

FITOTOKSIČNI EFEKTI SOLI NATRIJUMA NA KLIJAVOST I PORAST KLICE TRITIKALEA

Gorica Đelić¹, Marina Topuzović², Milica Novaković³, Snežana Branković⁴, Milena Đurić⁵

Izvod: Limitirajući faktor za povećanje poljoprivredne proizvodnje za brojne biljne vrste je salinitet zemljišta, odnosno povećana koncentracija lako rastvorljivih soli u zemljištu, naročito natrijumovih. Cilj proučavanja bio je da se utvrdi efekat stresa soli natrijuma (NaCl, NaHCO₃, Na₂SO₃ i Na₂CO₃) na klijanje i rast klijanaca tritikalea sorte Vojvoda i Smaragd, kako bi se odredio stepen tolerantnosti ovih sorti na ispitivane soli. Rezultati pokazuju obrnutu korelaciju između korišćenih koncentracija soli i procenta klijavosti i rasta korenka i hipokotila. Na osnovu toksičnog efekta na procenat klijavosti, energiju klijavosti, dužinu korenka i hipokotila semena triikalea sorte Vojvoda i sorte Smaragd najjači toksični efekat ima Na₂CO₃ a najslabiji NaCl. Sorta Smaragd osetljivija je na prisustvo soli natrijuma u odnosu na sortu Vojvoda .

Gljučne reči: tritikale, sorte, klijavost, porast klice, soli natrijuma

Uvod

Visoke koncentracije solubilnih soli u zoni korena remete apsorpciju esencijalnih jona (Tester and Devenport, 2003). a svojim visokim osmotskim pritiskom ograničavaju uzimanje vode korenovim sistemom što inhibira rast biljke. Zbog toga, biolozi, fiziolozi, genetičari proučavaju biljne odgovore na stres izazvan prisustvom soli i njihovi rezultati služe kao kriterijumi za selekciju tolerantnih biljnih vrsta na soli. Tolerantnost na sušu je primarna prednost jarog tritikalea u odnosu na druge jare žitarice. Potrebe tritikalea za azotom su nešto manje od ostalih kultura što čini tritikale veoma primamljivim u organskoj poljoprivredi. Semena tritikalea su izuzetno osetljiva na CdSO₄ jer Cd inhibira klijavost i rast klice tritikalea čak pri niskim koncentracijama (Brezoczki & Filip 2017). Atak et al (2006) su utvrdili da se sadržaj jona Na i Cl u semenu tritikalea koje je klijalo u prisustvu NaCl povećava dok se sadržaj jona K smanjuje a da je smanjenje klijavosti izazvano zbog viška Na jona a ne zbog osmotskog sresa. Kaydan D., & Yagmur M. (2008) tvrde da % klijavosti i razvoj klice tritikalea u prisustvu NaCl zavisi od veličine semena. Tretiranje semena tritikalea slabim rastvorom salicilne kiseline pozitivno utiče na parametre rasta kao što su procent klijanja, brzina klijanja, dužine snimanja i dužine korena u prisustvu NaCl (Ghodrat et al. 2013). Semena tritikalea ozime sorte KG 20 su ne tolerantna na prisustvo soli NaCl, NaHCO₃, Na₂CO₃, Na₂SO₄, jer i u najslabijim koncentracijama ove soli imaju toksični efekat na klijavost i razvoj klijanca (Mladenović, 2014).

^{1,2,3,4}Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija ([gdjelic@kg.ac.rs](mailto:gdelic@kg.ac.rs));

⁵Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, Čačak, cara Dušana 34, Čačak, Srbija.

Sorta Karma-2000, je tolerantnija na prisustvo NaCl u odnosu na sorte Presto i Tatľćak-97 (Atak et al. 2006).

Materijal i metode rada

Eksperiment je sproveden u laboratoriji Instituta za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematićkog fakulteta, Univerziteta u Kragujevcu. Efekat toksićnosti soli na klijanje semena tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda, ispitivan je korišćenjem rastvora soli: NaCl, NaHCO₃, Na₂CO₃, Na₂SO₄, koncentracija 0,02 mol/dm³; 0,04 mol/dm³; 0,08 mol/dm³; 0,16 mol/dm³; 0,32 mol/dm³, 0,64 mol/dm³. Semena su dobijena iz skladišta Instituta za strna ųita u Kragujevcu. Eksperiment je uzveden tako ųto je za jednu so korišćeno po 6 sterilnih petri kutija, na ćijem dnu je Whatman No.1 filter papir. U svaku petri kutiju je stavljeno po 50 semena i 5 ml rastvora soli odrećene koncentracije Sedma petri kutija je predstavljala kontrolu, odnosno korišćeno je 5 ml destilovane vode. Sve petri kutije za vreme eksperimenta drųane su u termostatu na temperaturi od +22 °C. Na svakih 24 sata od postavljanja eksperimenta, vršeno je brojanje klijalih semena, da bi poslednjeg – sedmog dana eksperimenta, merena duųina korenka i hipokotila svakog klijalog semena. Na osnovu broja klijalih semena, tj. procenta klijavosti, energije klijanja, duųine korenka i klice, raćena je analiza uticaja soli na proces klijanja.

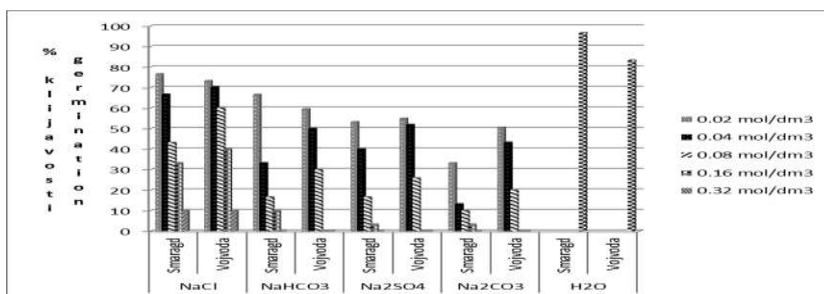
Energija klijavosti je raćunata po obrascu:
$$\frac{\sum(n \times p)}{\sum m}$$

gde je: *n* - vreme klijanja (prvi dan, drugi dan...); *p* - broj klijalih semena; *m* - ukupan broj klijalih semena (Komljenović & Todorović, 1998).

Rezultati istraųivanja i diskusija

Rezultati eksperimenta pokazali su da je klijavost semena tritikalea sorte Smaragd u kontroli 96,7% (Grafikon 1). Seme sorte Smaragd imaju veću klijavost (Grafikon 1) od sorte Vojvoda i to za 13,4%. Na klijanje semena sorte Vojvoda i sorte Smaragd najslabiji toksićni efekat ima NaCl. U rastvoru koncentracije 0,02 mol/dm³, procenat klijavosti sorte Smaragd je 76,6 %, ųto je za 20,1 % manje u odnosu na kontrolu, a sorte Vojvoda je 73,3% ųto je za 10% manje u odnosu na kontrolu. ųto je koncentracija jaća, to je i toksićni efekat veći a manifestuje se smanjenjem procenta klijavosti. NaCl ima manji toksićan efekat u odnosu na ostale korišćene soli. U koncentraciji 0,02 mol/dm³ % klijalih semena sorte Smaragd u rastvoru NaCl je za 10 % veći nego u rastvoru NaHCO₃; za 23,3 % veći nego u rastvoru Na₂SO₄ a ćak za 43,3 % veći u odnosu na rastvor Na₂CO₃. U koncentraciji 0,02 mol/dm³ % klijalih semena sorte Vojvoda u rastvoru NaCl je za 13,7 % veći nego u rastvoru NaHCO₃; za 18,3 % veći nego u rastvoru Na₂SO₄ a ćak za 22,7% veći u odnosu na rastvor Na₂CO₃. Slabiji toksićni efekat NaCl moųe se videti i na osnovu subletalne koncentracije koja je za NaCl 0,32 mol/dm³ kod obe sorte. Rastvor soli NaHCO₃ ima jaći toksićni efekat na klijanje semena obe ispitivane sorte u odnosu na rastvor soli NaCl a slabiji u odnosu na soli Na₂SO₄ i Na₂CO₃. Koncentracija 0,32 mol/dm³ rastvora NaHCO₃, Na₂SO₄ i Na₂CO₃ ima letalno dejstvo na semena sorte Smaragd, dok semena sorte Vojvoda ne klijjaju u

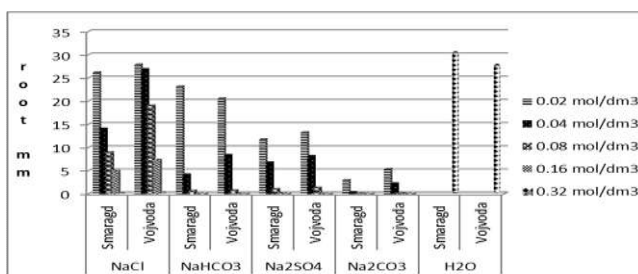
rastvorima NaHCO_3 , Na_2SO_4 i Na_2CO_3 koncentracije $0,16 \text{ mol/dm}^3$. Tolerantnost biljaka na soli natrijuma je različita. Changyou et al. (2012) su pokazali da se na osnovu efekata koji imaju na halofitu *Chloris virgata* ove soli mogu poredati u niz: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4$, odnosno i u ovom slučaju so Na_2CO_3 ima najjači toksični efekat. Francois et al. (1989) su istraživali efekat saliniteta na prinos, kvalitet, vegetativni rast i klijavost raži i zaključali da dolazi do smanjenja prinosa, zbog manje težine klasa i pojedinačnih semena, a ne broja klasova.



Graf. 1. Uporedni pregled procenta klijalih semena tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvora soli

Graph.1. Comparative analysis of the percentage germinated Triticale varieties of Smaragd and Vojvoda in different salts

Seme sorte Smaragd slabije klija u rastvorima soli NaCl , NaHCO_3 , Na_2SO_4 i Na_2CO_3 a samim tim i osjetljivija u odnosu na semena sorte Vojvoda. Na osnovu utvrđenog smanjenja procenta klijavosti semena obe sorte sve ispitivane soli možemo da poredamo u niz: $\text{NaCl} < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{NaHCO}_3 < \text{Na}_2\text{CO}_3$. Ovakav redosled ukazuje da rastvor soli Na_2CO_3 ima najjači inhibitorni efekat na klijavost semena sorte Smaragd i sorte Vojvoda.

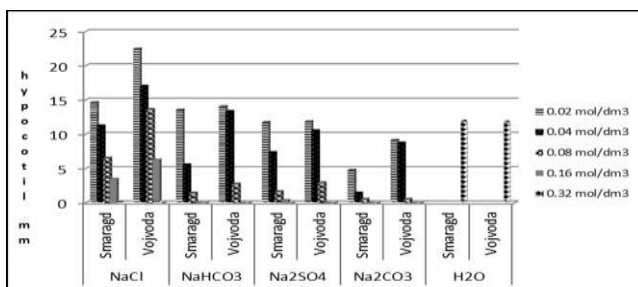


Graf. 2. Uporedni pregled dužine korenka (mm) tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvora soli

Graph. 2. Comparative analysis of radicle length (mm) Triticale varieties of Smaragd and Vojvoda varieties of salts

Rastvori NaCl pokazuju toksični efekat i u odnosu na porast korenka klice obe sorte tritikalea (Grafikon 2). Najmanji toksičan efekat ima rastvor koncentracije $0,02$

mol/dm³ u kome je korenak sorte Smaragd za 14,7 % manji od kontrole, a sorte Vojvoda za 0,3% u odnosu na kontrolu. Ovo bi ujedno bila jedina koncentracija na koju je seme u izvesnom stepenu tolerantno.



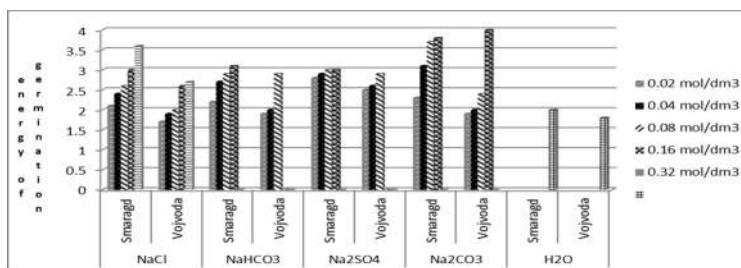
Graf. 3. Usporedni pregled dužine hipokotila (mm) tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvora soli

Graph. 3. Comparative analysis of hypocotyl length (mm) Triticale varieties of Smaragd and Vojvoda varieties of salts

Rastvor NaCl koncentracije 0,04 mol/dm³ dovodi do smanjenja klijavosti sorte Smaragd za 20 % u odnosu na kontrolu i do smanjenja dužine korenka za 54,1 %. To ukazuje da je za sagledavanje toksičnog delovanja ove soli bolji parametar dužina razvijenog korenka nego procenat klijalih semena. NaHCO₃ ima izuzetno jak inhibitorni uticaj na porast korenka obe sorte u svim korišćenim koncentracijama. Na₂SO₄ ima jači toksični efekat na dužinu korenka obe sorte u odnosu na rastvor NaCl i NaHCO₃. Rezultati su pokazali da je dužina korenka sorte Smaragd u koncentraciji 0,02 mol/dm³ rastvora Na₂SO₄ kraća za 50,8 % u odnosu na rastvor NaHCO₃, a u odnosu na rastvor NaCl, kraća je za 55 %. Korenak sorte Vojvoda u koncentraciji 0,02 mol/dm³ rastvora Na₂SO₄ kraći je za 35,4 % u odnosu na rastvor NaHCO₃, a u odnosu na rastvor NaCl, kraći je za 51,6 %. Rastvor Na₂CO₃ ima najjači toksični efekat u odnosu na ostale ispitivane rastvore na dužinu korenka klice sorte Smaragd i sorte Vojvoda. Stres izazvan Na₂CO₃ inhibira rast snažnije, u odnosu na NaHCO₃, zbog velikih gubitka energije u vezi sa isključivanjem i neutralizacijom Na⁺ jona, sintezom organskih anjona, sintezom prolina u citoplazmi, smanjenim kapacitetom fotosinteze i povećanoj propustljivost membrane (Zhan-Wu et al., 2012).

Toksično delovanje svih ispitivanih koncentracija NaCl na rast klice ogleda se u narušenom odnosu između korenka i hipokotila. Ovaj odnos je u kontroli 1: 2,5, (sorta Smaragd) odnosno 1: 2,3, (sorta Vojvoda). U rastvoru NaCl koncentracije 0,08 mol/dm³ odnos je 1:1,4 kod obe sorte. Međutim, u rastvoru NaHCO₃ u koncentraciji 0,08 mol/dm³ hipokotil sorte Smaragd je dva puta duži od korenka, a kod sorte Vojvoda hipokotil je 3,3 puta duži od korenka. Još jači toksični efekat izaziva rastvor Na₂CO₃ svih koncentracija. Na osnovu inhibirajućeg efekta na rast hipokotila (Grafikon 3) ispitivane soli možemo poredati u sledeći niz po jačini uticaja: NaCl<Na₂SO₄<NaHCO₃<Na₂CO₃. I u slučaju dejstva ispitivanih soli na porast hipokotila Na₂CO₃ ima najjači a NaCl najslabiji efekat.

Energija klijavosti u kontroli kod sorte Smaragd je 2, kod sorte Vojvoda je 1.6, a u rastvorima soli NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃ i Na₂CO₃ kreće se od 2.1-3.7 (sorta Smaragd) i 1,7-4 kod sorte Vojvoda. Međutim kod sorte Smaragd (Grafikon 4) jači je toksični efekat, što ukazuje da je i na osnovu ovog parametra sorta Smaragd osetljivija na prisustvo soli u odnosu na sortu Vojvoda.



Graf. 4. Uporedni pregled energije klijavosti semena tritikalea jarih sorti Smaragd i Vojvoda u različitim koncentracijama rastvorila soli

Graph. 4. Comparative analysis of germination energy of Triticale varieties of Smaragd and Vojvoda varieties of salts

Zaključak

Na osnovu toksičnog efekta na procenat klijavosti, energiju klijavosti, dužinu korenka i hipokotila semena tritikalea sorte Vojvoda i sorte Smaragd ispitivane soli možemo poredati u niz: NaCl < Na₂SO₄ < NaHCO₃ < Na₂CO₃. Najslabiji efekat na sva analizirana svojstva ima rastvor NaCl a najjači Na₂CO₃. Sa povećanjem koncentracija soli natrijuma značajno su se smanjivali svi praćeni parametri razvoja i rasta klice obe sorte tritikalea. Seme sorte Smaragd slabije klija i klica ima manji porast u rastvorima soli NaCl, NaHCO₃, Na₂SO₃ i Na₂CO₃, jer ima niži stepen tolerantnosti na ove soli u odnosu na seme sorte Vojvoda.

Literatura

- Changyou L., Xiaoping W., Huan W., Futai N. (2012). Decheng Shi Comparative investigation of single salts stresses and their mixtures on Eragrostioid (*Chloris virgata*) to demonstrate the relaxation effect of mixed anions. *AJCS* 6(5):839-845.
- Komljenovic I., Todorovic V. (1998). Opšte ratarstvo-praktikum. Poljoprivredni fakultet, Banja Luka.
- Tester M., Davenport R. (2003). Na⁺ tolerant and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91: 503-527.
- Zhan-Wu G., Zhang J., Liu Z, Qing-Tao X., Xiu-Jun L., Chun-Sheng M., (2012). Comparative effects of two alkali stresses, Na₂CO₃ and NaHCO₃ on cell ionic balance, osmotic adjustment, pH, photosynthetic pigments and growth in oat (*Avena sativa* L.). *Australian journal of crop science*, *AJCS* 6(6):995-1003.

- Kaydan D., Mehmet Yagmur M. (2008). Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl. African Journal of Biotechnology Vol. 7 (16), pp. 2862-2868.
- Ghodrat V., Javad Roustae M., Zare N. (2013). Improving germination and growth of Triticale (X Triticosecale Wittmack) by priming with Salicylic acid (SA) under saline conditions International Journal of Agriculture and Crop Sciences. /5-16/1832-1835.
- Atak M., Kaya MD., Kaya G., IKILI Y., Yaşar C. (2006) Effects of NaCl on the Germination, Seedling Growth and Water Uptake of Triticale. Turk J Agric For. 30, 39-47.
- Mladenović Ž. (2014) Efekti stresa soli natrijuma na klijanje semena i rast klijanca ozime sorte *Triticale* KG-20^{cc}. Završni rad, PMF, Univerzitet u Kragujevcu
- Brezoczki VM., Filip G M. (2017). The heavy metal ions (Cu²⁺, Zn²⁺, Cd⁺) toxic compounds influence on triticale plants growth IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 200 012025.

PHYTOTOXIC EFFECTS OF SODIUM SALTS ON GERMINATION AND GROWTH TRITICALE GERMS

Gorica Delić¹, Marina Topuzović², Milica Novaković³, Snežana Branković⁴, Milena Đurić⁵

Abstract

The limiting factor for increasing agricultural production for numerous crops is land salinity. The aim of the study was to determine stress effect of sodium salt (NaCl, NaHCO₃, Na₂SO₃ i Na₂CO₃) on germination and growth triticale varieties – Vojvoda and Smaragd variety, in order to determine degree of tolerance of these varieties on the examined salts. Based on the toxic effect on percentage of germination, germination energy, root length and hypocotyl of the triticale Vojvoda variety and Smaragd variety, the most toxic effect has Na₂CO₃ and the weakest toxic effect has NaCl. The Smaragd variety is more susceptible to the presence of sodium salts in relation to the Vojvoda variety.

Key words: triticale, varieties, germination, growth of germs, sodium salts

^{1,2,3,4}University of Kragujevac, Faculty of Science Kragujevac, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia (gdjelic@kg.ac.rs);

⁵University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia