

## Влияние на концентрацията на NaCl върху кълняемостта на семената и параметрите на прорастъците при интродуцирани сортове ориз (*Oryza sativa* L.)

Гергана Дешева\*, Свилена Тошева

Институт по Растителни Генетични Ресурси „К. Малков” – Садово

\*E-mail: [gergana\\_desheva@abv.bg](mailto:gergana_desheva@abv.bg)

### Резюме

Целта на настоящото изследване е да се определи и сравни инхибиторния ефект от повишените концентрации на натриев хлорид върху кълнителната способност на семената и характеристиките на покълване при ориза. Изследването е проведено с пет интродуцирани сорта през 2020 г. в лабораторията по семеконтрол и качеството на семената към Националната генбанка на ИРГР-Садово. Увеличаването на концентрацията на засоляване от 50 на 300 mM NaCl удължава средното време на покълване на семената и има подтискащо влияние върху растежа на кълновете и корените. Относително най-толерантен към засоляване по отношение на покълването на семената е сорт Гала, следван от Османчик 97, а по отношение на растежа на прорастъците е сорт CL 34.

**Ключови думи:** ориз; кълняемост; кълн; корен; толерантност към соли

## Influence of NaCl concentrations on the seed germination and the seedling parameters in introduced rice varieties (*Oryza sativa* L.)

Gergana Desheva\*, Svilena Tosheva

Institute of Plant Genetic Resources “K. Malkov”- Sadovo

\*E-mail: [gergana\\_desheva@abv.bg](mailto:gergana_desheva@abv.bg)

### Citation

Desheva, G., & Tosheva, S. (2021). Influence of NaCl concentrations on the seed germination and the seedling parameters in introduced rice varieties (*Oryza sativa* L.). *Rastenievadni nauki*, 58(6) 43-54 (Bg).

### Abstract

The aim of the present study was to determine and to compare the inhibitory effect of increasing sodium chloride concentrations on seed germination and seedling characteristics in rice. The study was conducted with five introduced varieties in 2020 in the laboratory for seed control and seed quality at the National Gene Bank of IRGR-Sadovo. Increasing the salinity concentration from 50 to 300 mM NaCl prolonged the mean germination time and had a suppressive effect on the growth of shoots and roots. Relatively the most tolerant to salinity in terms of seed germination was the Gala variety, followed by Osmanchik 97, and in terms of seedling growth was the CL 34 variety.

**Key words:** Rice (*Oryza sativa* L.); germination; shoot; root; salinity tolerance

## ВЪВЕДЕНИЕ

Засоляването на почвите е едно от основните екологични ограничения за производството

на много култури и се очаква проблемът да се увеличи поради нерационални човешки действия, причиняващи вторично засоляване, както и поради глобалното затопляне, с последващо

то покачване на морското равнище (Flowers & Flowers, 2005; Kumar et al., 2019). Засоляването нанася вреда на растенията главно по два начина: първо – прекомерното съдържание на соли в почвата води до намаляване на водния потенциал, което причинява воден стрес в растенията; второ - натрупването на някои специфични йони причинява хранителен дисбаланс (Verslues et al., 2006; Hairmansis et al., 2014). При ориза, непрекъснатото заливане на площите в продължение на около 4 месеца, особено когато това става няколко години поред (монокултура), засоляването се счита за тежък абиотичен стрес и е едно от съществените затруднения при отглеждането му в световен мащаб (Hairmansis et al., 2014; Bhusan et al., 2016; Ganie et al., 2019; Rashid et al., 2017; Reddy et al., 2017).

Способността да понасят засоляване е ключов фактор за продуктивността на растенията (Momayezi et al., 2009). Солеността пречи на растежа и развитието на ориза, на адаптацията на растенията и реакциите на стрес. Оризът е чувствителна към засоляването на почвата култура (гликофит) и неговата чувствителност е променлива в различните етапи на растеж и развитие. Тя е най-силна по време на поникването и до пълното вкореняване на растенията (Momayezi et al., 2009; Sankar et al., 2011). Солеви стрес влияе върху кълняемостта на семената, растежа на кълна, дължината на кълна и корените, сухата маса на кълна (Moradi & Ismail, 2007; Munns & Tester, 2008; Ashraf & Akram, 2009; Gupta & Huang, 2014). Съдържанието на соли над 0.4% затормозява поникването, а над 0.7% поникване практически не настъпва (Koynov et al., 1980).

След пълното вкореняване солеустойчивостта на ориза се повишава, но и тогава по-голямото засоляване понижава интензивността на развитие на растенията. Солеността инхибира растежа на младите листа, влияе върху размера на листата и броя на братята от растение (Sankar et al., 2011; Hairmansis et al., 2014). Цъфтежът при оризовата култура е другият много чувствителен етап от развитието на растенията, който е засегнат от солеви стрес. Високото съдържание на соли намалява жизнеспособността на полена и причинява стерилност, което от своя страна определя добива на зърно (Singh et al., 2004; Irakoze et al., 2020). В България от 2002 г. се

провеждат системни наблюдения на процесите на засоляване на почвите (<http://eea.government.bg/eea/bg/publicat/2004-1/quality/soil/soil4.htm>). По данни на Изпълнителната агенция по околна среда засолените почви в страната заемат площ от над 30 000 ha или над 0.6% от обработваемата земя и над 2.5% от поливните площи (<http://eea.government.bg/eea/bg/publicat/2004-3/quality/soil/soil4.htm>). Независимо от малкия относителен дял, те представляват проблем за селското стопанство. Значимостта нараства с факта, че разпространението им е под формата на петна всред плодородни почви, обект на интензивно земеделие. Процесите засягат главно областите Бургас, Варна, Велико Търново, Плевен, Пловдив, Сливен, Стара Загора и Ямбол.

Производството на ориз е съсредоточено изцяло в Пазарджишка, Пловдивска и Старозагорска област и по-специално по поречията на реките Марица, Стряма и Тополница. В тези райони са разположени три от постоянните стационара за наблюдение на водно-солеви режим в Южна България. Опорните пунктове в гр. Пловдив и с. Белозем са представителни места със засолени почви, в резултат на капиллярно покачване на подпочвени води с високо ниво. Пунктът в с. Ясно поле е представителен за засолени почви с напреднал процес на разсоляване в резултат на което повърхностният хоризонт на почвата е разпращен и има неутрална реакция, а "В" хоризонтът се отличава с плътна структура и алкална реакция.

Целта на настоящото изследване е да се определи и сравни инхибиторният ефект от повишените концентрации на натриев хлорид върху кълнителната способност на семената и характеристиките на покълване при интродуцирани сортове ориз.

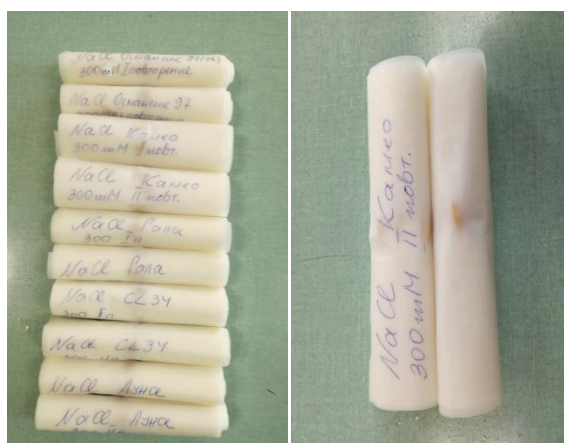
## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

В проучването са включени два турски (Османчик 97, Гала) и три италиански (Луна, СЛ 34, Камео) сорта ориз, които са разпространени в производството у нас. Сорт Османчик 97 е стандарт за България. Сортове се характеризират със средно ранен вегетационен период (120 – 135 дни) и са устойчиви на полягане. Принадлежат към var. *italica* Alef.: цветни плеви – сла-

меножълти, без осил и с бял цвят на олющеното зърно. Продуктивността на сортовете Османчик 97, Гала, Луна и Камео е 700 – 870 kg/da, а на CL 34 е 500 – 620 kg/da. Сорт Камео се отличава като най-високодобивен, с дълга метлица и едро зърно.

Опитът е проведен в лабораторията по семе-контрол и качество на семената в Националната генбанка на ИРГР-Садово през 2020 година. Проучено е влиянието на шест нива на засоляване, включващи ниски, средни и високи концентрации на NaCl (50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM, 250 mM и 300 mM разтвори на NaCl) върху характеристиките на покълване при изпитваните сортове ориз. Като контрола е използвана дестилирана вода. Общият брой на варианти от сорт е седем. Преди стартиране на опита е извършено сухо охлаждане на семената чрез поставянето им за три денонощия в хладилник при 5°C в неутронови пликове. За всеки вариант от опита са заложени по две повторения от по 25 семена за покълване между рулони филтърна хартия (Grade FT 55) с 20 ml от съответните тествани разтвори (Фиг. 1). Хартията е заменяна на всеки два дни за предотвратяване на солевата акумулация. Хартиените рулони са поставени в запечатани полиетиленови торбички, за да се избегне загубата на влага.

Покълването на семената е извършено в растежна камера BINDER, при температура 25 ± 1°C, на тъмно, в продължение на 14 дни. Семената се считат за покълнали, когато кълнът е



**Фигура 1.** Залагане на семена третирани с 300 mM NaCl

**Figure 1.** Laying seeds tested with 300 mM NaCl

прораснал най-малко 1 mm. Броят на покълналите семена е записван ежедневно, докато се постигне постоянен брой. От броя на покълналите семена са изчислени следните характеристики - кълняема енергия, като първо броене след 5 дни (GE, %); кълняемост, като крайно броене след 14 дни (G, %), коефициент на скорост на покълване (CVG), степен на индекс на покълване (GRI, % day-1), индекс на покълване (GI) и средно време на покълване (MGT, day).

Коефициентът на скорост на покълване (CVG, % day-1) е изчислен според Kader & Jutzi (2004). Индексът на покълване (GI) и степента на индекса на покълване (GRI, % day-1) и средното време на покълване (MGT, day) са изчислени по формулата на Kader (2005).

На 14-ят ден от поставянето на семената за покълване са извършени биометрични измервания върху дължината на кълн (LSh) и корен (LR) в cm (Фиг. 2), както и претегляния за определяне на свежо и сухо тегло (mg) на кълн и корен (FWSH, FWR, DWSH и DWR). Сухите тегла са определени след изсушаване при 80°C в продължение на 24 часа в сушилня. От всеки вариант на опита са измерени и претеглени общо по 20 растения т.е. по 10 растения от повторение.

Жизненият индекс на семената (VI) е определен по уравнението на Florez et al. (2007).



**Фигура 2.** Покълнали семена 14 дни след залагане на опита

**Figure 2.** Germinated seeds 14 days after betting the experiment

Толерантността към засоляване е изчислена по формулата, дадена от Муџеб-ur-Rahman et al. (2008). Оценяването на сортовете е по следната скала:

Индекс на толерантност	Степен на толерантност
по-голям от 80%	много висока
80-60%	висока
60-40%	средна
40-20%	ниска
по-малък от 20%	много ниска

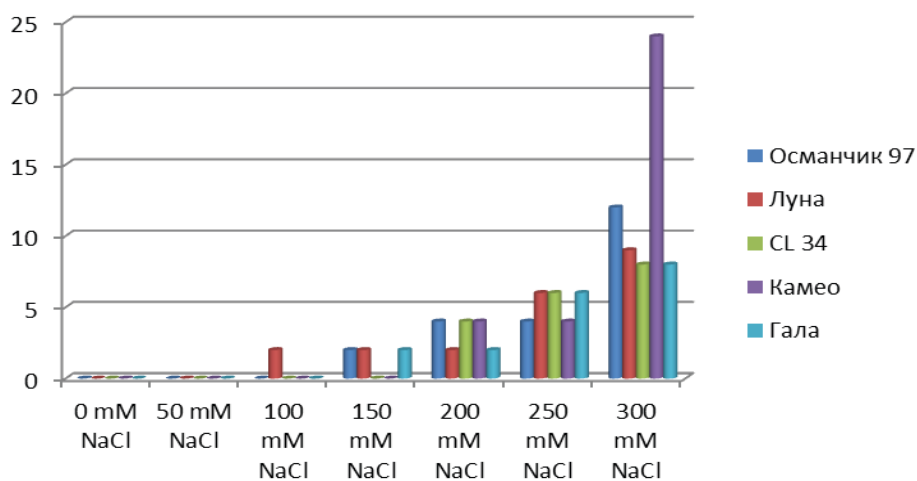
За статистико-математическа обработка на експериментално получените данни е използван вариационен анализ (ANOVA), еднофакторен дисперсионен анализ - LSD и Duncan's multiple test (Duncan, 1955), при нива на статистическа значимост  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  и  $p \leq 0.001$  (Lidanski, 1988). Статистическите анализи са извършени със статистическата програма SPSS 22.0.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите на Таблица 2 показват въздействието на повишените концентрации на NaCl върху показателите на покълването при изпитваните сортове ориз - кълняема енергия (GE, %), кълняемост (G, %), коефициент на скорост на покълване (CVG), степен на индекс на покъл-

ване (GRI, % day-1), индекс на покълване (GI) и средно време за покълване (MGT, day).

Повишаването на нивата на разтворимите соли от 50 до 300 mM NaCl като цяло оказва подтискащо влияние върху показателите кълняемата енергия и кълняемост, като това влияние е статистически доказано при всички изследвани сортове при прилагането на концентрации от над 150 mM NaCl. При нива от 200 mM NaCl, при сортовете Луна, Камео и CL 34 на петият ден от залагането на семената за кълняемост не са отчетени покълнали семена. При 250 mM разтвор на NaCl, сорт Гала показва 0% GE, докато при сорт Османчик 97, 0% GE е регистрирана при най-високата концентрация. Доказано най-голямо вариране между сортовете в опита по отношение на показателят кълняемост на семената е установено при по-високите концентрации на NaCl (200-300 mM NaCl). При 300 mM разтвор на NaCl кълняемостта варира от 0% за сорт Луна до 74% за сорт Гала. При сорт Османчик 97 е регистрирана също доказано по-висока кълняемост (68%) в сравнение с тези на Камео, CL 34 и Луна. С прилагането на увеличаваща се концентрация на NaCl се увеличава и броят на ненормално покълналите семена, като най-висок брой ненормално покълнали семена при 300 mM р-р на NaCl са регистрирани при сорт Камео (24 бр.) и Османчик 97 (12 бр.) (Фиг. 3).



**Фигура 3.** Среден брой ненормално покълнали семена при различните концентрации на NaCl при изпитваните сортове ориз

**Figure 3.** Average number of abnormally germinated seeds at different concentrations of NaCl in the tested rice varieties

Коефициентът на скорост на покълване (CVG) дава информация за скоростта на покълване. Той нараства, когато броят на покълнали те семена се увеличава, а времето, необходимо за покълване, намалява. Степента на индексът на покълване (GRI) отразява процента на покълнали семена за всеки ден от периода на покълване. По-високите стойности на GRI показват по-високо и по-бързо покълване (Kader, 2005), а по-ниската стойност на GI означава по-нисък процент и степен на кълняемост на семената в изследваната партида. В нашето изследване приложението на увеличаващ се солеви стрес има статистически доказан отрицателен ефект върху коефициента на скорост на покълване (CVG), степента на индекс на покълване (GRI, % day<sup>-1</sup>) и индекса на покълване (GI) (Таблица 1). Най-високи CVG, GRI и GI са отбелязани при контролните варианти и с повишаване на нивата на засоляване стойностите на тези показатели намаляват. Значителни разлики са установени между сортовете при нива над 150 mM NaCl (Таблица 1). При вариантът с 300 mM разтвор на NaCl, CVG варира от 8.93 (Камео) до 11.67 (Гала), GRI от 0.36% day<sup>-1</sup> (Луна) до 9.62 % day<sup>-1</sup> (Гала), а GI от 16 (Луна) до 514 (Гала). С увеличаването на концентрацията от 0 до 300 mM NaCl се удължава средното време за покълване. При най-високата концентрация на сол (300 mM NaCl), MGT варира от 8.58 дни (за Гала) до 11.21 дни (за Камео). Доказано най-високи стойности спрямо останалите сортове в опита са отчетени при Луна (11 дни) и Камео (Таблица 1).

Негативният ефект от засоляването може да бъде изразен и чрез промяната в морфологичните показатели на растенията. На таблица 2 са представени измерванията за основните характеристики на прорастъците при изпитваните сортове ориз. Увеличаването на концентрацията на NaCl в разтворите оказва инхибиращо влияние върху дължината на кълна и корените и съответните им свежи и сухи тегла. При по-високите концентрации е отчетено по-голямо вариране в дължините на кълновете между проучваните сортове в сравнение с тези на корените. При 200 mM NaCl средната дължина на кълна варира между 0.87 cm за Луна и 1.55 cm за CL 34. Доказано най-дълъг кълн при 250 и 300 mM NaCl е отчетен при Османчик 97. При сорт Камео е регистрирана, съответно най-голямата

средна дължина на корена от 14.55 cm при контролния вариант и най-малката от 0.30 cm при 300 mM p-p на NaCl. Най-дълъг корен е отчетен при CL 34 при най-високата концентрация, като разликите спрямо останалите сортове в опита са статистически доказани при ниво на статистическа значимост  $p \leq 0.001$ , според Duncan's test (Таблица 2).

Приложението на повишени нива на разтворими соли на NaCl има отрицателен ефект върху показателите - свежо и сухо тегло на кълн и корен. Разликите в теглата между контролните варианти на свежите и сухите кълнове и корени в опита спрямо тези с различните нива на засоляване са значими в различна степен при повечето от изпитваните сортове, особено при нива между 150 и 300 mM разтвор на NaCl. При сорт Османчик 97 са отчетени най-високи стойности на свежо тегло на кълн сравнено с тези на останалите генотипове при контролния вариант (77.40 mg plant<sup>-1</sup>), при 50 mM p-p на NaCl (58.20 mg plant<sup>-1</sup>) и при 200 mM p-p на NaCl (17.60 mg plant<sup>-1</sup>), а CL 34 показва най-високи стойности, съответно при 150 mM p-p на NaCl (31.95 mg plant<sup>-1</sup>). При сорт Гала е регистрирано най-високо свежо тегло на кълн при 300 mM разтвор на NaCl, но сравнено със стойностите на Османчик 97 и CL 34 разликите не са статистически доказани. При условията на най-голям стрес, най-ниско свежо тегло на корен е установено при сорт Камео (0.65 mg plant<sup>-1</sup>), докато при останалите сортове не са наблюдавани съществени разлики. Сорт Гала се характеризира с най-големи сухи тегла на кълн и корен при 300 mM p-p на NaCl, съответно 0.30 mg plant<sup>-1</sup> и 0.10 mg plant<sup>-1</sup> (Таблица 2).

Индексът на жизненост показва капацитета за покълване и тенденцията за растежа на прорастъците. В нашето изследването индексът на жизненост нараства, когато концентрацията на NaCl намалява, което показва, че повишената концентрация на NaCl причинява инхибиращо влияние върху покълването на семената и растежа на прорастъците. Отчетени са значими разлики между третиранията с NaCl и индексът на жизненост, както между отделните варианти в опита така и между изследваните сортове ориз. С увеличаване на концентрациите на NaCl стойностите на индексът се понижават от 2175 за Османчик 97 (контролен вариант) до 0.80 за

**Таблица 1.** Влияние на концентрацията на NaCl върху характеристиките на покълване при изпитваните сортове ориз  
**Table 1.** Influence of the concentration of the NaCl on germination characteristics in tested rice varieties

Сорт/ Variety	Нива на соленост/ Salinity levels							LSD		
	0 mM NaCl	50 mM NaCl	100 mM NaCl	150 mM NaCl	200 mM NaCl	250 mM NaCl	300 mM NaCl	0.05	0.01	0.001
<b>Кълняема енергия/ Germination energy, %</b>										
Османчик 97/ Osmanschik 97	100.00b	90.00ab*	84.00ab**	79.00b***	69.00c***	2.00b***	0.00***	13.22	18.35	25.52
Луна/Luna	92.00a	94.00bc	76.00a***	28.00a***	0.00a**	0.00a***	0.00***	6.69	9.28	12.90
CL 34	100.00b	98.00c	94.00b	82.00b**	0.00a***	0.00a***	0.00***	9.59	13.31	18.51
Камео/Cameo	100.00b	98.00c	96.00b	74.00b***	0.00a***	0.00a***	0.00***	4.19	5.81	8.08
Гала/Gala	100.00b	84.00a***	82.00ab***	72.00b***	2.00b***	0.00a***	0.00***	3.24	4.50	6.26
<b>Кълняемост/ Germination, %</b>										
Османчик 97/ Osmanschik 97	100.00b	96.00a	94.00a	89.00a**	85.00c***	81.00c***	68.00c***	7.56	10.50	14.60
Луна/Luna	98.00a	96.00a	94.00a	90.00a	56.00a***	20.00a***	0.00a***	8.43	11.69	16.26
CL 34	100.00b	98.00a	100.00b	98.00c	86.00c*	60.00b***	17.00b***	13.49	18.73	26.04
Камео/Cameo	100.00b	100.00a	100.00b	92.00ab**	66.00b***	56.00b***	2.00a***	4.19	5.81	8.08
Гала/Gala	100.00b	98.00a	96.00ab	96.00bc	90.00c***	86.00c***	74.00c***	4.59	6.37	8.85
<b>Средно време за покълване/ Mean germination time (MGT), day</b>										
Османчик 97/ Osmanschik 97	2.38a	3.17a**	4.18a***	4.40a***	4.66a***	7.47a***	9.38a***	0.98	1.36	1.89
Луна/Luna	4.02e	4.32c	4.89a**	6.22c***	8.46c***	10.40d***	11.00b***	0.52	0.72	1.01
CL 34	3.04c	3.82b*	4.16a**	4.80ab***	7.49b***	9.48c***	9.01a***	0.98	1.36	1.88
Камео/Cameo	3.40d	4.08bc**	4.20a**	5.13b***	7.14b***	8.30b***	11.21b***	0.43	0.59	0.82
Гала/Gala	2.68b	4.21c***	4.52a***	4.63a***	6.98b***	7.11a***	8.58a***	0.33	0.45	0.63

Коефициент на скорост на покълване/ Coefficient of velocity germination (CVG)										
Османчик 97/ Osmanchik 97	42.25e	32.01b**	24.80a***	22.78d***	21.83b***	13.40d***	10.69b***	6.08	8.44	11.73
Луна/Luna	24.89a	23.18a**	20.44a***	16.07a***	11.86a***	9.62a***	9.09a***	1.13	1.57	2.18
CL 34	32.9c	26.21a***	24.09a***	20.92bc***	13.35a***	10.62b***	11.18b***	1.95	2.71	3.76
Камео/Cameo	29.43b	24.51a***	23.81a***	19.53b***	13.99a***	12.08c***	8.93a***	1.08	1.50	2.09
Гала/Gala	37.38d	23.78a***	22.2a***	21.67cd***	14.33a***	14.07d***	11.67b***	1.65	2.29	3.18
Степен на индекс на покълване/ Germination rate index (GRI), % day <sup>-1</sup>										
Османчик 97/ Osmanchik 97	44.47e	34.59c***	25.75a***	22.20c***	20.05d***	11.30c***	7.67c***	4.78	6.63	9.22
Луна/Luna	27.09a	23.15a***	21.12a***	15.10a***	8.08a***	2.53a***	0.36a***	1.40	1.94	2.70
CL 34	34.50c	26.83b***	25.17a***	21.50c***	12.25c***	7.36b***	3.35b***	2.67	3.71	5.16
Камео/Cameo	30.86b	25.15ab***	24.57a***	18.27b***	9.84b***	7.48b***	2.39b***	0.98	1.36	1.89
Гала/Gala	39.17d	26.09b***	24.52a***	21.58c***	13.42c***	13.02d***	9.62d***	1.38	1.91	2.66
Индекс на покълване/ Germination index										
Османчик 97/ Osmanchik 97	1262e	1134c*	1022ab***	943bc***	877e***	610c***	382d***	121.94	169.24	235.35
Луна/Luna	1098a	1026a*	950a***	790a***	426a***	120a***	16a***	61.29	85.07	118.30
CL 34	1196c	1096bc	1084b	1000c**	676c***	372b***	174c***	118.85	164.96	229.40
Камео/Cameo	1160b	1092bc***	1080b***	908b***	550b***	402b***	96b***	26.81	37.21	51.74
Гала/Gala	1232d	1058ab***	1006ab***	932bc***	738d***	726d***	514e***	40.35	56.00	77.88

Средните в същата колона, последвани от едни и същи букви, не се различават значимо при  $p \leq 0.05$  според Duncan's test. \*, \*\*, \*\*\*-статистически доказани разлики при нива на статистическа, съответно при  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  и  $p \leq 0.001$ . The means in the same column, followed by the same letters, did not differ significantly at  $p \leq 0.05$  according to the Duncan's test. \*, \*\*, \*\*\* - statistically proven differences at statistical levels, respectively at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.001$

**Таблица 2.** Характеристики на прорастъците при проучваните сортове ориз при различни нива на засоляване  
**Table 2.** Characteristics of seedlings in the studied rice varieties at different salinity levels

Сорт/ Variety	Нива на засоляване/ Salinity levels							LSD		
	0 mM NaCl	50 mM NaCl	100 mM NaCl	150 mM NaCl	200 mM NaCl	250 mM NaCl	300 mM NaCl	0.05	0.01	0.001
	Дължина на кълн/ Shoot length, cm									
Османчик 97/ Osmanchik 97	11.37d	8.70d***	6.91b***	2.46b***	1.37bc***	1.09d***	0.41c***	0.40	0.55	0.77
Луна/Luna	8.02b	6.48b*	4.80a***	1.77a***	0.87a***	0.43a***		1.16	1.62	2.25
CL 34	9.19c	7.35c***	6.29b***	3.16c***	1.55c***	0.71bc***	0.30b***	0.53	0.74	1.02
Камео/Cameo	6.57a	5.12a***	3.83a***	1.70a***	0.88b***	0.55ab***	0.10a***	0.19	0.27	0.38
Гала/Gala	8.16b	7.70bc	4.92a***	3.27c***	1.17bc***	0.83c***	0.31b***	0.63	0.87	1.21
	Дължина на корен/ Root length, cm									
Османчик 97/ Osmanchik 97	10.38ab	9.54b	7.03a***	4.41ab***	3.58b***	1.54b***	0.40a***	1.37	1.90	2.64
Луна/Luna	11.33bc	10.24ab*	6.87a**	3.58a***	2.45a***	0.90a***		1.04	1.45	2.01
CL 34	8.706a	9.06a	7.58a**	4.75b***	3.08ab***	1.51b***	0.67c***	0.61	0.84	1.17
Камео/Cameo	14.55d	11.39b***	10.75c***	5.99c***	2.87ab***	1.26ab***	0.30a***	1.42	1.97	2.74
Гала/Gala	12.73c	10.06ab***	8.85b***	4.89b***	2.87ab***	1.33ab***	0.54b***	0.45	0.63	0.88
	Свежо тегло на кълн/ Fresh weight of shoot (FWSh), mg plant <sup>-1</sup>									
Османчик 97/ Osmanchik 97	77.40c	58.20c***	50.60b***	26.90b***	17.60c***	8.30b***	1.10b***	2.70	3.75	5.22
Луна/Luna	57.20ab	46.55a***	39.50a***	18.25a***	7.70a***	3.70a***		1.46	2.02	2.82
CL 34	59.40ab	55.65b	53.35b*	31.95c***	16.05bc***	4.95a***	1.45bc***	4.80	6.66	9.26
Камео/Cameo	63.30b	47.90a***	41.85a***	18.95a***	7.00a***	3.35a***	0.54a***	3.25	4.51	6.28
Гала/Gala	54.80a	46.55a***	42.40a***	32.25c***	13.45b***	7.05b***	1.70c***	4.20	5.83	8.11



Свежо тегло на корен/ Fresh weight of root (FWR), mg plant <sup>-1</sup>										
Османчик 97/ Osmanchik 97	16.75b	15.20b*	14.15b***	8.75b***	7.25c***	3.20b***	0.86b***	1.17	1.62	2.26
Луна/Luna	14.00a	12.75a*	10.30a***	6.80ab***	3.40a***	1.20a***	1.10b***	0.52	0.72	1.00
CL 34	13.20a	12.40a	10.95a***	8.85b***	4.90b***	2.70b***	1.10b***	0.98	1.36	1.89
Камео/Самео	17.90bc	14.90b	15.15b	4.68a**	5.35b***	2.25b***	0.65a***	3.39	4.70	6.54
Гала/Gala	19.18c	16.85c***	15.35b***	8.60b***	5.65b***	2.45b***	1.10b***	1.01	1.41	1.96
Сухо тегло на кълн/ Dry weight of shoot (DWSH), mg plant <sup>-1</sup>										
Османчик 97/ Osmanchik 97	7.35b	6.50c**	5.70c***	3.35b***	1.35ab***	0.45ab***	0.15b***	0.45	0.62	0.87
Луна/Luna	5.65a	5.02ab*	4.05a***	1.95a***	0.78a***	0.35a***	0.24c***	0.52	0.72	1.00
CL 34	6.60ab	6.40c	6.05c	3.85c***	1.82b***	1.09c***	0.24c***	1.19	1.64	2.29
Камео/Самео	6.60ab	4.90a***	4.10a***	2.15ab***	0.90a***	0.53b***	0.01a***	0.40	0.56	0.78
Гала/Gala	5.90a	5.55b	5.20b	4.40c**	1.82b***	1.06c***	0.30d***	0.88	1.23	1.71
Сухо тегло на корен/ Dry weight of root (DWR), mg plant <sup>-1</sup>										
Османчик 97/ Osmanchik 97	1.70c	1.25b***	0.95b***	0.85c***	0.55b***	0.13a***	0.01a***	0.22	0.30	0.42
Луна/Luna	1.30b	1.60bc	0.95b***	0.65b**	0.26a***	0.08a***	0.03b***	0.37	0.52	0.72
CL 34	1.80c	1.45bc**	1.15c***	0.85c***	0.70b***	0.35b***	0.01a***	0.24	0.33	0.46
Камео/Самео	0.22a	0.16a***	0.11a***	0.06a***	0.05a***	0.02a***	0.01a***	0.03	0.04	0.05
Гала/Gala	2.10d	1.85c**	1.30c***	0.85c***	0.76b***	0.31b***	0.10c***	0.17	0.24	0.33
Жизнен индекс/ Vigor index (VI)										
Османчик 97/ Osmanchik 97	2175.00c	1746.25b***	1310.15b***	615.33b***	421.99b***	211.99d***	55.08c***	155.57	215.91	300.25
Луна/Luna	1897.46ab	1603.57a***	1097.25a***	480.56a***	184.29a***	26.38a***	17.22b***	94.85	131.65	183.08
CL 34	1794.50a	1606.74a***	1387.50b***	775.08c***	398.81b***	137.10bc***	101.36b***	91.71	127.28	177.00
Камео/Самео	2112.00bc	1650.50ab***	1457.50c***	707.02bc***	249.47a***	101.36b***	0.80a***	132.53	183.93	255.79
Гала/Gala	2088.50bc	1746.04b***	1321.44b***	783.36c***	362.98b***	185.52cd***	62.79c***	69.36	96.26	133.86

Средните в същата колона, последвани от едни и същи букви, не се различават значимо при  $p \leq 0.05$  според Duncan's test.

\*, \*\*, \*\*\*-статистически доказани разлики при нива на статистическа, съответно при  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  и  $p \leq 0.001$

The means in the same column, followed by the same letters, did not differ significantly at  $p \leq 0.05$  according to the Duncan's test.

\*, \*\*, \*\*\* - statistically proven differences at statistical levels, respectively at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.001$

сорт Кameleon. При сорт Луна индексът е нула поради невъзможността на семената да покълнат и да развият нормални кълнове и корени (Таблица 2).

Нашите данни потвърждават резултатите от изследванията на Folkard & Wopereis (2001), Nakim et al. (2010), Hussain et al. (2017, 2018),

Fogliatto et al. (2019) и Kakar et al. (2019), че увеличените нива на засоляване редуцират и забавят покълването на оризовите семена и имат подтискащо влияние върху растежа на кълновете и корените.

На таблица 3 са представени индексите на толерантност при засоляване при различни

**Таблица 3.** Индекси на толерантност към засоляване при различни нива на концентрации на NaCl при интродуцирани сортове ориз

**Table 3.** Indices of salt tolerance at different levels of NaCl concentrations in introduced rice varieties

Сорт/ Variety	Нива на засоляване/Salinity levels					
	50 mM NaCl	100 mM NaCl	150 mM NaCl	200 mM NaCl	250 mM NaCl	300 mM NaCl
Индекс на толерантност към засоляване при покълване/ Germination salt tolerance index						
Османчик 97/ Osmanchik 97	96.00	94.00	89.00	85.00	81.00	68.00
Луна/Luna	97.96	95.92	91.84	57.14	20.41	0.00
CL 34	98.00	100.00	98.00	86.00	60.00	17.00
Кameleon/Cameleon	100.00	100.00	92.00	66.00	56.00	2.00
Гала/Gala	98.00	96.00	96.00	90.00	86.00	74.00
Средно/Average	98.00	97.20	93.40	76.80	60.70	32.20
Индекс на толерантност към засоляване на кълн/ Shoot salt tolerance index						
Османчик 97/ Osmanchik 97	76.50	60.80	21.70	12.00	9.50	3.60
Луна/Luna	80.80	59.90	22.00	10.80	5.30	0.00
CL 34	80.00	68.40	34.30	16.90	7.70	3.20
Кameleon/Cameleon	77.90	58.20	25.80	13.30	8.40	1.50
Гала/Gala	95.20	60.20	40.10	14.30	10.10	3.70
Средно/Average	82.10	61.50	28.80	13.50	8.20	2.40
Индекс на толерантност към засоляване на корен/ Root salt tolerance index						
Османчик 97/ Osmanchik 97	91.86	67.68	42.49	34.44	14.79	3.85
Луна/Luna	90.38	60.64	31.55	21.58	7.87	0.00
CL 34	103.48	86.64	54.20	35.18	17.25	7.67
Кameleon/Cameleon	78.25	73.88	41.17	19.73	8.66	2.06
Гала/Gala	79.06	69.55	38.43	22.51	10.45	4.24
Средно/Average	88.60	71.70	41.60	26.70	11.80	3.60
Индекс на толерантност към засоляване на прорастъците/Seedling salt tolerant index						
Османчик 97/ Osmanchik 97	83.84	64.07	31.61	22.74	12.05	3.72
Луна/Luna	86.41	60.31	27.60	17.11	6.80	0.00
CL 34	91.45	77.32	44.02	25.80	12.34	5.40
Кameleon/Cameleon	79.06	69.55	38.43	22.51	10.45	4.24
Гала/Gala	85.35	65.91	39.07	19.30	10.32	4.05
Средно/Average	85.20	67.40	36.10	21.50	10.40	3.50

нива на концентрации при проучваните пет сорта ориз. При нива от порядъка на 50-150 mM разтвор на NaCl всички сортове показват много висока толерантност на семената за покълване в границите между 100% и 89%. При 200 mM разтвор на NaCl толерантността на сортовете варира от много висока за сортовете Османчик 97, CL 34 и Гала до средна за Луна. При 250 mM разтвор на NaCl Османчик 97 и Гала са с много висока, CL 34 и Камео средна, а Луна с ниска. При най-високата концентрация с висока толерантност се характеризира Гала, следвана от Османчик 97, а с много ниска, съответно CL 34 (17%) и Камео (2%), докато сорт Луна не проявява толерантност към покълване.

По отношение на толерантността на кълновете към засоляване всички изпитвани сортове при нива от 200 до 300 mM разтвор на NaCl проявяват много ниска толерантност, с изключение на Луна, която е нетолерантна (Таблица 3).

При нива от порядъка на 50-100 mM разтвор на NaCl, CL 34-демонстрира много висока толерантност на корените към засоляване. При 150 mM разтвор на NaCl толерантността на сортовете варира от висока до средна. При 200 mM разтвор на NaCl всички сортове са със средна толерантност с изключение на Камео, при който тя е ниска. При най-високите концентрации толерантността на корените към засоляване е много ниска и варира от 17.25% за CL 34 (250 mM NaCl) до 2.06% за Камео (300 mM NaCl), докато сорт Луна е нетолерантен (Таблица 3).

Средната стойност на индекса на толерантност към засоляване на прорастъците варира от 85.50% при 50 mM разтвор на NaCl до 3.50% при 300 mM NaCl. При концентрации между 250 и 300 mM разтвор на NaCl изпитваните сортове проявяват много ниска толерантност, с изключение на Луна, която при най-високата концентрация е нетолерантна на засоляване. Относително най-толерантен към засоляване е сорт CL 34.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличаването на концентрацията на засоляване от 50 на 300 mM NaCl удължава средното

време на покълване на семената и има подтискащо влияние върху растежа на кълновете и корените.

При ниски и средни нива на засоляване (50-150 mM NaCl) проучваните сортове ориз проявяват висока до много висока толерантност към покълване. При високи нива (200-300 mM NaCl) с най-висока толерантност на покълване се открояват сортовете- Османчик 97 и Гала.

При 50 mM p-p на NaCl, сорт Гала проявява най-висока толерантност към растежът на прорастъците, а при 100 mM p-p на NaCl сорт CL 34. Средно толерантен към растежът на прорастъците при нива от 150 mM NaCl е сорт CL 34. При високи нива (200-300 mM NaCl) проучваните сортове са с ниска до много ниска толерантност, с изключение на сорт Луна, който е чувствителен към приложения тип засоляване от 300 mM разтвор на NaCl.

Относително най-толерантен към засоляване по отношение на покълването на семената е сорт Гала, следван от Османчик 97, а по отношение растежа на прорастъците е сорт CL 34.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ashraf, M., & Akram, N. A. (2009). Improving salinity tolerance of plants through conventional breeding and genetic engineering: An analytical comparison. *Bio-technol Adv*, 27(6), 744-752.
- Bhusan, D., Das, D., Hossain, M., Murata, Y. & Hogue, Md. (2016). Improvement of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by increasing antioxidant defense systems using exogenous application of proline. *Australian Journal of Crop Science*, 10(1), 50-56.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, pp. 1-42.
- Fogliatto, S., Serra, F., Patrucco, L., Milan, M., & Vidotto, F. (2019). Effect of Different Water Salinity Levels on the Germination of Imazamox-Resistant and Sensitive Weedy Rice and Cultivated Rice. *Agronomy*, 9(658), 1-13.
- Florez, M., Victoria, C. M., & Martinez, E. (2007). Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. *Environmental and Experimental Botany*, 59(1), 68-75.
- Flowers, T. J., & Flowers, S. A. (2005). Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agric. Water Manag.*, 78, pp. 15-24.
- Folkard, A., & Wopereis, M. C. S. (2001). Responses of field-grown irrigated rice cultivars to varying levels of floodwater salinity in a semi-arid environment. *Field Crop Res.*, 70, pp. 127-137.

- Ganie, S. A., Molla, K. A., Henry, R. J., Bhat, K. V. & Mondal, T. K.** (2019). Advances in understanding salt tolerance in rice. *Theor Appl Genet*, 132(4), 851-870.
- Gupta, B., & Huang, B.** (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical and molecular characterization. *Int J Genom*, (1), 701596.
- Hairmansis, A., Berger, B., Tester, M., & Roy, S.** (2014). Image-based phenotyping for non-destructive screening of different salinity tolerance traits in rice. *Rice (N Y)*, 7:16.
- Hakim, M. A., Juraimi, A. S., Begum M., Hanafi M. M., Ismail, M. R., & Selamat, A.** (2010). Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(13):1911-1918.
- Hussain, S., Zhang, J., Zhong, C., Zhu, L., Cao, X., Yu, Sh., Bohr, J.A., Hu., J., & Jin., Q.** (2017). Effects of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(11), 2357-2374.
- Hussain, S., Cao, X., Zhong, C., Zhu, L., Khaskheli, M. A., Fiaz, S., Zhang, J., & Jin, Q.** (2018). Sodium chloride stress during early growth stages altered physiological and growth characteristics of rice. *Chilean Journal of Agricultural Research* 78(2), 183-197.
- Irakoze, W., Prodjinoto, H., Nijimbere, S., Rufyikiri, G., & Lutts, S.** (2020). NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> salinities have different impact on photosynthesis and yield-related parameters in rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy*, 10, pp. 864-875.
- Kader, M. A. & Jutzi, S. C.** (2004). Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19 °C. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190(1), 35–38.
- Kader, M. A.** (2005). A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales*, 138, pp. 65–75.
- Kakar, N., Jumaa, S. H., Redoña, E. D., Warburton, M. L., & Reddy, R. R.** (2019). Evaluating rice for salinity using pot-culture provides a systematic tolerance assessment at the seedling stage. *Rice*, 12(57), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0317-7>
- Koynov, G., Kazakov, I., & Mihaylov, M.** (1980). The Soviet experience and the Bulgarian rice production. HGD, Plovdiv (Bg).
- Kumar, A., Nayak, A., Das, B., Panigrahi, N., Dasgupta, P., Mohanty, S., Kumar, U., Pannerselvan, P., & Pathak, H.** (2019). Effects of water deficit stress on agronomic and physiological responses of rice and greenhouse gas emission from rice soil under elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Science of the Total Environment*, 650 (2), 2032-2050.
- Lidanski, T.** (1988). Statistical methods in biology and agriculture. Zemizdad, Sofia (Bg).
- Moradi, F., & Ismail, A M.** (2007). Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. *Ann Bot*, 99(6), 1161–1173.
- Momayezi, M. R., Zaharah, A. R., Hanafi, M. M., & Razi, I. M.** (2009). Agronomic characteristics and proline accumulation of Iranian rice genotypes at early seedling stage under sodium salts stress. *Malaysian Journal of Soil Science*, 13, pp. 59-75.
- Mujeeb-ur-Rahman, U., Soomro, A., Zahoor-ul-Haq, M., & Gul, Sh.** (2008). Effects of NaCl salinity on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 398-403.
- Munns, R., & Tester, M.** (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant. Biol.*, 59, pp. 651–681.
- Rashid, M., Hassan, L., & Begum, S.** (2017). Phenotypic performance of rice landraces under salinity stress in reproductive stage. *Progressive Agriculture*, 28(1), 1-6.
- Reddy, I.N.B.L., Kim, B., Yoon, I., Kim, K. & Kwon, T.** (2017). Salt Tolerance in Rice: Focus on Mechanisms and Approaches. *Rice Science*, 24(3), 123-144.
- Singh, R.K., Mishra, B., & Singh, K. N.** (2004). Salt tolerant rice varieties and their role in reclamation programme in Uttar Pradesh. *Indian Farming*: 6-10.
- Sankar, P. D., Arabi Mohamed Saleh, M. A., & Immanuel Selvaraj, C.** (2011). Rice breeding for salt tolerance. *Research in Biotechnology*, 2(2), 1-10.
- Verslues, P. E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. H., & Zhu, J. K.** (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant J*, 45(4), 523-539.