р. Почвы с делювиальной формой засоления и вопросы их мелиорации / 3-е изд. СПб.: Академия исследования культуры. – 2012. – 312 С.
- [5] Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений / Учебное пособие // Изд. СПб.: СПбГУ. – 2002. – 244 С.
- [6] Butcher K. Soil Salinity: a threat to global food security / K. Butcher, A.F. Wick, T. DeSutter, A. Chatterjee, J. Harmon // *Agronomy journal*. – 2016. – Vol 108 (6). – P. 2189-2200. – Режим доступа: <https://doi:10.2134/agronj2016.06.0368>.
- [7] Otie V. Salinity effects on morpho-physiological and yield traits of soybean (*Glycine max* L.) as mediated by foliar spray with brassinolide / V. Otie, I. Udo, Y. Shao, M.O. Itam, H. Okamoto, P. An, E.A. Eneji // *Plants*. – 2021. – Vol. 10 (3). – P. 1-24. – Режим доступа: <https://doi:10.3390/plants10030541>.
- [8] Yang J. Differentiation chloride susceptibility in soybean cultivars / J. Yang, R.W. Blanchar // *Agronomy journal*. – 1993. – Vol. 85. – P. 880-885.
- [9] Budiastuti K. Seed priming alleviates crop growth inhibition by salinity / K. Budiastuti, N. Chalida, N.E.A.P. Mohamad, Tohari // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – Vol. 458 (1). – P. 1-11. – Режим доступа: <https://doi:10.1088/1755-1315/458/1/012006>.
- [10] Abel G.H. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merr.) during germination and later growth / G.H. Abel, A.J. MacKenzie // *Crop science*. – 1964. – Vol. 4, – P. 157-161. – Режим доступа: <https://doi:10.2135/cropsci1964.0011183X000400020010x>
- [11] Ledesma F. A simple greenhouse method for screening salt tolerance in soybean / F. Ledesma, C. Lopez, D. Ortiz, P. Chen, K.L. Korth, T. Ishibashi, A. Zeng, M. Orazaly, L. Florez-Palacios // *Crop Science* – 2016. – Vol. 56. – P. 585-594. – Режим доступа: <https://doi:10.2135/cropsci2015.07.0429>.
- [12] Стройков Ю. Защита растений от болезней в теплицах / Ю. Стройков, О. Белошапкина, В. Чижов, А. Ахатов, Ф. Джалилов // Справочник. Москва. – 2002. – 194 С.
- [13] Koenig R. Control of iron chlorosis in ornamental and crop plants / R. Koenig, M. Kuhns // *Utah State University, Salt Lake City*. – 1996. – P. 3.



- [14] Kroemer G. Classification of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2009 / G. Kroemer, L. Galluzzi, P. Vandenabeele, J. Adams, E.S. Alnemri, E.H. Baehrecke // *Cell Death Differ.* – 2009. – Vol. 16 (1) – P. 3-11. – Режим доступа: <https://doi:10.1038/cdd.2008.150>.
- [15] Федулов Ю.П. Методы определения устойчивости растений: курс лекций / сост. Ю.П.Федулов // Краснодар : КубГАУ, – 2015. – 39 С.
- [16] Guan R. Salinity tolerance in soybean is modulated by natural variation in GmSALT3 / R. Guan, Y. Qu, L. Yu, Y. Liu, J. Jiang, J. Chen, Y. Ren, G. Liu, L. Tian, L. Jin, Zh. Liu, H. Hong, R. Chang, M. Gilliam, L. Qiu // *The Plant Journal.* – 2014. – Vol. 80. – P. 937-950. – Режим доступа: <https://doi:10.1111/tpj.12695>.
- [17] Lopez C. Quantitative trait loci for salt tolerance in soybean / C. Lopez, M. Orazaly, L. Mozzoni, K. L. Korth, P. Chen // *Journal of Crop Improvement.* – 2018. – P. 1-15. – Режим доступа: <https://doi:10.1080/15427528.2018.1516261>.
- [18] Hamayun M. Screening soybean cultivars for salinity tolerance under hydroponic conditions / M. Hamayun, S.A. Khan, A. Iqbal, A. Hussain, I.J. Lee // *Fresenius Environmental Bulletin.* – 2019. Vol. 28 (11). – P. 7955-7963. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/336084709>.
- [19] Cox D.D. Trifoliolate leaflet chloride concentrations for characterizing soybean yield loss from chloride toxicity / D.D. Cox, N.A. Slaton, W.J. Ross, T.L. Roberts // *Agronomy Journal.* – 2018. – Vol. 110 (4). – P. 1589-1599. – Режим доступа: <https://doi:10.2134/agronj2017.12.0725>.
- [20] Lee J-D. Evaluation of a simple method to screen soybean genotypes for salt tolerance / J.-D. Lee, S.L. Smothers, D. Dunn, M. Villagarcia, C.R. Shunway, T. E. Carter, J. G. Shannon // *Crop Science.* – 2008. – Vol. 48. – P. 2194 -2200. – Режим доступа: <https://doi:10.2135/cropsci2008.02.0090>.
- [21] Демиденко Г.А. Влияние минеральных веществ на морфологические параметры / Г.А. Демиденко, С.В. Хижняк // *Вестник КрасГАУ.* – 2017. – №4. – С. 30-37.
- [22] Purcell L.C. Soybean growth and development / L.C. Purcell, S. Montserrat, L. Ashlock // *Arkansas Soybean Production Handbook.* – 2014. – Chapter 2. – P. 48-73.
- [23] Valencia R. A rapid and effective method for screening salt tolerance in soybean / R. Valencia, P. Chen, T. Ishibashi, M. Conatser // *Crop Science.* – 2008. – Vol. 48. – P. 1773-1779. – Режим доступа: <https://doi:10.2135/cropsci2007.12.0666>.
- [24] Pantalone V.R. Chloride tolerance in soybean and perennial Glycine accessions / V.R. Pantalone, W.J. Kenworthy, L.H. Slauther, B.R. James // *Euphytica.* – 1997. – Vol. 97. – P. 235–239.
- [25] Химич Г.З. Введение в биометрию / Г.З. Химич, О.А. Хлушевская // Учебное пособие для биологических специальностей. – 2009. – 97 С.
- [26] Корреляционный анализ Пирсона. Онлайн сервис статистических расчетов: https://stanly.statpsy.ru/all/accounts/login/?next=/all/correlation_pearson/steps/1/%3Futm_source%3Dlanding%26utm_campaign%3Dfooter.
- [27] Levitt J. Responses of plant to environmental stresses / J. Levitt // Academic Press. New York – 2016. – Vol. 2. – P. 1523-1530.



[28] Parker M.B. Chloride toxicity of soybean grown on Atlantic coast flatwoods soils / M.B. Parker, G.J Gascho, T.P. Gaines // *Agronomy Journal*. – 1983. – Vol. 75. – Р. 439-443. – Режим доступа: <https://doi:10.2134/agronj1983.00021962007500030005x>.

[29] Munns R. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals / R. Munns, R.A. James, A. Lauchli // *Experimental Botany*. – 2006. – Vol. 57. – Р. 55-62. Режим доступа: <https://doi:1025e104>.

[30] Лапина Л.П. Влияние NaCl на фотосинтетический аппарат томатов / Л.П. Лапина, Б.А. Попов // *Физиол. Растений* – 1970. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 580–583.

[31] Nisar N. Study of physiological responses in soya bean (*Glycine max*) under salt stress conditions / N. Nisar, S Modi, I.R. Lone // *Journal of Medicinal Plants Studies* – 2019. – Vol. 7 (4D). – Р. 254-259 Режим доступа: <https://www.plantsjournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=4&part=D&ArticleId=1031>.

[32] Чудинова Л.А. Физиология устойчивости растений / Л.А. Чудинова, Н.В. Орлова // Учеб. пособие. – 2006 – 124 С.

REFERENCES

[1] Sel'skoe, lesnoe i rybnoe khozyaistvo v Respublike Kazakhstan 2016-2020. Statisticheskii sbornik [Agriculture, forestry and fisheries in the Republic of Kazakhstan 2016-2020. Statistical collection]. (2021). Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan. Retrieved from: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/publication> [in Russian].

[2] Svodnyi analiticheskii otchet o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazakhstan [Consolidated analytical report on the state and use of lands of the Republic of Kazakhstan]. (2020). Ministry of Agriculture, RK. Nur-Sultan. Retrieved from: <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa/documents> [in Russian].

[3] Borovskii, V.M. (1978). *Geokhimiya zasolennykh pochv Kazakhstana* [Geochemistry of saline soils of Kazakhstan]. Moskva: Nauka – Moscow: Science, 191 [in Russian].

[4] Abduev M.R. (2012). *Pochvy s delyuvial'noi formoi zasoleniya i voprosy ikh melioratsii* [Soils with a deluvial form of salinization and issues of their melioration]. SPb.: Akademiya issledovaniya kul'tury izd. 3 – SPb.: Culture Research Academy. Vol. 3, 312 [in Russian].

[5] Chirkova T.V. (2002). *Fiziologicheskie osnovy ustoichivosti rastenii* [Physiological bases of plant resistance]. Uchebnoe posobie – Textbook. Izd. SPb.: SPbGU – SPb: SPSU Publ., 244 [in Russian].

[6] Butcher, K., Wick, A.F., DeSutter, T., & Chatterjee, A. (2016). Soil Salinity: a threat to global food security. *Agronomy journal*, 108 (6); 2189-2200. Retrieved from doi: 10.2134/agronj2016.06.0368.

[7] Otie, V., UdoI., Shao, Y., Itam, M.O., & Okamoto, H. et al. (2021). Salinity effects on morpho-physiological and yield traits of soybean (*Glycine max* L.) as mediated by foliar spray with brassinolide. *Plants*, 10 (3); 1-24. Retrieved from doi: 10.3390/plants10030541.



- [8] Yang, J., & Blanchar, R.W. (1993). Differentiation chloride susceptibility in soybean cultivars. *Agronomy journal*, 85; 880-885.
- [9] Budiastuti, K., Chalida, N., Mohamad, N.E., & Tohari A.P. (2020). Seed priming alleviates crop growth inhibition by salinity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458 (1); 1-11. Retrieved from doi: 10.1088/1755-1315/458/1/012006.
- [10] Abel, G.H., & MacKenzie, A.J. (1964). Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merr.) during germination and later growth. *Crop science*, 4; 157-161. Retrieved from doi: 10.2135/cropsci1964.0011183X000400020010x.
- [11] Ledesma, F., Lopez, C., Ortiz, D., Chen, P., & Korth, K.L., et al. (2016). A simple greenhouse method for screening salt tolerance in soybean. *Crop Science*, 56; 585-594. Retrieved from doi: 10.2135/cropsci2015.07.0429.
- [12] Stroikov, Yu., Beloshapkina, O., Chizhov, V., & Akhatov, A., et al. (2002). Zashchita rastenii ot boleznei v teplitsakh [Protection of plants from diseases in greenhouses]. *Spravochnik. Moskva – Handbook. Moscow*; 194. [in Russian].
- [13] Koenig, R., & Kuhns, M. (1996). Control of iron chlorosis in ornamental and crop plants. *Utah State University, Salt Lake City*, 3.
- [14] Kroemer, G., Galluzzi, L., & Vandenabeele, P., et al. (2009). Classification of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2009. *Cell Death Differ.*, 16(1); 3-11. Retrieved from doi: 10.1038/cdd.2008.150.
- [15] Fedulov Yu.P. (2015). Metody opredeleniya ustoichivosti rastenii: kurs lektsii [Methods for determining plant resistance: a course of lectures]. *Krasnodar : KubGAU*, 39. [in Russian].
- [16] Guan, R., Qu, Y., Yu, L., Liu, Y., & Jiang, J., et al. (2014). Salinity tolerance in soybean is modulated by natural variation in GmSALT3. *The Plant Journal*, 80; 937-950. Retrieved from doi: 10.1111/tpj.12695.
- [17] Lopez, C., Orazaly, M., Mozzoni, L. K., Korth, L., & Chen, P.C. (2018). Quantitative trait loci for salt tolerance in soybean. *Journal of Crop Improvement*, 38; 1-15. Retrieved from doi: 10.1080/15427528.2018.1516261.
- [18] Hamayun, M., Khan, S.A., Iqbal, A., Hussain, A., & Lee, I.J. (2019). Screening soybean cultivars for salinity tolerance under hydroponic conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11); 7955-7963. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/336084709>.
- [19] Cox, D.D., Slaton, N.A., Ross, W.J., & Roberts, T.L. (2018). Trifoliolate Leaflet Chloride Concentrations for Characterizing Soybean Yield Loss from Chloride Toxicity. *Agronomy Journal*, 110(4); 1589-1599. Retrieved from doi: 10.2134/agronj2017.12.0725.
- [20] Lee, J.-D., Smothers, S.L., Dunn, D., Villagarcia, M., & Shunway, C.R., et al. (2008). Evaluation of a simple method to screen soybean genotypes for salt tolerance. *Crop Science*, 48; 2194 -2200. Retrieved from doi: 10.2135/cropsci2008.02.0090.
- [21] Demidenko, G.A., & Khizhnyak, S.V. (2017). Vliyanie mineral'nykh veshchestv na morfologicheskie parametry [Influence of mineral substances on morphological parameters]. *Vestnik KrasGAU – KrasSAU Bulletin*, 4; 30-37. [in Russian].

- [22] Purcell, L.C., Montserrat, S., & Ashlock, L. (2014). *Soybean growth and development*. Arkansas Soybean Production Handbook, Chapter 2; 48-73.
- [23] Valencia, R., Chen, P., Ishibashi, T., & Conatser, M. (2008). A rapid and effective method for screening salt tolerance in soybean. *Crop Science*, 48; 1773-1779. Retrieved from doi: 10.2135/cropsci2007.12.0666.
- [24] Pantalone, V.R., Kenworthy, W.J., Slauther, L.H., & James, B.R. (1997). Chloride tolerance in soybean and perennial Glycine accessions. *Euphytica*, 97; 235–239.
- [25] Khimich, G.Z., & Khlushevskaya, O.A. (2009). Vvedenie v biometriyu. Uchebnoe posobie dlya biologicheskikh spetsial'nostei [Introduction to biometrics. Textbook for biological specialties]. *M. Nauka – M. Science*, 97. [in Russian].
- [26] Korrelyatsionnyi analiz Pirsona. Onlain servis statisticheskikh raschetov [Pearson correlation analysis. Online service for statistical calculations] Retrieved from https://stanly.statpsy.ru/all/accounts/login/?next=/all/correlation_pearson/steps/1/%3Futm_source%3Dlanding%26utm_campaign%3Dfooter.
- [27] Levitt J. (2019). Responses of plant to environmental stresses. *Academic Press. New York*, 2; 1523-1530.
- [28] Parker, M.B., Gascho, G.J., & Gaines, T.P. (1983). Chloride toxicity of soybean grown on Atlantic coast flatwoods soils. *Agronomy Journal*, 75; 439-443. Retrieved from doi: 10.2134/agronj1983.00021962007500030005x.
- [29] Munns, R., James, R.A. & Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Experimental Botany*, 57; 55-62. Retrieved from doi: 10.25e104.
- [30] Lapina, L.P., & Popov, B.A. (1970). Vliyanie NaCl na fotosinteticheskii apparat tomatov [Influence of NaCl on the photosynthetic apparatus of tomatoes]. *Fiziol. Rastenii – Physiol. Plants*, 17(3); 580–583.
- [31] Nisar, N., Modi, S, & Lone, I.R. (2019). Study of physiological responses in soya bean (*Glycine max*) under salt stress conditions. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7(4D); 254-259. Retrieved from: <https://www.plantsjournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=4&part=D&ArticleId=1031>.
- [32] Chudinova, L.A., & Orlova, N.V. (2006). Fiziologiya ustoichivosti rastenii [Physiology of plant resistance]. *Ucheb. posobie. – Textbook*, 124. [in Russian].

Евлоева Х.С., Рахымгожина А.Б., Сыздық М.Р., Атабаева С.Д.,

Дидоренко С.В., Нурмаханова А.С., Алыбаева Р.А.

ЖЫЛЫЖАЙДА ӨСІРІЛГЕН ТҰЗДЫ ЖАҒДАЙҒА (NaCl) ТӨЗІМДІ СОЯ СОРТТАРЫН АНЫҚТАУ

Андатпа. Бүгінгі таңда топырақтың тұздануы ауыл шаруашылығында күрделі мәселе болып табылады. Дүние жүзіндегі суармалы жерлердің шамамен 62 миллион гектары немесе 20%-ы тұзданғандығы белгілі. Қазақстанда тұзды топырақтар Қызылорда, Маңғыстау, Алматы облыстарында шоғырланған. Топырақтағы тұздың артық болуы егін өнімділігін төмендетеді. Өсімдіктерінің тұздың жоғары мөлшерін сіңіруі олардың физиологиялық және биохимиялық процестерін тежейді. Мақалада топырақта және гидропоникалық әдіспен өсірілген соя сорттарының (*Glycine max* L.) скрининг нәтижелері келтірілген.



Зерттеу отандық соя сорттарының 14-күндік өскіндерінде жүргізілді. Өскіндердің төзімділігі қоректік ортаға NaCl қосу реакциясы арқылы бағаланды. Тұзданудың соя жапырақтарына әсер ету көрсеткіштерінің бірі ретінде «жапырақтың күйіп қалу дәрежесі» қолданылды, осыған орай өсімдіктің тұзға төзімділігі бағаланған. Тұзға төзімді сорттарда жапырақтың күйіп қалу индексі ≤ 3 болды. Өсімдіктерді екінші және үшінші үшжапырақ жапырақтары пайда болған өсу кезеңінде NaCl-мен өңдеді. Екі әдісті салыстыра отырып, олардың нәтижелері жапырақтардың зақымдану дәрежесі бойынша бір-бірімен сәйкес келетіні анықталды. Тұздануға төзімділік көрсеткіші бойынша талдауға алынған 10 сорттың 3-і төзімділік көрсетті.

Кілт сөздері: тұзды жағдай; скрининг; *Glycine max* L.; жапырақтың күйіп қалу дәрежесі; NaCl; гидропоника.

**Yevloyeva Kh. S., Rakhymgozhina A.B., Syzdyk M.R., Atabayeva S.D.,
Didorenko C.V., Nurmakhanova A.S, Alybayeva R.A.
SCREENING OF SALINITY TOLERANT (NaCl) SOYBEAN
VARIETIES IN GREENHOUSE CONDITIONS**

Annotation. Soil salinization is a serious problem in agriculture nowadays. It is known that approximately 62 million hectares or 20% of the world's irrigated land are affected by salinity. In Kazakhstan, saline soils are concentrated in the Kyzylorda, Mangistau, and Almaty regions. An excess amount of salt in soils reduces crop yields. The absorption of large amounts of salts by plants inhibits their physiological and biochemical processes. The article presents the results of grown in soil and hydroponics soybean (*Glycine max* L.) varieties screening. The study was carried out on 14-day-old seedlings of domestic soybean varieties. Seedlings were evaluated for resistance by the reaction to the addition of NaCl to the growth medium. The assessment was carried out according to the "leaf scorch score", as one of the indicators, soybean leaves get when affected by salinity. Salt-tolerant varieties had a leaf scorch index ≤ 3 . Plants were salt-stressed during the second and third ternate leaves appearing growth period. When comparing the two used methods, results correlate in terms of the leaf scorch scores. When analyzing salt tolerance, 3 out of 10 analyzed varieties were tolerant.

Keywords: salinization; screening; *Glycine max* L.; leaf scorch score; NaCl; hydroponics.