

SCREENING OF THE SWEET PEPPER GENE POOL SAMPLES
IN SALINIZED CONDITIONS

N. S. Shcherbakova, M. Yu. Puchkov

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Astrakhan State University named by V.N. Tatischev»
Astrakhan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nsherbakova50@mail.ru

Received 28.02.2023

Submitted 01.07.2023

Summary

The article presents the results of assessing the salt resistance of sweet pepper samples by seed germination in saline solutions. According to the results of the study of collection samples of sweet pepper in conditions of stress factor-salinization, a valuable breeding material was identified. Screening for these characteristics at the initial stages of breeding will increase the effectiveness of selection and will allow processing a large amount of breeding material in a short time.

Abstract

Introduction. Salinization of soils reduces the yield of crops, and can cause their death. This stress factor has an adverse effect on the periods of sweet pepper development, especially on seed germination and post-emergence growth. Therefore, the introduction into production of new varieties of sweet pepper, resistant to the stress factor-soil salinization, is a fundamental factor in increasing the yield of sweet pepper. The variety is the most economical way to increase the yield, which has recently been relevant for increasing the production of sweet pepper for import substitution purposes. The aim of the research is to assess the salt resistance of sweet pepper samples by seed germination in saline solutions to identify genotypes resistant to environmental stress factors, which will ensure the creation of highly competitive varieties with a wide adaptive potential. **Object.** The object of research was 21 collectible samples of sweet pepper: varieties, F1 hybrids of Russian and foreign selection, as well as the variety lines of the Astrakhan State University named after V. N. Tatischev. **Materials and methods.** The research was carried out in the scientific and educational laboratory «Selection and seed production of agricultural crops» of the Astrakhan State University named after V. N. Tatischev. The laboratory experiment was carried out using generally accepted methods and guidelines. The method of establishing salt resistance is based on a standard method for determining germination, where, along with germination of seeds on water, a variant of their parallel germination in salt solutions is introduced. **Results and conclusions.** The article presents the results of the study of 21 collectible samples of sweet pepper. During the evaluation of the collection material, the distribution of collection samples of sweet pepper by salt resistance was carried out: highly salt-resistant, medium salt-resistant, weakly salt-resistant. As a result of germination of sweet pepper seeds in salt solutions, it was found that the resistance of the studied samples is different. When evaluating sweet pepper varieties, the “plasticity” indicator was determined. Differences in the reaction of varieties to changes in environmental conditions were revealed by calculating the regression coefficient b_i . The index of environmental conditions (I_j) was calculated. Optimal conditions for the germination of sweet pepper seeds were formed with positive indicators of environmental conditions, the worst with negative indicators. The calculation of the indices of environmental conditions showed that the most favorable for the germination of sweet pepper seeds were: aqueous solution (control) ($I_j = +37$); 0.5% NaCl ($I_j = +27$); the worst conditions for the test were: 1% NaCl ($I_j = -13$); 1.5 % NaCl ($I_j = -51$).

Key words: soil salinization, sweet pepper, salt resistance, ecological plasticity.

Citation. Shcherbakova N. S., Puchkov M. Yu. Screening of the sweet pepper gene pool samples in salinized conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 232-240 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-23.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 635.1/.8

**СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ ГЕНОФОНДА ПЕРЦА СЛАДКОГО В УСЛОВИЯХ
ЗАСОЛЕНИЯ****Н. С. Щербакова**, младший научный сотрудник**М. Ю. Пучков**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева»
г. Астрахань, Российская Федерация*

Актуальность. Засоление почв снижает урожайность сельскохозяйственных культур и может вызвать их гибель. Этот стрессовый фактор оказывает неблагоприятное воздействие на периоды развития перца сладкого, особенно на прорастание семян и после всходов рост. Поэтому внедрение в производство новых сортов перца сладкого, устойчивых к стрессовому фактору-засолению почв, является основополагающим фактором увеличения урожайности перца сладкого. Сорт – это наиболее экономичный способ повышения урожая, что в последнее время актуально для увеличения производства перца сладкого в целях импортозамещения. **Целью** исследований является оценка солеустойчивости образцов перца сладкого по прорастанию семян в солевых растворах для выявления генотипов, устойчивых к стрессовым факторам среды, что обеспечит создание высококонкурентоспособных сортов с широким адаптивным потенциалом. **Объект.** Объектом исследований служили 21 коллекционный образец перца сладкого: сорта, гибриды F1 российской и иностранной селекции, а также сортолинии Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева. **Материалы и методика.** Исследования проводили в научно-образовательной лаборатории «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева». Лабораторный опыт проводили с использованием общепринятых методик и методических указаний. За основу метода установления солеустойчивости положен стандартный способ определения всхожести, где, наряду с проращиванием семян на воде, введен вариант параллельного их проращивания в солевых растворах. **Результаты и выводы.** В статье представлены результаты изучения 21 коллекционного образца перца сладкого. В ходе оценки коллекционного материала было проведено распределение коллекционных образцов перца сладкого по солеустойчивости: высокосолеустойчивые, среднесолеустойчивые, слабосолеустойчивые. В результате проращивания семян перца сладкого в солевых растворах было установлено, что устойчивость изучаемых образцов различна. При оценке сортов перца сладкого определили показатель «пластичность». Выявлены различия реакции сортов на изменение условий среды с помощью расчета коэффициента регрессии b_i . Рассчитали индекс условий среды (I_j). Оптимальные условия для прорастания семян перца сладкого складывались при положительных показателях условий среды, худшие при отрицательных показателях. Расчет индексов условий среды показал, что наиболее благоприятными для прорастания семян перца сладкого были: водный раствор (контроль) ($I_j = +37$); 0,5 % NaCl ($I_j = +27$); худшие условия для испытания сложились: 1 % NaCl ($I_j = -13$); 1,5 % NaCl ($I_j = -51$).

Ключевые слова: засоление почв, перец сладкий, солеустойчивость перца, экологическая пластичность перца.

Цитирование. Щербакова Н. С., Пучков М. Ю. Скрининг образцов генофонда перца сладкого в условиях засоления. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 232-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-23.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Засоление и засуха считаются основными факторами абиотического стресса, которые препятствуют росту сельскохозяйственных культур, что ограничивает посевные площади во многих регионах мира. Кроме того, глобальные изменения климата в последние десятилетия стали очевидным фактом и, согласно большинству прогностиче-

ских климатических моделей, оно будет сопровождаться увеличением частоты аномальных погодных событий. Ежегодно фиксируется более 30 видов экстремальных гидрометеорологических явлений, большая часть из которых способна нанести экономический ущерб сельскому хозяйству. Недостаточное внимание к климатическим изменениям в настоящее время чревато крупными экономическими последствиями в будущем [7].

Засоление считается одной из самых серьезных глобальных проблем, которые влияют на многие метаболические процессы растений и снижает рост и урожайность многих культур [13]. Более 400 миллионов гектаров страдают от засоления или засоления, что составляет более 6% от площади суши в мире [11]. Примерно 20% от общего количества обрабатываемых и 33% орошаемых сельскохозяйственных земель подвержены засолению [11, 13].

Проблемы с засолением возникают при любых климатических условиях и могут быть результатом как естественных, так и антропогенных воздействий. Примечательно, что более двух третей загрязненных солью почв в мире находятся в засушливых и полусухих климатических зонах, из которых 64% расположены в засушливых пустынях и степях [5]. В засушливых и полусухих регионах осадков недостаточно для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в воде и вымывания минеральных солей из корневой зоны [13].

Несмотря на десятилетия интенсивных исследований, многие молекулярные механизмы, участвующие в переносимости соли, до сих пор неизвестны [9].

Засоление оказывает вредное воздействие на основную физиологию и метаболизм растений в форме ионной токсичности, осмотического и окислительного стресса [15]. Солевой стресс приводит к разнообразным метаболическим и физиологическим изменениям, которые в конечном итоге снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Основной эффект засоления почвы опосредован осмотическим стрессом и ионной токсичностью, что приводит к окислительному стрессу и дисбалансу питания. В последующем гиперосмотический стресс нарушает нормальное поглощение воды корнем и увеличивает потерю воды листьями [6]. Гиперионический стресс, второй важный аспект солевого стресса, вызывает дисфункцию клеточного ионного гомеостаза посредством прямого ингибирования различных клеточных ферментов [12]. Фотосинтез – это основной процесс получения энергии и закрепления ее в углеродных соединениях для последующего использования для роста и развития растений. Солевой стресс значительно уменьшает количество приобретаемой энергии из-за снижения скорости фотосинтеза и из-за перераспределения некоторой энергии на защитные механизмы. Кроме того, высокая соленость повреждает белки хлоропластов, снижает проводимость устьиц, изменяет частоту дыхания и увеличивает накопление повреждающих АФК [8].

Засоление почвы снижает урожайность многих сельскохозяйственных культур, в том числе большинства овощных культур, которые плохо переносят засоление почвы. Существенное увеличение производства и потребления овощных культур является глобальным приоритетом. Овощи играют важную роль в питании и здоровье человека, особенно как источники витамина С, тиамина, ниацина, пиридоксина, фолиевой кислоты, минералов и пищевых волокон [10].

Перец является одной из самых важных овощных культур в мире. В нашей стране перец сладкий выращивают на площади 9-10 тыс. га, причем большая часть посевов в силу биологических особенностей вида размещена в южных регионах. Основное достоинство плодов перца заключается в содержании большого количества витаминов группы В, фолиевой кислоты, витамина РР, а по содержанию витамина С он превосходит все возделываемые овощные культуры [3].

Перец сладкий (*Capsicum annuum* L.) является ценной овощной культурой с лечебно-профилактическими свойствами и играет важную роль в питании людей. Плоды перца – богатый источник витаминов и биологически активных веществ-антиоксидантов, обладают высокими вкусовыми качествами. По содержанию витамина С перец превосходит не только все овощи, но даже цитрусовые [1]. В фазе технической спелости в плодах перца накапливается от 72 до 180 мг% витамина С, в биологической – больше 200 мг%. Они содержат в фазе технической спелости сухого вещества 5-8%, в биологической – до 11%, сахаров – до 5,7%. По содержанию азотистых веществ перец сладкий также занимает первое место среди овощных культур (2,4-3,7% в пересчете на сухую массу) [2].

Постоянно растет спрос и потребление плодов перца. Удовлетворить этот спрос можно за счет увеличения продуктивности и сортового разнообразия. Засоление оказывает неблагоприятное воздействие на периоды развития перца сладкого, особенно на прорастание семян и послевсходовый рост. Засоленность, являясь стрессовым фактором, может вызвать гибель растений. Основополагающими факторами увеличения урожайности перца сладкого является внедрение в производство новых сортов перца сладкого, устойчивых к стрессовому фактору-засолению почв, требующих минимальных затрат на выращивание. Сорт является наиболее экономичным способом повышения урожая, что в последнее время актуально для увеличения производства в целях импортозамещения.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в научно-образовательной лаборатории «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева». За основу метода установления солеустойчивости положен стандартный способ определения всхожести, где наряду с проращиванием семян на воде, введен вариант параллельного их проращивания в солевых растворах [4]. Нами экспериментально установлены концентрации солевых растворов, которые позволяют дифференцировать образцы перца сладкого по группам устойчивости. Лабораторный метод диагностики солеустойчивости культуры был предложен ВИРОм в 1986 году. Оценку индекса условий среды (Ij) и коэффициента регрессии (bi) рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [14]. Объектом исследований служили 21 коллекционный образец перца сладкого (см. таблица 1). По результатам исследований выделены источники солеустойчивости [4].

Таблица 1 – Характеристика образцов перца сладкого
Table 1 – Characteristics of sweet pepper samples

№ п/п	Номер по каталогу	Происхождение	Фирма
1	2	3	4
1	1П	Россия	ООО «Селекцентр лагутники»
2	2П	Нидерланды	Bejo Zaden B.V.
3	3П	Франция	Sakata Vegetables Europe S.A.S.
4	4П	Франция	Sakata Vegetables Europe S.A.S.
5	5П	Венгрия	Duna-R Kft
6	6П	Венгрия	Duna-R Kft
7	7П	Италия	Esasem S.p.a.
8	8П	Нидерланды	Bejo Zaden B.V.
9	9П	Россия	-
10	10П	Россия	-
11	11П	Россия	-
12	12П	Франция	Sakata Vegetables Europe S.A.S.
13	13П	Россия	-

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
14	14П	Россия	-
15	15П	Голландия	Enza zaden
16	16П	Россия	Agrocenter Lagutniki
17	17П	Голландия	Enza zaden
18	18П	Нидерланды	Bejo Zaden B.V.
19	19П	Россия	ООО НПП «Агровнедрение»
20	20П	Россия	ФГБНУ «ВНИИОБ», ООО НПП «Агровнедрение»
21	21П	Россия	ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» ООО НПП «Агровнедрение»

В соответствии с методическими указаниями по определению солеустойчивости овощных культур по прорастанию семян в солевых растворах, семена перца сладкого поместили в чашки Петри по 25 штук с раствором NaCl различной концентрации: 0,5 %; 1 %; 1,5 %.

Результаты и их обсуждение. Существующие методы оценки солеустойчивости растений делятся на прямые полевые (учет изменений биометрических показателей) и косвенные физиолого-биохимические и биофизические (учитывают изменения отдельных процессов и звеньев метаболизма и коррелируют с показателями оценки прямыми методами). Недостатком прямых полевых методов оценки является длительность и трудоемкость, косвенные методы – сложные технически. Для массовой первичной оценки большого количества образцов применяли прямые лабораторные экспресс – методы.

Начальный этап исследования включал выбор концентрации солей, наиболее четко дифференцирующий образцы по уровню солеустойчивости (0,5%, 1 %; 1,5%).

По результатам исследований была проведена оценка коллекционных образцов перца сладкого по солеустойчивости (см. рисунок 1).

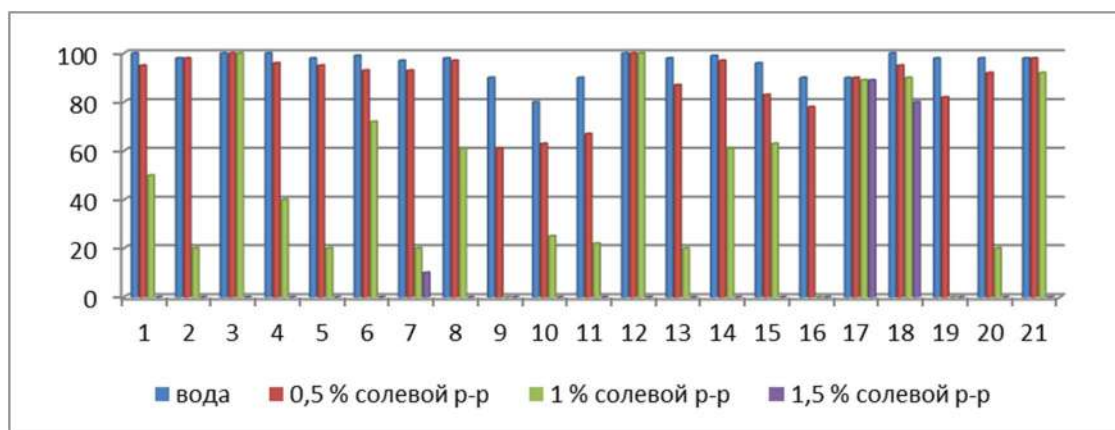


Рисунок 1 – Влияние солевых растворов различной концентрации на прорастание семян перца сладкого, в % от контроля

Figure 1 – The effect of salt solutions of various concentrations on the germination of sweet pepper seeds, in % of the control

В результате лабораторного проращивания семян перца сладкого в солевых растворах было установлено, что устойчивость изучаемых образцов различна (таблица 2):

– в 0,5 растворе NaCl все образцы оказались высокосолеустойчивыми. Показатели прорастания семян – 61...100 %;

– в 1% растворе NaCl высокосолеустойчивыми явились следующие образцы: 3П, 6П, 8П, 12П, 14П, 15П, 17П, 18П, 21П. Всхожесть на уровне 61...100 %;

– среднесолеустойчивыми оказались 1П, 4П, всхожесть семян перца сладкого не превысила 50 %; слабосолеустойчивые это 2П, 5П, 7П, 10П, 11П, 13П, 20П. Процент всхожести семян образцов находился в пределах 20...25 %. Также в результате исследований были выявлены несолеустойчивые коллекционные образцы: 9П, 16П, 19П, процент всхожести составил 0 %.

Таблица 2 – Солеустойчивость коллекционных образцов перца сладкого
Table 2 – Salt tolerance of collection samples of sweet pepper

Градация	Соле- устойчи- вость, %	Образцы		
		0,5 % раствор NaCl	1 % растворе NaCl	1,5 % растворе NaCl
Высокосолеустойчивые	> 51	все образцы	3П, 6П, 8П, 12П, 14П, 15П, 17П, 18П, 21П	17П, 18П
Среднесолеустойчивые	31-50	-	1П, 4П	-
Слабосолеустойчивые	11-30	-	2П, 5П, 7П, 10П, 11П, 13П, 20П	7П
Несолеустойчивые	< 10	-	9П, 16П, 19П	1П, 2П, 3П, 4П, 5П, 6П, 8П, 9П, 10П, 11П, 12П, 13П, 14П, 15П, 16П, 19П, 20П, 21П

При более высокой концентрации солевого раствора (1,5 %) были следующие результаты:

– высокосолеустойчивыми явились образцы 17П, 18П с солеустойчивостью 89% и 80% соответственно;

– слабосолеустойчивым оказался образец 7П, солеустойчивость составила 11%.

Все остальные образцы явились несолеустойчивыми.

Концентрации солей в ходе исследования были различными, их оценку проводили с использованием индекса условий среды (Ij). Оптимальные условия для прорастания семян перца сладкого складывались при положительных показателях условий среды, худшие при отрицательных показателях. Расчет индексов условий среды показал, что наиболее благоприятными для прорастания семян перца сладкого были: контроль – водный раствор (Ij = +37); 0,5 % NaCl (Ij = +27); худшие условия для испытания сложились: 1 % NaCl (Ij = -13); 1,5 % NaCl (Ij = -51) (см. рисунок 2).

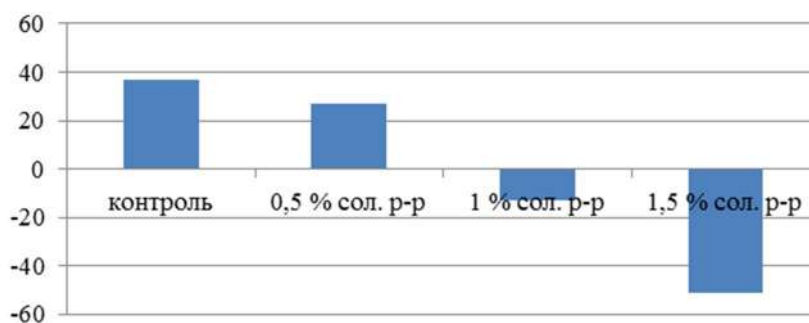


Рисунок 2 – Индекс условий среды
Figure 2 – Environmental conditions index

Согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [14], при оценке сортов перца сладкого определили показатель «пластичность» (коэффициент регрессии b_i). Коэффициент регрессии дает оценку пластичности в генетическом смысле. Коэффициент регрессии показывает реакцию сортов на изменение условий. Он может принимать значения больше или меньше 1, а также быть равным 1. Чем выше значение коэффициента $b_i > 1$, тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как только в этом случае они дадут максимум отдачи. В случае $b_i < 1$ сорт реагирует слабее на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов. Такие сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат. При условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения прорастания семян перца сладкого изменению условий проращивания (см. рисунок 3).

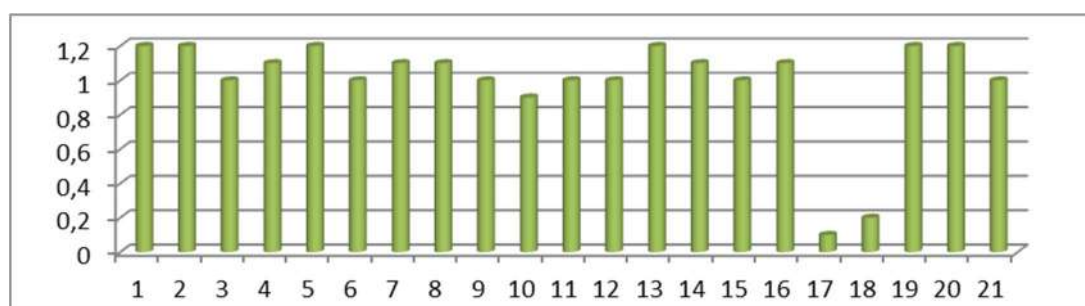


Рисунок 3 – Коэффициент регрессии
Figure 3 – Regression coefficient

По результатам исследований наибольшей отзывчивостью ($b_i > 1$) обладают следующие образцы: 1П, 2П, 4П, 5П, 7П, 8П, 13П, 14П, 16П, 19П, 20П.

Не проявили реакцию на изменения условий выращивания ($b_i < 1$) генотипы: 10П, 17П, 18П;

Также были определены образцы, проявившие соответствие изменению условий проращивания: 3П, 6П, 9П, 11П, 12П, 15П, 21П.

Выводы. По результатам изучения коллекционных образцов перца сладкого в условиях стрессового фактора-засоления выявлен ценный селекционный материал. Скрининг по этим признакам на начальных этапах селекции повысит результативность отбора и позволит в короткие сроки обработать большое количество селекционного материала.

Применение оценки солеустойчивости данным методом позволяет ускорить селекционный процесс за счет отбраковки неустойчивых форм. Таким образом, можно сказать, что выделенные линии перца сладкого представляют интерес для дальнейшей селекционной работы и могут использоваться в качестве генетических источников ценного признака – солеустойчивости при создании новых сортов в условиях стрессового фактора-засоления почв.

Наибольшая всхожесть при повышенной концентрации солевого раствора (1,5 %) была отмечена у образцов 17П, 18П – 89% и 80%, которые можно отнести к образцам с высокой солеустойчивостью.

Также при оценке сортов перца сладкого определили коэффициент регрессии b_i , который показал реакцию сортов на изменение условий. Выделены генотипы: обладают большей отзывчивостью на изменения условий среды ($b_i > 1$); реагируют слабее на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых образцов ($b_i < 1$); полное соответствие изменения прорастания семян перца сладкого изменению условий проращивания ($b_i = 1$). Провели оценку условий среды с использованием индекса условий среды (I_j): оптимальные условия для прорастания семян перца сладкого складывались при положительных показателях условий среды ($I_j = +37; +27$), худшие при отрицательных показателях ($I_j = -13; -51$).

Conclusions. Based on the results of studying collection samples of sweet pepper under the stress factor of salinity, valuable breeding material was identified. Screening for these traits at the initial stages of selection will increase the effectiveness of selection and will allow processing a large amount of breeding material in a short time.

Using this method to assess salt tolerance allows you to speed up the selection process by rejecting unstable forms. Thus, we can say that the isolated sweet pepper lines are of interest for further breeding work and can be used as genetic sources of a valuable trait - salt tolerance when creating new varieties under the stress factor of soil salinity.

The highest germination rate at an increased concentration of saline solution (1.5%) was observed in samples 17P, 18P - 89% and 80%, which can be classified as samples with high salt tolerance.

Also, when assessing sweet pepper varieties, the regression coefficient b_i was determined, which showed the response of varieties to changing conditions. The following genotypes were identified:

1. Those with greater responsiveness to changes in environmental conditions ($b_i > 1$).
2. React weaker to changes in environmental conditions than on average the entire set of studied samples ($b_i < 1$).
3. Complete correspondence of changes in germination of sweet pepper seeds to changes in germination conditions ($b_i = 1$).

We assessed environmental conditions using the environmental conditions index (I_j): optimal conditions for the germination of sweet pepper seeds were formed with positive indicators of environmental conditions ($I_j = +37; +27$); the worst conditions were with negative indicators ($I_j = -13; -51$).

Библиографический список

1. Антипова Н. Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 8-1(59). С. 81-84.
2. Гиш Р. А. Культура перца: монография. КубГАУ, 2017. С. 11-15.
3. Минаков И. А. Решение проблемы обеспечения населения овощной продукцией в условиях международных санкций // Вестник Мичуринского ГАУ. 2017. № 3. С. 133-141.
4. Шабетя О. Н., Коцарева Н. В. Основные направления селекции перца сладкого и баклажана в Белгородском государственном аграрном университете имени В. Я. Горина // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 36-43.
5. ФАО. Глобальная карта засоленных почв (GSASmap). 2021. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gasmap/en/>.
6. Arzani A., Ashraf M. Smart Engineering of Genetic Resources for Enhanced Salinity Tolerance in Crop Plants // Crit. Rev. Plant Sci. 2016. V. 35. Pp. 146-189.
7. Cosme N., Niero M. Modelling the influence of changing climate in present and future marine eutrophication impacts from spring barley production // Journal of Cleaner Production. 2017. V. 140. Part 2. Pp. 537-546.
8. Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function / A. Hameed, M. Z. Ahmed, T. Hussain, I. Aziz, N. Ahmad, B. Gul, B. L. Nielsen // Cells. 2021. № 10.
9. Energy Costs of Salt Tolerance in Crop Plants / R. Munns, D.A. Day, W. Fricke, M. Watt, B. Arsova, B. J. Barkla, J. Bose, C. S. Byrt, Z. Chen, K. J. Foster // New Phytol. 2020. Pp. 1072-1090.
10. Increasing Fruit and Vegetable Consumption Becomes a Global Priority. <http://www.erails.netconsulted>.
11. Omuto K. T. Mapping saline soils: a technical guide FAO. Italy. 2021. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7247en>.
12. Regulation of Plant Responses to Salt Stress / S. Zhao, Q. Zhang, M. Liu, H. Zhou, C. Ma, P. Wang // IJMS. 2021. V. 22 (9). P. 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>.
13. Shahid S. A., Zaman M., Heng L. Soil salinization: historical perspectives and a global review of the problem // In Guidance on Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Switzerland, 2018. Pp. 43-53.
14. Separation of forms of interaction of the genotype with the environment in the analysis of the stability of the reaction rate / D. L. Waters, Julius H. J. van der Werf, J. H. Robinson, Lee T. Hickey, S. A. Clark // Theory of Genetics. 2023. Vol. 136. V. 5. No. 99.
15. Tsvety T. Dzh., Kolmer T.D. Plant tolerance to salt: adaptation in halophytes. Anna. Bot. 2015. 115 (3): 327-31. doi: 10.1093 / aob/mcu267

References

1. Antipova N. Yu. Dietary and medicinal properties of sweet pepper // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. № 8-1(59). Pp. 81-84.
2. Gish R. A. Pepper culture: monograph. Kuban State Agrarian University, 2017. P. 11-15.
3. Minakov I. A. The solution to the problem of providing the population with vegetable products in the conditions of international sanctions // Bulletin of the Michurinsky State University. 2017. № 3. Pp. 133-141.
4. Shabetya O. N., Kotsareva N. V. The main directions of sweet pepper and eggplant breeding at the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 3. Pp. 36-43.
5. FAO. Global Map of saline soils (GSASmap). 2021. Available online: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsasmap/en/>.
6. Arzani A., Ashraf M. Smart Engineering of Genetic Resources for Enhanced Salinity Tolerance in Crop Plants // Crit. Rev. Plant Sci. 2016. V. 35. Pp. 146-189.
7. Cosme N., Niero M. Modelling the influence of changing climate in present and future marine eutrophication impacts from spring barley production // Journal of Cleaner Production. 2017. V. 140. Part 2. Pp. 537-546.
8. Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function / A. Hameed, M. Z. Ahmed, T. Hussain, I. Aziz, N. Ahmad, B. Gul, B. L. Nielsen // Cells. 2021. № 10.
9. Energy Costs of Salt Tolerance in Crop Plants / R. Munns, D.A. Day, W. Fricke, M. Watt, B. Arsova, B. J. Barkla, J. Bose, C. S. Byrt, Z. Chen, K. J. Foster // New Phytol. 2020. P. 1072-1090.
10. Increasing Fruit and Vegetable Consumption Becomes a Global Priority. <http://www.erails.netconsulted>.
11. Omuto K. T. Mapping saline soils: a technical guide FAO. Italy. 2021. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7247en>.
12. Regulation of Plant Responses to Salt Stress / S. Zhao, Q. Zhang, M. Liu, H. Zhou, C. Ma, P. Wang // IJMS. 2021. V. 22 (9). P. 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>.
13. Shahid S. A., Zaman M., Heng L. Soil salinization: historical perspectives and a global review of the problem // In Guidance on Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Switzerland, 2018. Pp. 43-53.
14. Separation of forms of interaction of the genotype with the environment in the analysis of the stability of the reaction rate / D. L. Waters, Julius H. J. van der Werf, J. H. Robinson, Lee T. Hickey, S. A. Clark // Theory of Genetics. 2023. Vol. 136. V. 5. No. 99.
15. Tsvety T. Dzh., Kolmer T. D. Ustoychivost' rasteniy k soli: adaptatsiya u galofitov // Anna. Bot. 2015. V. 115 (3). Pp. 327-31.

Информация об авторах

Щербакowa Наталья Сергеевна, младший научный сотрудник научно-образовательной лаборатории «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (РФ, 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), e-mail: nsherbakova50@mail.ru

Пучков Михаил Юрьевич, д-р с.-х. наук, доцент, заведующий научно-образовательной лабораторией «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (РФ, 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а).

Authors Information

Shcherbakova Natalia Sergeevna, junior researcher at the scientific and educational laboratory «Breeding and seed production of agricultural crops», Astrakhan State University named after. V. N. Tatishchev (Russia, 414056, Astrakhan region, Astrakhan, Tatishcheva str., 20a), e-mail: nsherbakova50@mail.ru

Puchkov Mikhail Yuryevich, Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Associate Professor, Head of the Scientific and Educational Laboratory «Selection and Seed Production of Agricultural Crops», Astrakhan State University named after. V. N. Tatishchev (Russia, 414056, Astrakhan region, Astrakhan, Tatishcheva str., 20a).