DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-73-77

УДК 633.18:631.524.85:631.527.4:577.2

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ OTL SALTOL В СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦАХ РИСА

О.С. Жогалева, младший научный сотрудник лаборатории маркерной селекции, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285:

Н.Н. Вожжова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории маркерной селекции, nvozhzh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

А.Ю. Дубина, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,

ORCID ID: 0000-0002-1432-7616:

Н.Т. Купрейшвили, техник-исследователь лаборатории маркерной селекции,

ORCID ID: 0000-0002-1726-4390;

**П.И. Костылев**, руководитель центра фундаментальных научных исследований, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740. Ростовская обл.. г. Зерноград. Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Одной из главных проблем в большинстве рисосеющих регионов мира является засоление почвы. Рис считается чувствительной к засолению культурой, особенно на ранних стадиях развития и при созревании. В Ростовской области рис вырашивается в юго-восточных районах. где в настоящее время имеются трудности с эксплуатацией имеющихся мелиоративных сооружений. Проблема засоленных почв для этого региона является особенно актуальной, поскольку значительная часть пашни имеет солонцовые комплексы. Для возвращения в эксплуатацию засоленных земель мелиоративных систем необходимо выращивание солеустойчивых сортов, которые могут при соблюдении севооборота и проведении уходных мероприятий способствовать рассолению почвы. В связи с трудностью определения солеустойчивости только за счет оценок по фенотипу, необходимо использование молекулярных маркеров, ассоциированных с этим признаком. Таким образом, целью нашей работы являлась идентификация одного из главных QTL солеустойчивости риса Saltol в селекционных образцах риса восьмого поколения ( $F_8$ ), полученных от скрещивания сорта-донора NSYC Rc106 с российскими сортами. Для этого использовали методы маркер-вспомогательной селекции: выделение ДНК, выполнение полимеразной цепной реакции, постановка электрофореза на 2% агарозных гелях, окрашивание гелей в растворе этидиум бромида, фотографирование в ультрафиолетовом свете и оценка полученных электрофореграмм. В результате исследования 398 селекционных образцов риса было выявлено 67 образцов с функциональным аллелем QTL Saltol (6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5, Дон 7343/6, Дон 7343/7, Дон 7343/8, Дон 7343/9, Дон 7337/1, Дон 7337/3, Дон 7337/4, Дон 7337/5, Дон 7337/6, Дон 7337/7, Дон 7337/8 и др.). Рекомендуем использование этих образцов в дальнейшем селекционном процессе для создания новых устойчивых к засолению сортов риса.

**Ключевые слова:** puc. Saltol, селекционные образцы, идентификация, ген.

Для цитирования: Жогалева О.С., Вожжова Н.Н., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т., Костылев П.И. Идентификация QTL Saltol в селекционных образцах риса // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 73–77. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-73-77.



## IDENTIFICATION OF SALTOL QTL IN THE BREEDING RICE SAMPLES

**O.S. Zhogaleva**, junior researcher of the laboratory for marker breeding, ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;

N.N. Vozhzhova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory

for cell breeding, nvozhzh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;

A.Yu. Dubina, research technician of the laboratory for marker breeding.

ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;

N.T. Kupreyshvili, research technician of the laboratory for marker breeding,

ORCID ID: 0000-0002-1726-4390;

P.I. Kostylev, head of the Fundamental Research Center, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848

Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

One of the main problems in most of the world rice-growing regions is soil salinity. Rice is considered a saline sensitive crop, especially at the early stages of development and in the period of maturity. In the Rostov region, rice is grown in the south-eastern parts, where there are currently difficulties with the operation of the existing reclamation facilities. The problem of saline soils for this region is especially urgent, since a significant part of the arable lands has alkali complexes. In order to return the saline lands into exploitation, it is necessary to develop salt tolerant varieties, which, under crop rotation and maintenance, can contribute to soil desalinization. Due to the difficulty of determining salt tolerance only by estimating the phenotype, it is necessary to use molecular markers associated with this trait. Thus, the purpose of the current work was to identify one of the main Saltol QTL in breeding rice samples of the eighth generation (F<sub>8</sub>) obtained from hybridizing the donor variety NSYC Rc106 with Russian varieties. For that purpose, there have been used such marker-assisted selection methods as DNA isolation, polymerase chain reaction (PCR), electrophoresis on 2% agarose gels, gels' coloring in ethidium bromide solution, photography in ultraviolet light and evaluation of the obtained electrophoregrams. As a result of the study of 398 breeding rice samples, there have been identified 67 samples with the functional allele of Saltol QTL (6865/3, 6874/2, Don 7343/4, Don 7343/5, Don 7343/6,

Don 7343/7, Don 7343/8, Don 7343/9, Don 7343/10, Don 7337/1, Don 7337/3, Don 7337/4, Don 7337/5, Don 7337/6, Don 7337/7, Don 7337/8, etc.). There have been recommended to use these samples in the further breeding process in order to develop new salinity resistant rice varieties.

Keywords: rice, Saltol, breeding samples, identification, gene.

Введение. Засоление почвы является одной из главных проблем в большинстве рисосеющих регионов мира (Shahid et al., 2018; Shrivastava & Kumar, 2015; Riaz et al., 2019). Рис считается чувствительным к содержанию солей в почве, особенно на ранних стадиях развития и при созревании (Mohanavel et al., 2021).

В России рис выращивается на Дальнем Востоке (Приморский край) (Черепанова и др., 2021), в Дагестане, Калмыкии, в Астраханской области, на территориях Краснодарского края и востоке Ростовской области (Тараненко, 2021; Костылев и Аксенов, 2021). В настоящее время часть имеющихся мелиоративных сооружений Ростовской области не пригодны к эксплуатации по ряду причин: неудовлетворительное техническое состояние (Бандурин и др., 2021), недостаток воды в оросительных каналах, заполнение каналов древесно-кустарниковой растительностью, заиление и засоление земель (Щедрин и др., 2013).

Для Ростовской области проблема засоленных почв является особенно актуальной. По данным Попова В.В. (2018), на юго-восточных землях области значительная часть пашни имеет солонцовые комплексы (43,3% в Пролетарском районе).

Согласно сведениям Осипова А. В. (2016), нет однозначного мнения исследователей о влиянии выращивания риса на засоление почвы. Так, было установлено, что при концентрации хлоридно-сульфатных солей в почве в пределах 0,25–0,50% наблюдается изреживание посевов риса (Ачканов и др., 1976). В то же время, выращивание риса с выполнением дренажных работ приводит к понижению содержания солей в верхнем, доступном для корней, слое почвы (Мелиорация засоленных почв, 1967).

Следовательно, для возвращения в эксплуатацию засоленных земель мелиоративных систем необходимо выращивание солеустойчивых сортов риса, которые могут при неукоснительном соблюдении севооборота и специальных уходных мероприятий, поспособствовать рассолению почвы. То есть селекция солеустойчивых сортов риса является одним из перспективных направлений (Гончарова и Харитонов, 2013; Костылев и др., 2019).

Солеустойчивость риса является таким признаком, который не имеет широкого морфологического разнообразия (Ткачева и Досеева, 2015), и его трудно определить только с помощью оценки фенотипа (Mohanavel et al., 2021). Для таких признаков необходимо использовать молекулярные маркеры, ассоциированные с желаемым фенотипическим проявлением (Чесноков и др., 2019).

С солеустойчивостью был ассоциирован QTL Saltol, картированный у риса на хромосоме 1 (Chowdhury et al., 2016). Для его иденти-

фикации в растениях исследователями был рекомендован эффективный молекулярный SSR-маркер – Rm493, дающий информативные и воспроизводимые спектры электрофореграмм при анализе гибридных популяций (Usatov et al., 2015).

Таким образом, поиск и идентификация QTL Saltol в селекционных образцах риса является актуальной задачей для дальнейшего создания солеустойчивых сортов.

Цель исследований – идентификация QTL солеустойчивости Saltol в селекционных образцах риса  $F_{\rm g}$ .

Материалы и методы исследований. В исследовании использовали 398 селекционных образцов риса восьмого поколения (F<sub>8</sub>), полученных от скрещивания сорта-донора NSYC Rc106 с российскими сортами-реципиентами. Их выращивали на чеках обособленного подразделения «Пролетарское» ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Пролетарск, Ростовская обл.) на делянках площадью 0,6 м².

Перед выделением ДНК образцы риса гомогенизировали в пробирках 2,0 мл с керамическими шариками диаметром 28 мм. После чего выделяли ДНК СТАВ-методом (Murray and Thompson, 1980), используя набор для выделения «ДНК-Экстран-3» («Синтол», Россия). Для идентификации QTL солеустойчивости Saltol использовали диагностический SSR-маркер Rm493 (праймеры: Rm493F 5′ – TAG CTC CAA CAG GAT CGA CC – 3′ и Rm493R 5′ – GTA CGT AAA CGC GGA AGG TG – 3′), синтезированный компанией «Евроген» (Россия). Молекулярный размер ампликона маркера составляет 211 пар нуклеотидов.

При проведении полимеразной цепной реакции (ПЦР) использовали следующий состав реакционной смеси в объеме 25 мкл.: геномная ДНК (концентрация от 50 нг/мкл) – 3 мкл.; 10хРСR буфер – 2,5 мкл.; MgCl2 (25mM) – 2 мкл.; смесь dNTPs (25mM) – 0,25 мкл.; по 2 мкл. каждого праймера (10 pmol); Таq-полимераза (5 U) – 0,5 мкл.; деионизированная вода – 12,75 мкл. Условия проведения ПЦР – 94 °C – 5 минут, 35 циклов (94 °C – 30 c, 60 °C – 30 c, 72 °C – 30 c), 72 °C – 8 минут.

После прохождения ПЦР образцы ставили на агарозные 2% гели, в присутствии маркера молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50 bp (50–1000 п.н.), отрицательного контроля опыта (когда вместо ДНК образца в пробирку добавляется вода), и контрольных родительских образцов.

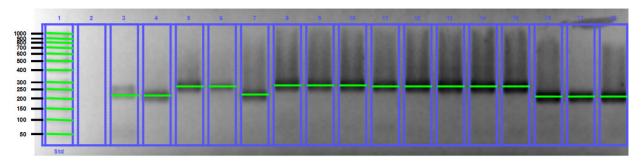
Оценку электрофореграмм проводили после окрашивания в этидиум бромиде и фотографирования в ультрафиолетовом свете.

Pасчеты выполняли в программе Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенного в лаборатории маркерной се-

лекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» скрининга 398 селекционных образцов риса, с использованием диагностического маркера Rm493, был получен ряд рабочих гелей и электрофореграмм.

Пример электрофореграммы продуктов амплификации образцов риса по QTL Saltol с маркером Rm493 представлен на рисунке.



Электрофореграмма скрининга образцов риса по идентификации QTL солеустойчивости Saltol: 1- Маркер молекулярного веса, 2- Н $_2$ О деионизированная (отрицательный контроль опыта), 3- NSYC Rc106 (донор гена Saltol, контроль доминантного аллеля), 4- 6865/3, 5- 6865/4, 6- 6866/1, 7- 6874/2, 8- Дон 7328/1, 9- Дон 7328/2, 10- Дон 7328/3, 11- Дон 7328/4, 12- Дон 7328/5, 13- Дон 7328/6, 14- Дон 7328/7, 15- Дон 7328/8, 16- Дон 7343/4, 17- Дон 7343/5, 18- Дон 7343/6.

Electropherogram of screening rice samples to identify Saltol QTL:  $1-\text{Molecular weight marker, }2-\text{deionized H}_2\text{O} \text{ (negative control of the experiment)}, \\ 3-\text{NSYC Rc106 (Saltol gene donor, control of the dominant allele), }4-6865/3, 5-6865/4, 6-6866/1, \\ 7-6874/2, 8-\text{Don }7328/1, 9-\text{Don }7328/2, 10-\text{Don }7328/3, 11-\text{Don }7328/4, 12-\text{Don }7328/5, 13-\text{Don }7328/6, \\ 14-\text{Don }7328/7, 15-\text{Don }7328/8, 16-\text{Don }7343/4, 17-\text{Don }7343/5, 18-\text{Don }7343/6.$ 

Доминантный аллель QTL солеустойчивости Saltol размером 211 пар нуклеотидов выявлен у образцов 6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5 и Дон 7343/6, поскольку их ампликоны находятся на уровне ампликона сорта NSYC Rc106 – донора этого локуса.

Аллель размером 261 пары нуклеотидов, как у сорта Новатор, выявлен в остальных об-

разцах, представленных на рисунке, следовательно, они обладают рецессивным аллелем QTL Saltol.

Распределение образцов риса по аллельному состоянию QTL солеустойчивости Saltol представлено в таблице.

# Аллельное состояние QTL солеустойчивости Saltol у образцов риса Allelic state of QTL Saltol in the rice samples

	•
Наименование аллельного состояния локуса	Количество образцов, несущих аллели QTL Saltol
Функциональный гомозиготный аллель, Saltol	67
Гетерозиготный аллель, Saltol + Saltol	18
Нефункциональный гомозиготный аллель, Saltol	259
Амплификация отсутствует	54

Всего, в результате анализа 398 образцов риса, нами было выявлено 67 образцов с функциональным аллелем QTL Saltol (6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5, Дон 7343/6, Дон 7343/7, Дон 7343/8, Дон 7343/9, Дон 7343/10, Дон 7337/1, Дон 7337/3, Дон 7337/4, Дон 7337/5, Дон 7337/6, Дон 7337/7, Дон 7337/8 и др.). Гетерозиготное аллельное состояние выявлено у 18 образцов (6868/3, 6870/4, 6871/1, 6871/4, 6872/1, 6872/2, 6872/3 и др.). Нефункциональный аллель QTL saltol идентифицирован у 259 образцов (6785/1, 6785/2, 6785/3, 6785/4, 6789/1, 6789/2,

6796/1 и др.). У 54 образцов амплификация не обнаружена, что может быть связано с произошедшими изменениями в их геноме.

**Выводы.** Рекомендуем использовать идентифицированные образцы риса с функциональным аллелем QTL солеустойчивости Saltol, такие как 6865/3, 6874/2, Дон 7343/4, Дон 7343/5, Дон 7343/6, Дон 7343/7, Дон 7343/8, Дон 7343/9, Дон 7343/10, Дон 7337/1, Дон 7337/3, Дон 7337/4, Дон 7337/5, Дон 7337/6, Дон 7337/7, Дон 7337/8 и др. в селекционных программах на устойчивость к абиотическим стрессам.

### Библиографические ссылки

- 1. Ачканов А.Я., Бугаевский В.К., Тур Н.С. Динамика солей в почвах дельты Кубани и ее влияние на состояние посевов риса // Химия почв рисовых полей. М. 1976. С. 26-36.
- 2. Бандурин М.А. Диа́гностика технического состояния и оценка остаточного ресурса работоспособности водопроводящих сооружений оросительных систем. 2-е изд., перераб. и доп. Новочеркасск: Лик, 2021. 217 с.
- 3. Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М. О генетико-физиологических механизмах солеустойчивости у риса (*Oryza sativa* L.) (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 3. С. 3-11. DOI: 10.15389/agrobiology.2013.3.3rus.

- Костылев П.И., Кудашкина Е.Б., Краснова Е.В., Вожжова Н.Н. Селекция риса на солеустойчивость // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1(61). С. 22-27. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-22-27.
- 5. Костылев П.И., Аксенов А.В. Селекция суходольного риса на засухоустойчивость (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4(76). С. 15-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-15-22.
- 6. Мелиорация засоленных почв // Мелиорация засоленных и солонцовых почв. М. 1967. C. 42-70.
- 7. Попов В.В. Состояние плодородия пахотных земель в юго-восточных районах Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. T. 32. № 3. C. 7-11. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302.
- 8. Тараненко В.В., Дядюченко Л.В., Муравьев В.С. Изучение эффективности нового регулятора роста на растениях риса // Земледелие. 2021. № 5. С. 32-36. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36.
- Ткачева М.С., Досеева О.А. К вопросу солеустойчивости риса (обзор) // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 105(01). С. 14. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/057.pdf.
- 10. Чесноков Ю.В., Кочерина Н.В., Косолапов В.М. Молекулярные маркеры в популяционной генетике и селекции культурных растений: монография. Москва: ООО «Угрешская Типография», 2019. 200 c.
- 11. Черепанова Т.А., Безмутко С.В., Лелявская В.Н. Оценка влияния инсектофунги-цидного протравителя Селест Топ на растения риса // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 78–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-78-81.
- 12. Щедрин В.Н., Колганов А.В., Васильев С.М., Чураев А.А. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. Ч. 1. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.
- 13. Chowdhury A.D., Haritha G., Sunitha T., Krishnamurthy S.L., Divya B., Padmavathia G., Rama T. Sarla N. Haplotyping of rice genotypes using simple sequence repeat markers associated with Salt tolerance // Rice Science. 2016. V. 23 (6). pp. 317-325. DOI: 10.1016/j.rsci.2016.05.003.
- 14. Mohanavel V., Yesudhas A.S., Sharma A., Ramasamy A., Samy P.M.A., Subramanian M., Muthusamy R. Haplotype and diversity analysis of indigenous rice for salinity tolerance in early-stage seedling using simple sequence repeat markers. // Biotechnol Rep (Amst). 2021. V. 31: e00666. DOI: 10.1016/j.btre.2021.e00666
- 15. Řiaz M., Arif M.S., Ashraf M.A., Mahmood R., Yasmeen T., Shakoor M.B., Shahzad S.M., Ali M., Saleem I., Arif M., Fahad S. A comprehensive review on rice responses and tolerance to salt stress // Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance. 2019. pp. 133-158. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00007-1
- 16. Shahid S.A., Zaman M., Heng L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related
- techniques // Springer, Cham. 2018. pp. 43-53. DOI: 10.1007/978-3-319-96190-3\_2.

  17. Shrivastava P., Kumar R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. // Saudi J Biol Sci. 2015. V. 22(2). pp. 123-131. DOI: 10.1016/j. sjbs.2014.12.001
- 18. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. V. 8. pp. 4321-4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
- 19. Usatov A.V., Alabushev A.V., Kostylev P.I., Azarin K.V., Makarenko M.S., Usatova O.A. Introgression the saltol QTL into the elite rice variety of Russia by marker-assisted selection. // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2015. V. 10. № 4. pp. 165-169. DOI: 10.3844/ajabssp.2015.165.169.

#### References

1. Achkanov A.YA., Bugaevskij V.K., Tur N.S. Dinamika solej v pochvah del'ty Kubani i ee vliyanie na sostoyanie posevov risa [Dynamics of salts in the soils of the Kuban delta and its effect on the state of rice crops] // Himiya pochv risovyh polej. M. 1976. S. 26-36.

Bandurin M.A. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya i ocenka ostatochnogo resursa rabotosposobnosti vodoprovodyashchih sooruzhenij orositel'nyh system [Diagnostics of the technical condition and estimation of the residual working life of water supply facilities of irrigation systems]. 2-e izd., pererab. i dop. Novocherkassk: Lik, 2021. 217 s.

Goncharova YU.K., Haritonov E.M. O genetiko-fiziologicheskih mekhanizmah soleustojchivosti u risa (Oryza sativa L.) (obzor) [About the genetic and physiological mechanisms of rice salt tolerance (*Oryza sativa* L.) (review)] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2013. № 3. S. 3-11. DOI: 10.15389/ agrobiology.2013.3.3rus.

Kostylev P.I., Kudashkina E.B., Krasnova E.V., Vozhzhova N.N. Selekciya risa na soleustojchivost' [Breeding rice for salt tolerance] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 1(61). S. 22-27. DOI: 10.31367/2079-

8725-2019-61-1-22-27.

- Kostylev P.I., Aksenov A.V. Selekciya suhodol'nogo risa na zasuhoustojchivost' (obzor) [Breeding dry land rice for drought tolerance (review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 4(76). S. 15–22. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-15-22.
- Melioraciya zasolennyh pochv [Reclamation of saline soils] // Melioraciya zasolennyh i soloncovyh pochv. M. 1967. S. 42-70.
- Popov V.V. Sostoyanie plodorodiya pahotnyh zemel' v yugo-vostochnyh rajonah Rostovskoj oblasti [The fertility state of arable land in the south-eastern regions of the Rostov region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32. № 3. S. 7-11. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10302.
- Taranenko V.V., Dyadyuchenko L.V., Murav'ev V.S. Izuchenie effektivnosti novogo regulyatora rosta na rasteniyah risa [The study of the new growth regulator efficiency on rice plants] // Zemledelie. 2021. № 5. S. 32-36. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-32-36.

Tkacheva M.S., Doseeva O.A. K voprosu soleustojchivosti risa (obzor) [On the issue of rice salt tolerance (review)] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 105(01). S. 14. URL: http://ej.kubagro. ru/2015/01/pdf/057.pdf.

10. CHesnokov YU.V., Kocherina N.V., Kosolapov V.M. Molekulyarnye markery v populyacionnoj genetike i selekcii kul'turnyh rastenij [Molecular markers in population genetics and breeding of cultivated plants]: monografiya. Moskva: OOO «Ugreshskaya Tipografiya», 2019. 200 s.

11. CHerepanova T.A., Bezmutko S.V., Lelyavskaya V.N. Ocenka vliyaniya insektofungi-cidnogo protravitelya Selest Top na rasteniya risa [Estimation of the effect of insecto-fungicidal disinfector agent Selest Top' on rice plants] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 78–81. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-78-81.

12. SHCHedrin V.N., Kolganov A.V., Vasil'ev S.M., CHuraev A.A. Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu [Irrigation systems in Russia: from generation to generation]: monografiya. CH. 1.

Novocherkassk: Gelikon, 2013. 283 s.

Chowdhury A.D., Haritha G., Sunitha T., Krishnamurthy S.L., Divya B., Padmavathia G., Rama T.,

- Sarla N. Haplotyping of rice genotypes using simple sequence repeat markers associated with Salt tolerance // Rice Science. 2016. V. 23(6). pp. 317-325. DOI: 10.1016/j.rsci.2016.05.003.

  14. Mohanavel V., Yesudhas A.S., Sharma A., Ramasamy A., Samy P.M.A., Subramanian M., Muthusamy R. Haplotype and diversity analysis of indigenous rice for salinity tolerance in early-stage seedling using simple sequence repeat markers. // Biotechnol Rep (Amst). 2021. V. 31: e00666. DOI: 10.1016/j.btre.2021.e00666.
- 15. Riaz M., Arif M.S., Ashraf M.A., Mahmood R., Yasmeen T., Shakoor M.B., Shahzad S.M., Ali M., Saleem I., Arif M., Fahad S. A comprehensive review on rice responses and tolerance to salt stress // Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance. 2019. pp. 133-158. DOI: 10.1016/B978-0-12-814332-2.00007-1.
- Shahid S.A., Zaman M., Heng L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related
- techniques // Springer, Cham. 2018. pp. 43-53. DOI: 10.1007/978-3-319-96190-3\_2.

  17. Shrivastava P., Kumar R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. // Saudi J Biol Sci. 2015. V. 22(2). pp. 123-131. DOI: 10.1016/j. sjbs.2014.12.001.
- 18. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. V. 8. pp. 4321-4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
- 19. Usatov A.V., Alabushev A.V., Kostylev P.I., Azarin K.V., Makarenko M.S., Usatova O.A. Introgression the saltol QTL into the elite rice variety of Russia by marker-assisted selection. // American Journal of Agricultural and Biological Science. 2015. V. 10. №4. pp. 165-169. DOI: 10.3844/ajabssp.2015.165.169.

Поступила: 18.10.21; принята к публикации: 19.11.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Вожжова Н.Н. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Жогалева О.С., Дубина А.Ю., Купрейшвили Н.Т. – проведение лабораторных опытов; Костылев П.И. – сбор данных, концептуализация исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.