

## UTICAJ SOLI NATRIJUMA NA KLIJANJE SEMENA I RAZVOJ KLIJANCA JEČMA (*HORDEUM VULGARE L.*), JARE SORTE JADRAN

*Gorica Đelić<sup>1</sup>, Snežana Branković<sup>1</sup>, Mirjana Staletić<sup>2</sup>,  
Milivoje Milovanović<sup>2</sup>*

**Izvod:** U radu je ispitivan toksični efekat koji imaju različite koncentracije rastvora soli NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> na klijanje semena *H. vulgare* L. (jara sorta Jadran). Rezultati su pokazali da klijanje i porast klice u uslovima stresa izazvanog solima natrijuma zavise od vrste soli i koncentracije. U pogledu toksičnosti ispoljene na klijavost semena, na dužinu korenka i dužinu hipokotila klijalnih semena, sve soli možemo da poredamo u niz NaCl < Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> < NaHCO<sub>3</sub> < Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**Ključne reči:** ječam, klijanje, porast, soli natrijuma

### Uvod

Prisustvo većih količina soli natrijuma u zemljištu je jedan od najozbiljnijih ograničavajućih faktora za rast useva i proizvodnju, naročito u sušnim regionima. Procenjuje se da više od 20% poljoprivrednog zemljišta širom sveta sadrži količinu soli dovoljnu da izazove stres biljnim kulturama (Moud i Maghsoudi, 2008).

Povećana koncentracija soli negativno utiče na klijanje, rast i razvoj biljaka jer povećava osmotski potencijal u spoljašnjoj sredini koji onemogućava normalno usvajanje vode (Khajeh-Hosseini et al. 2003), a i dovodi do promena u dostupnosti rezervnih materija (Machado et al. 2004). Ukoliko biljka usvoji soli može doći do nakupljanje istih u međućelijski prostor i u različite delove ćelija što može dovesti do inaktivacije različitih enzima i oštećenja površine ćelijskih membrana, a to se nepovoljno odražava na rast i razvoj biljaka

Međutim, kod biljaka se razvija tolerancija na povećanu količinu soli u zemljištu na različitim nivoima kao što su morfologija, membranski transport, biohemijski procesi (Tester i Davenport, 2003.) .

Ječam se smatra jednom od najstarijih, najrasprostranjenijih žitarica u Evropi (Badr et al. 2000.) i četvrta je najvažnija žitarica useva u svetu posle pšenice, kukuruza i pirinča (Begović 2013). Od svih pravih žita ječam je najotporniji na sušu, ekonomično troši vodu i ima mali transpiracioni koeficijent. Posедуje nutritivna i lekovita svojstva, I izvor je dijetetskih vlakana (Marwat et al. 2012). Ječam je predmet brojnih istraživanja uključujući i genetički inženjering (Jacobsen et al. 2006).

Cilj istraživanja je da se: ispita klijavost (procenat klijavosti i energija klijavosti) semena *Hordeum vulgare* L. (jara sorta Jadran) u uslovima stresa izazvanog prisustvom

<sup>1</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia ([gdjelic@kg.ac.rs](mailto:gdjelic@kg.ac.rs))

<sup>2</sup> Centar za strna žita, Kragujevac, Save Kovačevića 31, Kragujevac, Srbija

soli: NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; odredi letalna koncentraciju ovih soli za klijanje semena i utvrdi tolerantnost klice na različite koncentracije ovih soli na osnovu rasta korenka i hipokotila.

### Materijal i metode rada

Za ispitivanje uticaja soli NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> na klijanje semena *Hordeum vulgare* L. (jara sorta Jadran) i porast hipokotila i epikotila, korišćena su semena sakupljena sa polja Centra za strna žita iz Kragujevca.

U laboratorijskim uslovima u sterilnu Petri kutiju stavljeno je po 40 semena ječma i 5 ml rastvora NaCl koncentracije 0,02 mol/dm<sup>3</sup>. Postupak je ponovljen i sa koncentracijama 0,04 mol/dm<sup>3</sup>; 0,08 mol/dm<sup>3</sup>; 0,16 mol/dm<sup>3</sup>; 0,32 mol/dm<sup>3</sup>; 0,64 mol/dm<sup>3</sup>. Na isti način je vršeno određivanje uticaja Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> na klijanje semena i porast klijanca ječma. Rađena je i kontrola u destilovanoj vodi. Za svaku koncentraciju soli postojale su tri probe. Semena su klijala na temperaturi 22 °C. Klijanje je praćeno 24h od postavljanja eksperimenta, i na svaka sledeća 24h brojana su klijala semena zaključno sa sedmim danom. Sedmog dana vršili smo merenje dužine korenka i hipokotila. Rezultati su prikazani tabelarno.

Analizirani parametri prikazani su u srednjim vrednostima i statistički su obrađeni metodom analize varijanse dvofaktorijskog ogleada, a značajnost razlika testirana je LSD testom za P 0.05 i 0.01.

Energija klijavosti je računata po obrascu:  $\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{m}$  gde je n -vreme klijanja (prvi dan, drugi dan, i tako dalje); n - broj klijalih semena; m - ukupan broj klijalih semena (Komljenović, I. Todorović, V., 1998)

### Rezultati istraživanja i diskusija

Klijavost i rani rast klice su najosetljivije faze u razvoju biljaka. Brojna istraživanja klijanja semena u uslovima stesa izazvanog dejstvom različitih soli pokazala su da semena većine vrsta dostigne svoj maksimum klijanja u destilovanoj vodi dok u prisustvu soli značajno se smanjuje % klijavosti ali i razvoj klice (Gulzar et al., 2003). Naseri et al. (2012) u svojim istraživanjima efekta saliniteta na klijanje i razvoj klice ječma ukazuju da je za tolerantnost prema solima natrijuma značajno i o kojoj se sorti ječma radi.

Semena ječma u destilovanoj vodi (kontrola) klijala su 94,2%. Analiza rezultata merenja klijavosti semena ječma, jare sorte Jadran, izloženih različitim koncentracijama NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pokazuje da procenat klijavosti zavisi od koncentracije i vrste rastvora. Letalna koncentracija rastvora Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> je 0,32 mol/dm<sup>3</sup> a za rastvore NaCl, NaHCO<sub>3</sub> je 0,64 mol/dm<sup>3</sup>. U najslabije korišćenoj koncentraciji (0,02 mol/dm<sup>3</sup>) NaCl i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> klijavost je neznatno smanjena u odnosu na kontrolu (Tabela 1). Rastvori soli NaHCO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> koncentracije 0,02 mol/dm<sup>3</sup> pokazuju jači toksični efekat jer je klijavost u odnosu na kontrolu smanjena za 27.7% (NaHCO<sub>3</sub>) odnosno za 16% (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Sa povećanjem koncentracija povećava se i toksični efekat rastvora svih soli. Klijavost semena ječma, iznad 50% je u koncentracijama rastvora NaCl počev od 0,16 mol/dm<sup>3</sup> i slabijim; u rastvorima Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

NaHCO<sub>3</sub> počev od 0,08 mol/dm<sup>3</sup> i slabijim, a u rastvoru Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> počev od 0,04 mol/dm<sup>3</sup> i slabijim.

Na osnovu ukupne toksičnosti na % klijavosti sve soli možemo da poređamo u niz NaCl < Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> < NaHCO<sub>3</sub> < Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Natrijum hlorid je među manje toksičnim solima, ali je jedan od najčešćih i jedan od najviše problematičnih za poljoprivrednu proizvodnju.

Tabela 1. Procenat klijalih semena. semena *Hordeum vulgare* L. (jara sorta Jadran) u rastvorima NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i destilovanoj vodi  
 Table 1. The % of germinated *H. vulgare* L. (jara variety Jadran) seeds in solutions of NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and control

Koncentracija/so	0.02 mol/dm <sup>3</sup>	0.04 mol/dm <sup>3</sup>	0.08 mol/dm <sup>3</sup>	0.16 mol/dm <sup>3</sup>	0.32 mol/dm <sup>3</sup>	0.64 mol/dm <sup>3</sup>
NaCl	90.7 %	88.7 %	88.7 %	77.5 %	32.5 %	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	90.7 %	87.5 %	84 %	36.5 %	0	0
NaHCO <sub>3</sub>	66.5 %	62,2 %	60 %	5.7 %	5 %	0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	78.2 %	54.2 %	25.7 %	5.7 %	0	0
H <sub>2</sub> O	94.2 %					

Srednja vrednost dužine korenka klice ječma u kontroli iznosi 61 mm, a srednja vrednost hipokotila u kontroli iznosi 41mm. Odnos dužine korenak : hipokotil je 1:1,48.

Dobijeni rezultati pokazuju da se toksični efekat korišćenih soli ispoljava ne samo na smanjenje % klijalih semena već i na smanjenje porasta korenka i hipokotila. NaCl ima najslabiji toksičan efekat u odnosu na ostale korišćene soli. U koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> dužina korenka u rastvoru NaCl je za 2,4 % manja u odnosu na kontrolu ali je za 5.2 % veća nego u rastvoru Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, za 39,5 %, veća nego u rastvoru NaHCO<sub>3</sub> a za 72,3 % veća u odnosu na rastvor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Sa povećanjem koncentracije razlike su sve veće (Tabela 2). U koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> dužina hipokotila (Tabela 3) u rastvoru NaCl je za 13,1 % manje u odnosu na kontrolu, i za 10,3 % manja u odnosu na rastvor NaHCO<sub>3</sub>, ali je za 19,6 % veći u odnosu na rastvor Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Ako se posmatra odnos dužine korenak : hipokotil u rastvoru koncentracije 0,02 mol/dm<sup>3</sup> može se konstatovati da je taj odnos u rastvoru NaCl 1: 1,7; u rastvoru Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1: 1,6; u rastvoru NaHCO<sub>3</sub> 1,1: 1 (hipokotil je duži od korenka); u rastvoru Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1,7: 1 (hipokotil je mnogo duži od korenka). Ovi rezultati ukazuju da je porast korenka i u najslabije korišćenoj koncentraciji rastvora NaHCO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> značajno zaustavljen. Ako se uporedi smanjenje dužine korenka i hipokotila u koncentraciji 0,02 mol/dm<sup>3</sup> vidi se da je u rastvoru NaCl korenak smanjen za 2,4% a hipokotil za 13.1%; u rastvoru Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> korenak smanjen za 7,5% a hipokotil za 14.6%; u rastvoru NaHCO<sub>3</sub> korenak smanjen za 41% a hipokotil za 3,4%; u rastvoru Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> korenak smanjen za 72% a hipokotil za 30%. Ovi rezultati ukazuju da je toksični efekat soli NaCl i Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> jače

izražen na porast hipokotila a soli NaHCO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> na porast korenka (što se može konstatovati i u ostalim korišćenim koncentracijama).

Analiza varijanse pokazala je da postoje statistički visoko značajne razlike za sve ispitivane soli i većinu njihovih koncentracija u poređenju sa kontrolom (osim za NaCl u koncentraciji 0.02mol/m<sup>3</sup>om). Takođe postoje vrlo visoko statistički značajne razlike kako između različitih koncentracija soli, tako i za interakcije soli i koncentracija.

Tabela 2. Dužina korenka (mm) klice *Hordeum vulgare* L. (jara sorta Jadran) u rastvorima NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i destilovanoj vodi  
 Table 2. Radicle length (mm) of *H. vulgare* L. (jara variety Jadran) seeds in solutions of NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and control

Dužina korenka Radicle length (mm)	0.02 mol/dm <sup>3</sup>	0.04 mol/dm <sup>3</sup>	0.08 mol/dm <sup>3</sup>	0.16 mol/dm <sup>3</sup>	0.32 mol/dm <sup>3</sup>	0.64 mol/dm <sup>3</sup>
NaCl	59.5	52.7	38.9	24	2	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	56.4	25	15	3	0	0
NaHCO <sub>3</sub>	36	14.7	7.7	0.7	0.5	0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	16.5	2	0.3	0.04	0	0
H <sub>2</sub> O	61					
LSD	A-koncentracija Concentracion	B –so Salt	AxB Interakcije Interaction			
0.05	3.129	2.960	9.33			
0.01	4.654	4.315	11.931			

Tabela 3. Dužina hipokotila (mm) klice *Hordeum vulgare* L. (jara sorta Jadran) u rastvorima NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i destilovanoj vodi  
 Table 3. Hypokotyl length (mm) of *H. vulgare* L. (jara variety Jadran) seeds in olutions of NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and control

Dužina hipokotila Hypokotyl length (mm)	0.02 mol/dm <sup>3</sup>	0.04 mol/dm <sup>3</sup>	0.08 mol/dm <sup>3</sup>	0.16 mol/dm <sup>3</sup>	0.32 mol/dm <sup>3</sup>	0.64 mol/dm <sup>3</sup>
NaCl	35.6	38.2	26.6	16.8	0	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	35	23	14	0.1	0	0
NaHCO <sub>3</sub>	39.7	25	14	0	0	0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28.6	4	1	0.02	0	0
H <sub>2</sub> O	41					
LSD	A-oncentracija Concentracion	B –so Salt	AxB Interakcije Interaction			
0.05	2,330	2,201	5,574			
0.01	3,011	2,862	7,178			

Energija klijavosti predstavlja brzinu i ujednačenost kojom seme klija. Što je računskim putem dobijen manji broj, to je energija klijanja semena veća, jer je u kraćem vremenu isključilo više semenki.

Dobijeni rezultati (Tabela 4) ukazuju da sve koncentracije rastvora NaCl Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> smanjuju energiju klijavost semena ječma. Uočava se pravilnost smanjenja energije klijavosti sa povećanjem koncentracije rastvora. Možemo da konstatujemo da je uticaj ispitivanih soli na energiju klijavosti približno isti.

Tabela 4. Energija klijavosti *Hordeum vulgare* L. (jara sorta Jadran) u rastvorima NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i destilovanoj vodi

Table 4. Germination energy of *H. vulgare* L. (jara variety Jadran) seeds in solutions of NaCl, NaHCO<sub>3</sub> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and control

0.08 mol/dm <sup>3</sup>	energija klijavosti <i>Germination energy</i>	0.02 mol/dm <sup>3</sup>	0.04 mol/dm <sup>3</sup>	0.16 mol/dm <sup>3</sup>	0.32 mol/dm <sup>3</sup>	0.64 mol/dm <sup>3</sup>
1.7	NaCl	1,3	1,4	1.8	2.8	0
1.5	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,1	1.2	2	0	0
1.7	NaHCO <sub>3</sub>	1,2	1.4	1.8	3.4	0
1.6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.3	1.5	1.8	0	0
	H <sub>2</sub> O	1				

### Zaključak

Na osnovu rezultata dobijenih testiranjem različitih koncentracija rastvora NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub> i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> na procenat klijavost, energiju klijavosti, dužinu korenka i hipokotila vrste *Hordeum vulgare* L. jare sorte Jadran, može se zaključiti da sve koncentracije ispitivanih soli deluju inhibitory na praćene parametre. Ječam nije tolerantan na soli natrijuma. Dužina korenka i hipokotila je dobar pokazatelj toksičnog delovanja ispitivanih soli. Na osnovu ukupne toksičnosti na % klijavosti sve soli možemo da poredamo u niz NaCl < Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> < NaHCO<sub>3</sub> < Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

### Literatura

- Jacobsen J, Venables I, Wang MB, Matthews P, Ayliffe M, Gubler F (2006). *Barley (Hordeum vulgare L.)*. *Methods Mol Biol.* 343:171-83.
- Khajeh – Hosseini M, Powell A A, Bingham I J. (2003). The Interaction Between Salinity Stress and Seed Vigor During Germination of Soybean Seeds. *Seed Sci. Technol.* 31: 715-725.
- Machado N. B., Saturnino S. M., Bomfim D. C. and Custodio, C. C. (2004). Water stress induced by Mannitol and Sodium chloride in Soybean cultivars. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 47: 521-529 .

- Marwat K.S., Hashimi M., Khan U.K., Khan A.M., Shoaib M., Fazal-ur-Rehman (2012). Barley (*Hordeum vulgare* L.) A Prophetic Food Mentioned in Ahadith and its Ethnobotanical Importance, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 12 (7): 835-841.
- Komljenović I., Todorović V. (1998). Opšte ratarstvo - praktikum. Poljoprivredni fakultet, Banja Luka.
- Begović, L. (2013). Anatomski, fiziološki i molekularni biljezi lignifikacije u razvoju stabljike jarog ječma (*Hordeum vulgare* L.), doktorska disertacija, Osijek, 1-166.
- Badr A., Sch R., Rabey H. E., Effgen S., Ibrahim H., Pozzi C., Rohde W., Salamini F., (2000.). On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare* L.). Molecular Biology and Evolution. 17, 499-510.
- Tester M. and Davenport R. (2003). Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. Annals of Botany (London), 91, 503-527.
- Moud M., Maghsoudi K., (2008). World J. of Agricultural Sciences 4(3), 351-358.
- Gulzar S., M.A. Khan and L.A. Ungar, (2003). Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 34: 2595-2605.
- Yan Li, (2008). Effect of Salt Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Three Salinity Plants. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11: 1268-1272.
- Naseri R., Emami, T., Mirzaei A., Soleymanifard (2012). Effect of salinity (sodium chloride) on germination and seedling growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, Intl J Agri Crop Sci. Vol., 4 (13), 911-917.

## EFFECT OF SODIUM SALT ON GERMINATION AND DEVELOPMENT SEEDLINGS BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) VARIETY SPRING JADRAN

Gorica Đelić<sup>1</sup>, Snežana Branković<sup>1</sup>, Mirjana Staletić<sup>2</sup>, Milivoje Milovanović<sup>2</sup>

### Abstract

Study examines the effect of different soil concentrations of NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on germination of *H. vulgare* L. (spring cultivar Jadran). The results indicate that germination and growth of germs in stress conditions caused by the sodium salt depend on type of salt and its concentration. In terms of toxicity manifested on seed germination, on length of radicle and length of hypocotyls of germinated seeds, we can line up all salt in a series of NaCl < Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> < NaHCO<sub>3</sub> < Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Key words: barley, germination, increase, sodium salts

<sup>1</sup> University of Kragujevac, Faculty of Science Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia ([gdjelic@kg.ac.rs](mailto:gdjelic@kg.ac.rs))

<sup>2</sup> Center for Small Grains, Save Kovačevića 31, Kragujevac, Serbia