

А.С. Бахтаулова¹, М.Ф. Жакупжанова², А. Камбарова², М. Янига³

¹Жетысуский государственный университет им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан;

²Научно-исследовательский институт проблем биотехнологии

Жетысуского государственного университета им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан;

³Институт высокой горной биологии; Университет Жилина, Словакия

(E-mail: bahtaulova_as@zhgu.kz)

Определение солеустойчивости риса посевного (*Oryza sativa*) в условиях орошаемого земледелия Алматинской области

В статье изложены результаты оценки сортов риса посевного (*Oryza sativa*) казахстанской, российской и иранской селекции на разнокачественную солеустойчивость лабораторным методом. Приведены различия между сортами по посевным качествам: лабораторной всхожести, чистоте семян, массе 1000 зерен и показателям лабораторной солеустойчивости семян: по количеству проросших семян, длине и массе корней в зависимости от типа засоления (сульфатное, хлоридное, содовое). По посевным качествам наиболее высокими показателями характеризуется сорт иранской селекции Таромхошеми. При высоких концентрациях солей семена исследуемых сортов риса посевного не проросли при хлоридном засолении при концентрации более 0,7–1,3 г/л, при сульфатном — более 1,0 г/л, при содовом — более 2,5 г/л. На основании проведенных лабораторных исследований установлено, что более высокой солеустойчивостью при хлоридном и содовом засолении отличается сорт «Таромхошеми»; при сульфатном засолении — сорт «Заря», и сформулированы рекомендации по выращиванию сортов разной селекции для удовлетворения потребностей внутреннего зернового рынка и экспорта риса.

Ключевые слова: солеустойчивость, рис, сорт, лабораторный метод, тип засоления.

Введение

На Земном шаре около четверти почв сельскохозяйственного назначения в разной степени засолены, и, по прогнозам, к 2050 г. их доля составит более 50 % возделываемых территорий. Площадь засоленных почв в Казахстане (в том числе солонцеватых, щелочных почв и сочетаний с другими почвами) составляет 111,55 млн га, или 41 %, от всей территории страны. Орошаемые площади, подверженные засолению, составили 404,3 тыс. га и расположены, в основном, на юге страны [1].

В условиях солевого стресса замедляется рост растений, нарушается водный режим и ионный гомеостаз, сокращается площадь фотосинтезирующей поверхности, снижается продуктивность сельскохозяйственных культур. В связи с этим, изучение солеустойчивости культурных растений имеет большое практическое значение для получения устойчивого урожая на засоленных почвах [2–4]. У одних растений свойство высокой солеустойчивости совмещается с низкой продуктивностью, у других — с относительно высокой. Для сельскохозяйственного производства представляют ценность растения, совмещающие свойства солеустойчивости и урожайности.

Согласно классификации солеустойчивости растений, разработанной ВИР, виды злаковых растений располагают по степени устойчивости к засолению в следующий нисходящий ряд: житняк > волосенец > коостер > пырей > кохия > ячмень > пшеница > рис > овес > сорго > просо > кукуруза [5, 6]. Более высокую, в целом, толерантность злаковых ученые объясняют тем, что центрами происхождения и формирования многих из них (пшеница, ячмень, овес, рис, просо, сорго) являются аридные районы Северной Африки и Юго-Восточной Азии, отличающиеся значительным распространением засоленных почв. Длительная эволюция и многовековая культура злаков в этих районах способствовали отбору наиболее устойчивых к засолению форм растений и закреплению в потомстве этого признака [7–9]. Различия толерантности к абиотическим стрессам, в том числе и к засолению, имеются не только между различными видами сельскохозяйственных культур, но и между сортами одной и той же культуры. Причем, чем более обширный ареал занимает возделываемый вид растений, тем больше амплитуда различий между сортами этого вида по степени устойчивости к стрессу [10–12].

В Казахстане рис выращивают в Кызылординской, Алматинской, Южно-Казахстанской областях. В Алматинской области под рис отведено почти 11,5 тыс. гектаров. У казахстанских аграриев хорошо зарекомендовали такие российские сорта риса, как «Рапан», «Янтарь», «Новатор», «Лидер». В Алматинской области районировано 30 сортов риса, которые включены в перечень сортов, допущенных к использованию, причем 16 из них — казахстанской селекции, 9 — российской и еще 5 — узбекской.

Учеными Кызылординского НИИ выведены и районированы семь сортов риса. Агрофирмы региона размножили и успешно выращивают такие сорта, как «Каз-Ер-5», «Каз-Ер-6», «Айсауле», «Заря». Между Казахстаном и Ираном подписано Соглашение о расширении двухстороннего сотрудничества в области сельского хозяйства, особенно в области выращивания продуктов за пределами Ирана. Поэтому рисоводческие хозяйства Казахстана начали производство иранского риса для экспорта в Исламскую Республику.

В настоящее время фактически не организована оценка сортов на устойчивость к неблагоприятным факторам засоленных почв, характеризующихся рядом специфических особенностей. При организации селекционной работы сортоучастки, как правило, располагаются на лучших почвах, когда по районированию они должны характеризовать засоленные почвы. Подбор и создание сортов риса посевного, адаптированных для почв с конкретными характеристиками, позволят эффективнее использовать плодородие различных типов почв, что существенно повысит урожайность этой культуры. Поэтому цель исследования направлена на определение разнокачественной солеустойчивости сортов риса посевного «*Oryza sativa*» в лабораторных условиях для орошаемого земледелия Алматинской области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили три сорта риса посевного: казахстанской селекции сорт «Заря», российской селекции сорт «Янтарь» и иранской — сорт «Таромхошеми». По периоду созревания сорта риса посевного «Заря» и «Таромхошеми» относятся к раннеспелым, а сорт «Янтарь» — к среднеспелым (рис. 1).



Рисунок 1. Исследуемые сорта риса посевного

Определение солеустойчивости проводили лабораторным методом по прорастанию семян на солевых растворах. Этот метод основан на высокой степени корреляции между величиной снижения конечного урожая зерна при засолении и размерами торможения у них ростовых процессов в тех же условиях [13]. Это дает возможность объективно судить о сравнительной солеустойчивости сортов уже на ранних этапах онтогенеза. При этом надо учитывать, что в молодом возрасте солеустойчивость растений одного и того же сорта наиболее низка, а с возрастом она закономерно и существенно повышается [14]. Это характерно для всех растений и относительные различия уровней солеустойчивости у разных сортов сохраняется в течение всего онтогенеза.

Для опыта были отобраны здоровые, нормально выполненные семена, обработанные раствором формалина (1 мл на 300 мл воды), препятствующим заплесневению семян (рис. 2).



Рисунок 2. Закладка лабораторных опытов по изучению разнокачественной солеустойчивости исследуемых сортов риса посевного

Для определения солеустойчивости семян риса использовали соединения натриевой соли: хлорид натрия или хлористый натрий (NaCl) — натриевая соль соляной кислоты; сульфат натрия, сернокислый натрий, Na₂SO₄ — натриевая соль серной кислоты; карбонат натрия Na₂CO₃ — натриевая соль угольной кислоты. Растворы солей NaCl, Na₂SO₄ и Na₂CO₃ были приготовлены на дистиллированной воде и варьировали в разных концентрациях от 0,40 до 4,0 г. Семена риса помещали в стерильные чашки Петри по 10 штук и заливали раствором соли. В качестве контроля (без засоления) использовали дистиллированную воду. Проращивание проводили в климатической камере при $t = 22 \pm 2$ °С в течение недели. Ежедневно осуществляли подсчет числа проросших семян (длина ростка в момент подсчета должна быть не менее 5 мм). Эксперимент проведен в трехкратной повторности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Концентрации солей для проведения опытов с сортами риса посевного

№ образцов	Концентрация солей, г/л		
	NaCl	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃
1	0,3	1,0	0,1
2	0,5	1,5	0,15
3	0,7	2,0	0,20
4	0,9	2,5	0,25
5	1,1	3,0	0,30
6	1,3	3,5	0,35
7	1,5	4,0	0,40

Результаты

Результаты определения лабораторной всхожести и чистоты семян показали, что всхожесть семян довольно высокая у иранского сорта «Таромхошеми» (90 %), незначительно ниже всхожесть у сортов «Заря» (70 %) и «Янтарь» (80 %). Чистота семян колебалась в пределах 91,0–99,0 %. При этом наименьшая чистота семян оказалась у сорта «Заря» (91,6 %). По массе 1000 зерен более высоким показателем характеризуется сорт «Янтарь» (31,6 г), незначительно уступает сорт иранской селекции «Таромхошеми» (29,8 г), наименьший вес имели семена сорта «Заря» (27,4 г) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Лабораторная всхожесть, чистота и масса 1 000 зерен семян изучаемых сортов риса

Название сорта	Лабораторная всхожесть семян, %	Чистота зерен, %	Масса 1000 зерен, г
Заря	70,0±1,2	91,6±1,3	27,4±0,5
Янтарь	80,0±1,4	99,0±1,8	31,6±0,4
Таромхошеми	90,0±1,3	99,0±1,7	29,8±0,4

Несмотря на высокую лабораторную всхожесть семян, большинство сортов проявляют низкую полевую всхожесть. Таким образом, по полученным данным из трех исследованных сортов по посевным качествам отличается сорт иранской селекции «Таромхошеми».

Для проведения вегетационных исследований в климатической камере была разработана схема постановки опыта, включающая три сорта риса посевного различной селекции, три типа засоления: хлоридное, сульфатное, содовое по семи концентрациям солевых растворов: NaCl от 0,3 до 1,5 г/л, Na₂SO₄ от 1,0 до 4,0 г/л, Na₂CO₃ от 0,1 до 0,4 г/л.

При хлоридном засолении семена исследуемых сортов риса при высоких концентрациях соли не прорастали: сорт «Заря» при содержании соли более 1,3 г/л, сорт «Янтарь» — уже при 0,7 г/л, сорт «Таромхошеми» — при 1,1 г/л. У сорта «Заря» наблюдается снижение всхожести, общей длины корней и их массы уже при концентрации NaCl 0,3 г/л, но при концентрации 0,5 г/л показатели незначительно повышаются, что, возможно, связано с положительным влиянием иона Na на обменные процессы. Семена сорта «Янтарь» теряют всхожесть уже при концентрации NaCl 0,7 г/л, а при концентрации 0,3 г/л наблюдается снижение всхожести до 40 %, общей длины корней до 51,1 % и их массы до 81,7 %. Семена сорта «Таромхошеми» отличаются тем, что сохраняют всхожесть даже при концентрации NaCl

0,9 г/л, но такие показатели как общая длина корней и их масса значительно снижаются до 13,8 % и 11,0 % соответственно (рис. 3).

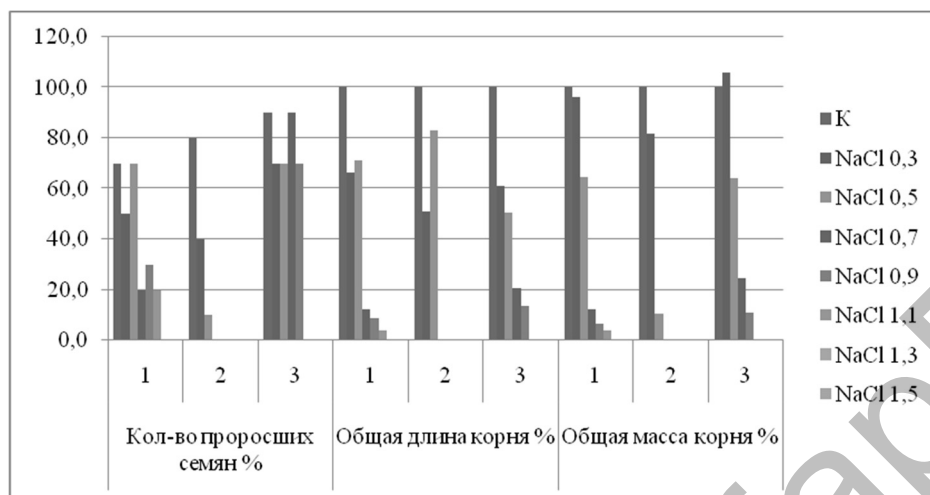


Рисунок 3. Показатели солеустойчивости риса посевного сорта «Заря» (1), «Янтарь» (2), «Таромхошеми» (3) при хлоридном засолении (NaCl)

При сульфатном засолении наименее устойчивыми показателями характеризуется сорт «Янтарь», для которого уже при концентрации Na_2SO_4 1,0 г/л семена не проросли. У сорта «Заря» существенное снижение показателей наблюдается при концентрации Na_2SO_4 2,5 г/л (всхожесть 30 %, общая длина корней 2,2 %, общая масса корней — 0,3 %). Для сорта «Янтарь» самая нижняя концентрация Na_2SO_4 1,0 г/л с небольшим избытком сульфат-иона в субстрате губительно подействовало на прорастание семян. Семена сорта «Таромхошеми» также оказались слабо устойчивы к сульфатному засолению и прорастание семян 20–30 % наблюдается только при концентрациях Na_2SO_4 1,0–1,5 г/л (рис. 4).



Рисунок 4. Показатели солеустойчивости риса посевного сорта «Заря» (1), «Янтарь» (2), «Таромхошеми» (3) при сульфатном засолении (Na_2SO_4)

При содовом засолении концентрация Na_2CO_3 2,5 г/л является губительной для всех исследуемых сортов риса посевного. Для сорта «Заря» концентрация Na_2CO_3 0,1 % снижает лабораторную всхожесть до 50 %, а показатели роста корневой системы подавляются до 36–29,8 %. Для сорта риса «Янтарь» также концентрация Na_2CO_3 0,1 % снижает лабораторную всхожесть до 50 %, но показатели роста корневой системы жизнеспособны в сравнении с контролем на 48,3–53,4 %. А для сорта «Таромхошеми» содовое засоление при низких концентрациях не влияет на прорастание семян и при содержании соли 0,1–0,20 г/л всхожесть сохраняется до 70–80 %, а общая длина и масса корней снижаются лишь до 67,3 и до 75,2 % соответственно (рис. 5).



Рисунок 5. Показатели солеустойчивости риса посевного сорта «Заря» (1), «Янтарь» (2), «Таромхошеми» (3) при содовом засолении (Na₂CO₃)

Заключение

На основании полученных данных по лабораторным опытам и анализа литературных сведений исследованных сортов риса посевного можно сделать следующие выводы:

1. Из трех изученных сортов по посевным качествам отличается сорт иранской селекции «Таромхошеми» (лабораторная всхожесть 90 %, чистота зерен 99 %, масса 1000 зерен 29,8 г). Разработана схема постановки вегетационных опытов, включающая три сорта риса посевного различной селекции, три типа засоления: хлоридное, сульфатное, содовое по семи концентрациям солевых растворов: NaCl от 0,3 до 1,5; Na₂SO₄ от 1,0 до 4,0; Na₂CO₃ от 0,1 до 0,4 г/л.

2. При хлоридном засолении семена исследуемых сортов риса при высоких концентрациях соли не проросли: сорт «Заря» при содержании соли более 1,3 г/л, сорт «Янтарь» — уже при 0,7 г/л, сорт «Таромхошеми» — при 1,1 г/л. При сульфатном засолении наименее устойчивыми показателями характеризуется сорт «Янтарь», для которого уже при концентрации Na₂SO₄ 1,0 г/л семена не проросли. При содовом засолении концентрация Na₂CO₃ 2,5 г/л является губительной концентрацией для всех исследуемых сортов риса посевного. Содовое засоление при низких концентрациях не влияет на прорастание семян «Таромхошеми» и при содержании соли от 0,1 до 0,20 г/л всхожесть сохраняется до 70–80 %, а общая длина и масса корней снижаются лишь до 67,3 и до 75,2 % соответственно.

3. Сравнительный анализ показал, что более высокой солеустойчивостью при хлоридном засолении отличается сорт «Таромхошеми» (при концентрации NaCl 0,7 г/л — лабораторная всхожесть 90 %, общая длина и масса корней — 20,7 %, 24,8 %); при сульфатном засолении сорт «Заря» (при концентрации Na₂SO₄ 2,0 г/л — лабораторная всхожесть 50 %, общая длина и масса корней — 5,0 %, 4,0 %); при содовом засолении сорт «Таромхошеми» (при концентрации Na₂CO₃ 0,2 г/л — лабораторная всхожесть 90 %, общая длина и масса корней — 20,7 %, 24,8 %).

На основании проведенных исследований рисоводческим хозяйствам рекомендуется выращивание сорта риса «Заря» казахстанской селекции, для удовлетворения потребностей внутреннего зернового рынка, и сорта риса «Таромхошеми» — для экспортной поставки зерна Ирану.

Список литературы

- 1 Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2012/ru/>
- 2 Строганов Б.П. Метаболизм растений в условиях засоления / Б.П. Строганов. — М.: Наука, 1976. — 646 с.
- 3 Мохаммед А.М. Аккумуляция осмолитов растениями различных генотипов рапса при хлоридном засолении / А.М. Мохаммед, Г.Н. Ралдугина, В.П. Холодова, В.В. Кузнецов // Физиология растений. — 2005. — Т. 53, № 5. — С. 732–738.
- 4 Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений / Б.П. Строганов. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 365 с.

- 5 Драгавцев В.А. Физиологические основы селекции растений / В.А. Драгавцев, Г.В. Удовенко, Н.Ф. Батыгин и др. — СПб.: ВИР, 1995. — 650 с.
- 6 Walitang D.I. The influence of host genotype and salt stress on the seed endophytic community of salt-sensitive and salt-tolerant rice cultivars / D.I. Walitang, K. Chang-Gi, K. Kiyoon, Y. Kang, Y.K. Kim, T. Sa // BMC Plant Biology. — 2018. — Vol. 18. — Iss. 1. — P. 1–16.
- 7 Шевелуха В.С. Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути его регулирования / В.С. Шевелуха. — М., 1980. — 102 с.
- 8 Hu T. Overexpression of OsLEA4 enhances drought, high salt and heavy metal stress tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) / T. Hu, Sh. Zhu, L. Tan, W. Qi, Sh. He, G. Wang // Environmental and experimental botany. — 2016 Mar. — Vol. 123. — P. 68–77.
- 9 Paul S. Seed pre-treatment with spermidine alleviates oxidative damages to different extent in the salt (NaCl)-stressed seedlings of three indica rice cultivars with contrasting level of salt tolerance / S. Paul, A. Roychoudhury, A. Banerjee, N. Chaudhuri, P. Ghosh // Abiotic stress tolerance in plants: growth regulators and transcriptional control of multiple signaling pathways, Plant Gene. — 2017. — Vol. 11, Part B. — P. 112–123.
- 10 Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — 780 с.
- 11 Chunthaburee S. Application of Exogenous Spermidine (Spd) Improved Salt Tolerance of Rice at the Seedling and Reproductive Stages / S. Chunthaburee, J. Sanitchon, W. Pattanagul, P. Theerakulpisut // Agriculture and Climate Change — Adapting Crops to Increased Uncertainty (AGRI 2015), Procedia Environmental Sciences. — 2015. — Vol. 29. — P. 134.
- 12 Freire M.H. da C. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water / M.H. da C. Freire, G.G. de Sousa, M.V.P. de Souza, E.D.R. de Ceita, J.N. Fiusa, K.N. Leite // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental — Agriambi. — 2018. — Vol. 22(7). — P. 471–475.
- 13 Иванов Ю.М. Технологическая модификация метода проростков и анализ его пригодности для оценки солеустойчивости растений / Ю.М. Иванов, Г.В. Удовенко // Тр. по прикл. бот., ген. и селекции. — 1970. — Т. 43, № 1. — С. 160–167.
- 14 Удовенко Г.В. Изучение солеустойчивости зернобобовых растений в онтогенезе в связи с некоторыми свойствами протоплазмы / Г.В. Удовенко, В.М. Евдокимов // Физиология растений. — 1970. — Т. 17. — С. 590–598.

А.С. Бахтаулова, М.Ф. Жакупжанова, А. Камбарова, М. Янига

Алматы облысының суармалы егіншілік жағдайында егістік күріштің (*Oryza sativa*) тұзға төзімділігін анықтау

Мақалада Қазақстан, Ресей және Иран селекциясының егістік (*Oryza sativa*) күріш сұрыптарының зертханалық әдіспен әртүрлі сападағы тұзға төзімділікке бағалау нәтижелері баяндалған. Себу сапасы бойынша сұрыптар арасында айырмашылықтар келтірілген: зертханалық өнгіштігі, тұқым тазалығы, 1000 дән массасы және тұқымдардың зертханалық тұзға төзімділік көрсеткіштері: тұздану түріне байланысты (сульфатты, хлоридті, содалық) өскен тұқымдардың саны, тамырдың ұзындығы мен салмағы. Егістік сапасы бойынша ең жоғары көрсеткіштерімен ирандық селекцияның сорты «Таромхошеми» сипатталды. Зерттелініп отырған күріш сұрыптарының тұқымдары хлоридті тұздану кезінде концентрациясы 0,7–1,3 г/л-ден артық, сульфатты жағдайда — 1,0 г/л-ден артық, сода кезінде — 2,5 г/л-ден артық тұздардың жоғары концентрациясы кезінде өспей қалды. Жүргізілген зертханалық зерттеулер негізінде хлоридті және сода тұздану кезінде жоғары тұзға төзімділігімен «Таромхошеми» ерекшеленеді; сульфатты тұздану кезінде «Заря» сұрыпы анықталды және ішкі астық нарығының және күріш экспортының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін әртүрлі селекция сорттарын өсіру бойынша ұсыныстар тұжырымдалды.

Кілт сөздер: тұзға төзімділік, күріш, сорт, зертханалық әдіс, тұздану түрлері.

A.S. Bakhtaulova, M.F. Zhakupzhanova, A. Kambarova, M. Janiga

Determination of salt tolerance of rice (*Oryza sativa*) in irrigated agriculture of Almaty region

In the article the results of evaluation of varieties of rice (*Oryza sativa*) of Kazakhstan, Russian and Iranian selection for different quality salt resistance by laboratory method are presented. The differences between the varieties in cultivated qualities are given: laboratory germination, purity of seeds, weight of 1000 seeds and laboratory indicators of salt tolerance of seeds: on number of germinated seeds, length and mass of roots, depending on type of salinity (sulfate, chloride, soda). According to sowing qualities, the highest rates are characterized by the variety of Iranian selection Tarom hoshemi. At high concentrations of salts, the seeds of the studied varieties of sowing rice did not germinate with chloride salinity at a concentration of more than 0.7–1.3 g/l, with sulfate — more than 1.0 g/l, with soda — more than 2.5 g/l. On the basis of laboratory studies, it was found that a higher salt resistance with chloride and soda salinity differs in the grade of Tarom hoshemi;

in the case of sulphate salinization of the Zarya variety, recommendations were formulated for the cultivation of varieties of different selection to meet the needs of the domestic grain market and the export of rice.

Keywords: salt resistance, rice, variety, laboratory method, salinity type.

References

- 1 Prodovolstvennaia i selskokhoziaistvennaia orhanizatsiia OON [Food and agriculture organization of the United Nations]. www.fao.org Retrieved from <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2012/ru/>
- 2 Stroganov, B.P. (1976). *Metabolizm rastenii v usloviakh zasoleniia* [Metabolism of plants under salinization]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 3 Mokhammed, A.M., Raldugina, G.N., Kholodova, V.P., & Kuznetsov, V.V. (2005). Akkumulatsiia osmolitov rasteniiami razlichnykh henotipov rapsa pri khloridnom zasolenii [Accumulation of osmolites plants of the different genotypes of rape when chloride salinity]. *Fiziologhiia rastenii — Plant physiology*, 53, 5, 732–738 [in Russian].
- 4 Stroganov, B.P. (1962). *Fiziologicheskie osnovy soleustoichivosti rastenii* [Physiological basis of plant salt tolerance]. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR [in Russian].
- 5 Dragavtsev, V.A., Udovenko, G.V., & Batygin, N.F. et al. (1995). *Fiziologicheskie osnovy seleksii rastenii* [Physiological basis of plant breeding]. Saint-Petersburg [in Russian].
- 6 Walitang, D.I., Chang-Gi, K., Kiyoon, K., Kang, Y., Kim, Y. K., & Sa, T. (2018). The influence of host genotype and salt stress on the seed endophytic community of salt-sensitive and salt-tolerant rice cultivars. *BMC Plant Biology*, 18, 1–16.
- 7 Shevelukha V.S. (1980). *Periodichnost rosta selskokhoziaistvennykh rastenii i puti eho rehulirovaniia* [Frequency of growth of agricultural plants and ways of its regulation]. Moscow [in Russian].
- 8 Hu, T., Zhu, Sh., Tan, L., Qi, W., He, Sh., & Wang, G. (2016). Overexpression of OsLEA4 enhances drought, high salt and heavy metal stress tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental and experimental botany*, 123, 68–77.
- 9 Paul, S., Roychoudhury, A., Banerjee, A., Chaudhuri, N., & Ghosh, P. (2017). Seed pre-treatment with spermidine alleviates oxidative damages to different extent in the salt (NaCl)-stressed seedlings of three indica rice cultivars with contrasting level of salt tolerance. *Abiotic stress tolerance in plants: growth regulators and transcriptional control of multiple signaling pathways*, *Plant Gene*, 11, 112–123.
- 10 Zhuchenko, A.A. (2001). *Adaptivnaia sistema seleksii rastenii (ekologo-heneticheskie osnovy)* [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis)]. Moscow: RUPF Publ. [in Russian].
- 11 Chunthaburee, S., Sanitchon, J., Pattanagul, W., & Theerakulpisut, P. (2015). Application of Exogenous Spermidine (Spd) Improved Salt Tolerance of Rice at the Seedling and Reproductive Stages. *Agriculture and Climate Change — Adapting Crops to Increased Uncertainty (AGRI 2015)*, *Procedia Environmental Sciences*, 29, 134–134.
- 12 Freire, M.H. da C., Sousa, G.G. de, Souza, M.V.P. de, Ceita, E.D.R. de, Fiusa, J.N., & Leite, K.N. (2018). Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental — Agriambi*, 22(7), 471–475.
- 13 Ivanov, Yu.M., & Udovenko, G.V. (1970). Tekhnologicheskaia modifikatsiia metoda prorostkov i analiz eho prihodnosti dlia otsenki soleustoichivosti rastenii [Technological modification of the method of seedlings and analysis of its suitability for assessing the salt resistance of plants]. *Trudy po prikladnoi botanike, hetetike i seleksii — Bulletin of applied botany, of genetics and plant breeding*, 43, 1, 160–167 [in Russian].
- 14 Udovenko, G.V., & Evdokimov, V.M. (1970). Izuchenie soleustoichivosti zernobobovykh rastenii v ontogeneze v sviazi s nekotorymi svoistvami protoplazmy [The study of salt tolerance of bean plants during ontogenesis in relation to some properties of protoplasm]. *Fiziologhiia rastenii — Plant physiology*, 17, 590–598 [in Russian].