

SVOJSTVA SJEMENA I KLIJANACA GENOTIPOVA LUCERNE U ZAVISNOSTI OD TEMPERATURE I pH VRIJEDNOSTI

Gordana BUKVIĆ¹, Sonja GRLJUŠIĆ², Vlatka ROZMAN¹, Anita LIŠKA¹,
V. LUČIN¹, Marija KARAKAŠ¹

¹Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Faculty of Agriculture, Josip Juraj Strossmayer, University of Osijek

²Poljoprivredni institut Osijek
Agricultural Institute Osijek

SAŽETAK

Cilj rada bio je procijeniti utjecaj genotipa, temperature i pH na energiju klijanja i klijavost sjemena, te dužinu korijena i hipokotila klijanaca tri kultivara lucerne (Slavonka, Stela i Vuka), sa svrhom procjene mogućnosti izbora genotipova za sjetvu na tlima s različitim pH i pri različitim temperaturama u najranijim fazama razvoja. Pokus je postavljen u četiri ponavljanja na dvije temperature: 20°C; 10°C i dvije razine pH: 7,25; 5,05. Značajna razlika utvrđena je između genotipova za svojstvo dužine korijena ($p=0,01$). Razlike u energiji klijanja i dužini hipokotila na različitim temperaturama bile su značajne ($p=0,01$). Značajnost pH utvrđena je za svojstva dužine korijena i hipokotila ($p=0,01$ i $p=0,05$). Interakcija genotip x temperatura bila je značajna za sva proučavana svojstva ($p=0,01$ i $p=0,05$), dok je interakcija genotip x pH utvrđena za dužinu hipokotila ($p=0,01$). Dužina korijena bila je značajno niža kod kultivara Slavonka (2,16 cm) i značajno viša kod kultivara Stela (2,83 cm). Energija klijanja bila je značajno viša pri 20°C, dok je dužina hipokotila bila značajno niža pri istoj temperaturi. Dužina korijena i hipokotila bili su značajno viši kod pH razine 5,05. Rezultati ukazuju da interakcija genotipa i temperature u najvećoj mjeri utječe na najraniji porast lucerne. Premda je razina pH utjecala na rast klijanaca potrebna su dodatna istraživanja da bi se moglo procijeniti postoji li mogućnost izbora genotipova za sjetvu na tlima s različitim pH u stadiju klijanja sjemena.

Ključne riječi: lucerna, genotip, klijavost, pH, temperatura

UVOD

Jedan od limitirajućih čimbenika prinosa i kakvoće pri uzgoju lucerne je kiselost tla. Raspon pH vrijednosti tla za uzgoj lucerne kreće se od 4,3 do 8,7 (Duke, 1983).

Međutim, optimalne granice pH su znatno uže, te se kreću od 6,5 do 7 prema Peters i sur. (2005), odnosno od 6,5 do 7,5 prema Grewal i Williams (2003). Kao donju kritičnu granicu pH reakcije tla Hojito (1998) navodi 5,4. U uvjetima nižih pH vrijednosti javljaju se specifični problemi: toksičnost aluminija (Zhang, 2007) i mangana, deficit molibdena (McBride i Cherney, 2004), smanjena nodulacija (Sparrow i sur., 1993), nedostatak kalcija (Graham, 1992) i magnezija kao i smanjena pristupačnost fosfora (Bouton i Sumner, 1983). Kao posljedica navedenog, kod lucerne dolazi do slabijeg rasta korijena, nepovoljnog odnosa lista i stabljike, manjeg prinosa nadzemne mase i koncentracije sirovih bjelanjčevina (Grewal i Williams, 2003). Kod sitnozrnih leguminoza povećanje prinosa i kakvoće krme na kiselim tlima moguće je postići kalcifikacijom tla radi povećanja pH reakcije, inokulacijom sjemena i izborom kultivara tolerantnih na stresne uvjete zbog kiselosti tla. Povećanjem pH vrijednosti tla primjenom vapna kod lucerne dolazi do povećavanja nodulacije, prinosa krme i prinosa dušika (Pijnenborg i sur., 1991, Sparrow i sur., 1993). Istraživanja su pokazala da između genotipova lucerne postoje razlike u sposobnosti usvajanja hraniva u uvjetima veće kiselosti tla (Bukvić i sur., 1998) odnosno da pojedini genotipovi i u uvjetima niže pH vrijednosti tla od optimalne zadovoljavaju prinosom i kakvoćom nadzemne mase. Povećanje prinosa lucerne na kiselom tlu inokulacijom sjemena bakterijama iz roda *Rhizobium* daje najbolje rezultate ukoliko se obavi autohtonim bakterijama, odnosno bakterijama izoliranim iz kiselog tla (Del Papa i sur., 1999).

Lucerna se u agroekološkim uvjetima Republike Hrvatske može sijati u kasnojletnom (jesenskom) ili proljetnom terminu. Pri sjetvi u rano proljeće, klijavost sjemena odvija se pri niskim temperaturama. Minimalna temperatura za klijanje sjemena lucerne je između 2-3°C (Stjepanović, 1998), a optimalna između 15- 25°C (Brar i sur., 1991). Također, svojstvo sjemena lucerne je da pri čuvanju pod određenim uvjetima može dugo očuvati klijavost. Ellis i Hong (2006) utvrdili su da sjeme lucerne ne gubi klijavost čak ni nakon 14,5 godina u hermetički zatvorenim posudama na temperaturi od -20°C i pri vlazi zraka 2,0-12,0% odnosno da kod lucerne dolazi do značajnog gubitka klijavosti sjemena na temperaturama od 30 do 60°C već pri vlazi zraka od 4,2 do 5,5%.

S obzirom da između genotipova lucerne postoje razlike u otpornosti na niske temperature u stadiju klijanja, daje se mogućnost selekcije na ovo svojstvo (Klos i Brummer, 2000a, 2000b).

Budući da je kod različitih leguminoza utvrđena povezanost laboratorijskih i poljskih mjerenja u klijavosti kod temperatura, dostupnosti vode ili kiselosti tla (Kendall i sur., 1994; Voigt i sur., 1997) cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj genotipa, temperature i pH vrijednosti otopine na klijavost i rast klijanaca lucerne, te procijeniti mogućnost izbora genotipova u stadiju klijanja za sjetvu na tlima s različitim pH i pri različitim temperaturama.

MATERIJAL I METODE RADA

Laboratorijska istraživanja provedena su 2006. godine sa sjemenom tri kultivara lucerne iz 2003. godine, podjednake mase 1000 sjemenki, kreirana na Poljoprivrednom institutu Osijek: 1. Slavonka (masa 1000 sjemenki 2,1 g), 2. Stela (masa 1000 sjemenki 2,2 g), 3. Vuka (masa 1000 sjemenki 2,0 g). Svojstva energije klijanja i klijavosti određena su metodom nabranog filter papira uz prethodno hlađenje sukladno pravilima ISTA (2003).

Kvašenje filter papira obavljeno je s vodovodnom vodom čija je izmjerena pH vrijednost iznosila 7,25. Vodena otopina pH vrijednosti 5,05 pripremljena je tako da je vodovodnoj vodi dodana 1 M HCl. Namočeni filter papir uvijen je u role i stavljen u PVC vrećice te pohranjen u klima komoru. Istraživanje je provedeno na temperaturama 10 i 20°C. Pokus je postavljen u četiri ponavljanja za svaki kultivar, svaku temperaturu i svaki pH. Po završetku naklijavanja s klijanaca su uklonjeni kotiledoni, te razdvojeni korijen i hipokotil. Dužina korijena i hipokotila izmjerena je na 25 slučajno izabranih klijanaca.

Za analize varijance (ANOVA) korišten je SAS Software (SAS Institute Inc., 1999).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Dobivene vrijednosti za energiju klijanja na ispitivanim temperaturama i pH vrijednostima genotipova lucerne kretale su se u rasponu od 51,5 do 69,25% (Graf 1.). Vrijednosti na temperaturi od 20°C i pri pH 7,25 (standardna klijavost) iznosile su 69,25% (Slavonka), 65,25% (Stela) i 60,75% (Vuka). Ove vrijednosti su bile nešto niže u odnosu na vrijednosti Popović i sur. (2002.) koji su dobili energiju klijanja u zavisnosti od frakcije sjemena i godine istraživanja od 70,36 % za Stelu i 71,83 % za Vuku. Smanjena energija klijanja može biti posljedica uvjeta prije žetve, zatim tijekom žetve, privremenog skladištenja, transporta i obrade kao i nakon obrade, prije i tijekom skladištenja (Hampton i Hill, 2002.). Sjeme ispitivanih genotipova bilo je staro tri godine i čuvano u optimalnim uvjetima skladišta. Budući da starost sjemena u manjoj mjeri utječe na klijavost, može se pretpostaviti da je manja energija klijanja posljedica vremenskih prilika u godini proizvodnje. Zbog suše proizvodna 2003. godina bila je nepovoljna kako za proizvodnju dugih kultura, tako i kvalitetnog sjemena lucerne.

Energija klijanja je bila pod značajnim utjecajem ($p=0,01$) temperature, kao i interakcije genotipa i temperature (Tablica 2.). U prosjeku za genotipove i pH vrijednosti, energija klijanja je bila veća na 20°C (Graf 2.). U prosjeku za pH vrijednosti, na 10°C značajno niže vrijednosti energije klijanja dobivene su kod genotipova Slavonka ($p=0,01$) i Stela ($p=0,05$) dok kod Vuke nije bilo razlike na ispitivanim temperaturama. Pri temperaturi od 20°C genotipovi Slavonka i Stela imali

G. Bukvić i sur.: Svojstva sjemena i klijanaca genotipova lucerne
u zavisnosti od temperature i pH vrijednosti

Tablica 1. Maksimum, minimum, srednja vrijednost i standardna devijacija za proučavana svojstva
Table 1. Maximum, minimum, mean and standard deviation for investigated traits

	Energija klijanja <i>Germination energy</i> (%)	Klijavost <i>Germination</i> (%)	Dužina korijena <i>Root length</i> (cm)	Dužina hipokotila <i>Hypocotil</i> <i>length</i> (cm)
Maksimum <i>Maximum</i>	73,00	73,00	4,34	5,80
Minimum <i>Minimum</i>	40,00	39,00	1,16	3,94
Srednja vrijednost <i>Mean values</i>	60,98	59,94	2,47	4,83
Standardna devijacija <i>Standard deviation</i>	6,77	6,36	0,67	0,5

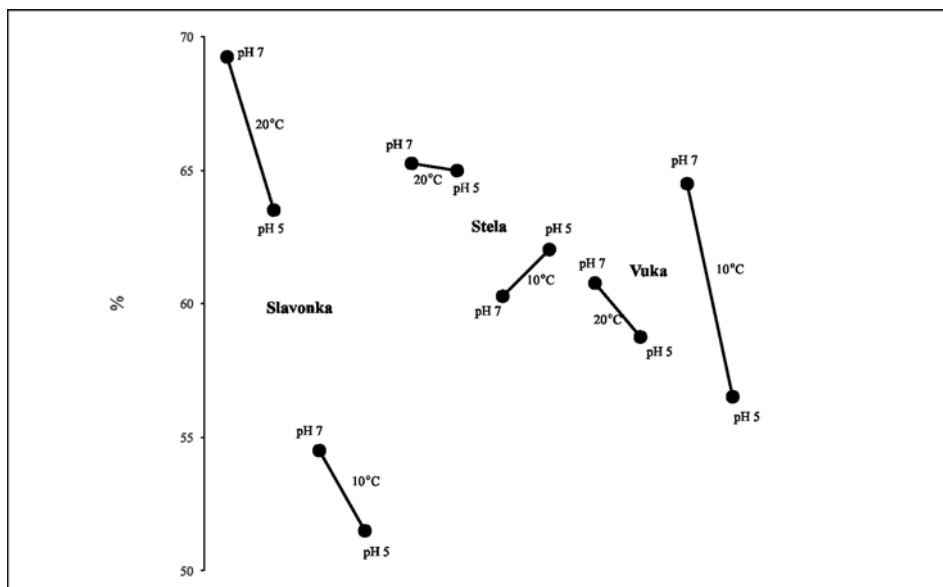
Tablica 2. LSD vrijednosti za ispitivane tretmane i njihve interakcije
Table 2. LSD values for investigated treatments and their interactions

LSD	G	T	pH	GxT	GxpH	TxpH	GxTxpH
Energija klijanja / Germination energy							
0,01	ns	1,0654	ns	1,8973	ns	ns	ns
0,05	ns	3,1417	ns	5,4475	ns	ns	ns
Klijavost / Germination							
0,01	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
0,05	ns	ns	ns	5,7515	ns	ns	ns
Dužina korijena / Root lenght							
0,01	0,9143	ns	0,7466	0,1293	ns	ns	Ns
0,05	0,2622	ns	0,2141	0,3709	ns	ns	ns
Dužina hipokotila / Hypocotil length							
0,01	ns	0,6400	Ns	0,1109	0,1109	ns	0,1568
0,05	ns	0,1836	0,1836	0,3180	0,3180	ns	0,4496

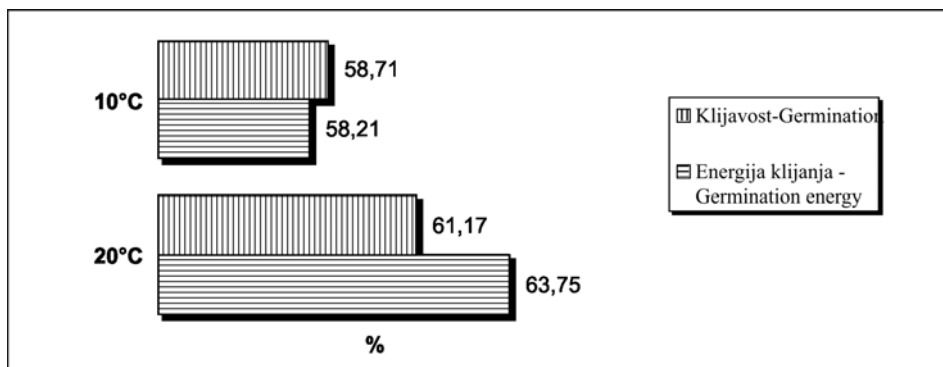
su značajno veće vrijednosti ($p=0,01$) od Vuke. Na nižoj temperaturi Slavonska je imala značajno nižu energiju klijanja ($p=0,01$) od Stele i Vuke koje se međusobno nisu razlikovale.

Optimalna temperatura za klijanje sjemena lucerne kreće se u rasponu od 15- 25°C (Brar i sur., 1991.). Iako je klijavost u prosjeku za genotipove i pH vrijednosti bila nešto veća na višoj temperaturi (Graf 2.), razlike između temperatura 10 i 20°C u klijavosti nisu bile statistički značajne. Neočekivano, prosječna klijavost sjemena bila je nešto manja (za 2,05%) u odnosu na energiju klijanja ali samo na višoj temperaturi. Obzirom da se naklijavanje nije vršilo u sterilnim uvjetima, navedeno smanjenje broja proklijalih sjemenki pri utvrđivanju konačne klijavosti bi moglo biti posljedica

Graf 1. Srednje vrijednosti energije klijanja (%) za djelovanje genotip x temperatura x pH
Figure 1. Germination energy (%) mean values for genotype x temperature x pH effect



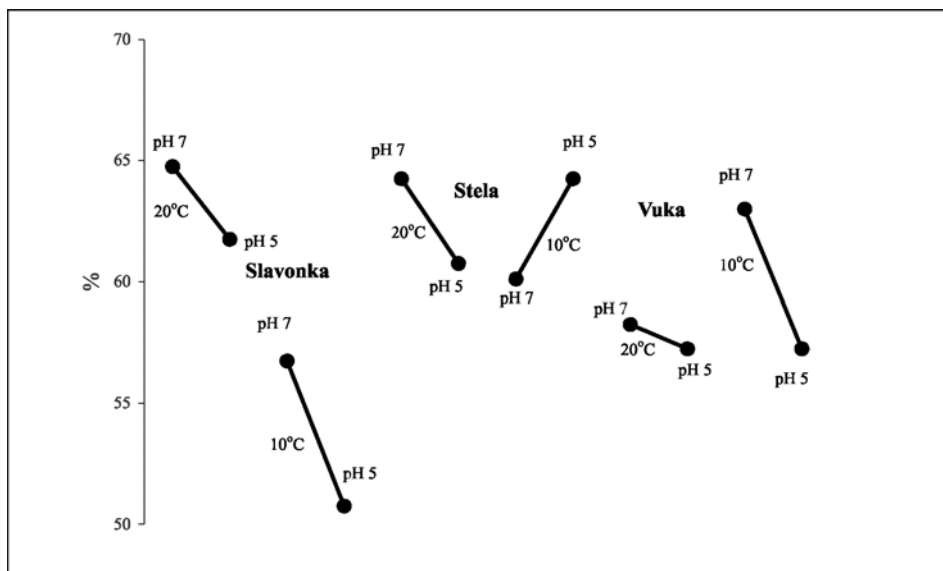
Graf 2. Prosječna energija klijanja i klijavost (%) na različitim temperaturama
Figure 2. Average germination energy and germination (%) at different temperatures



propadanja klijanaca uslijed razvoja mikroorganizama kojima je pogodovala viša temperatura, a koji su direktno ili indirektno uzrokovali propadanje klice kod manjeg broja sjemena u razdoblju od očitavanja energije klijanja do klijavosti. S obzirom na

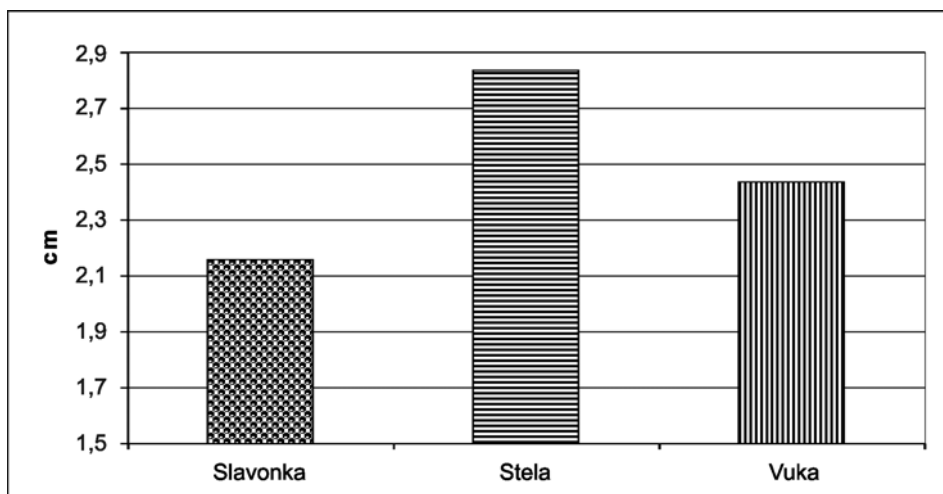
Graf 3. Srednje vrijednosti klijanja (%) za djelovanje genotip x temperatura x pH

Figure 3. Germination (%) mean values for genotype x temperature x pH effect

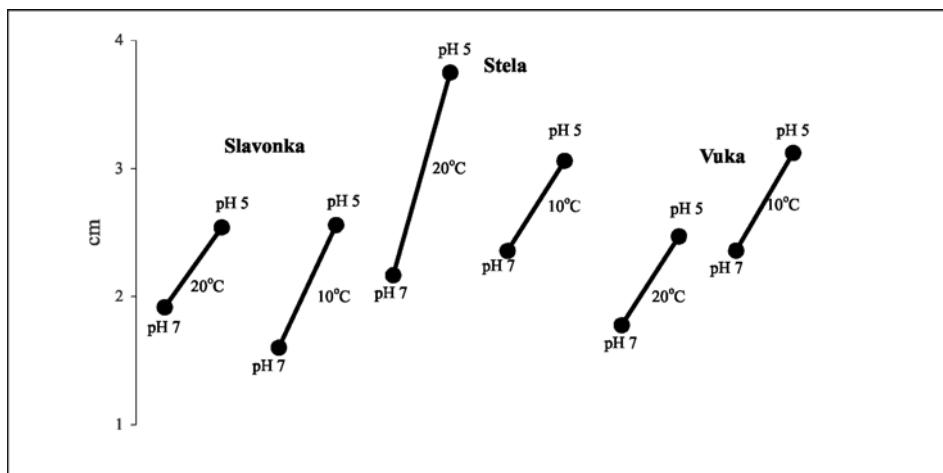


Graf 4. Prosječna dužina korijena klijanaca (cm) genotipova lucerne

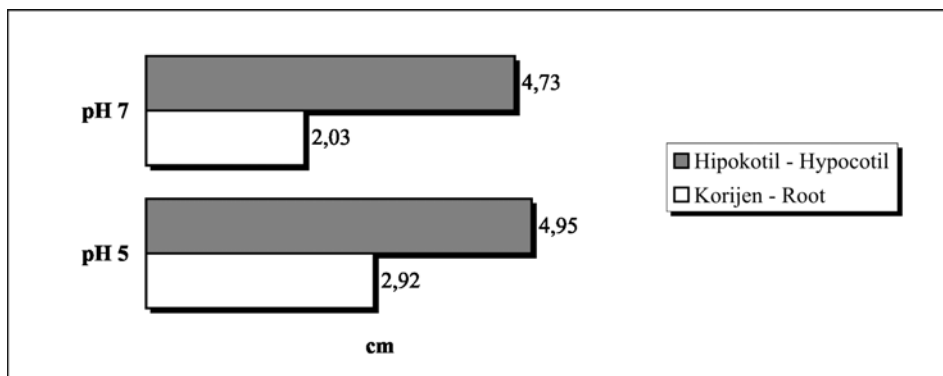
Figure 4. Average seedling root length of alfalfa genotypes



Graf 5. Srednje vrijednosti dužine korijena (cm) za djelovanje genotip x temperatura x pH
Figure 5. Root length (cm) mean values for genotype x temperature x pH effect



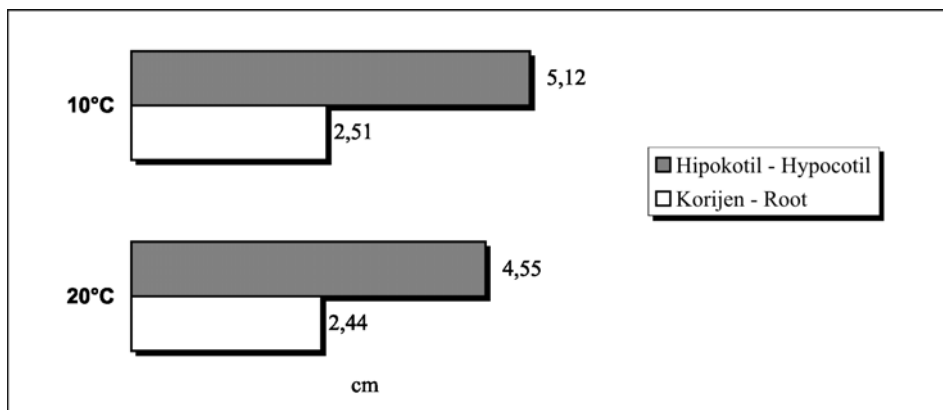
Graf 6. Prosječna dužina korijena i hipokotila (cm) na različitim pH vrijednostima
Figure 6. Average root and hypocotil length (cm) at different pH values



klijavost, ispitivani genotipovi su različito reagirali ($p=0,05$) na ispitivanim temperaturama što je u skladu s istraživanjima Klos i Brummer (2000a, 2000b). U prosjeku za pH vrijednosti na temperaturi 20°C genotipovi Slavonka i Stela imale su značajno veću klijavost ($p=0,05$) od Vuke, a na 10°C genotip Slavonka manju ($p=0,01$) od Stele i Vuke (Graf 3.). Genotip Slavonka je na nižoj temperaturi imao značajno manju klijavost u odnosu na višu temperaturu ($p=0,01$), kod Stele se klijavost nije mijenjala, a kod Vuke se značajno povećala ($p=0,01$).

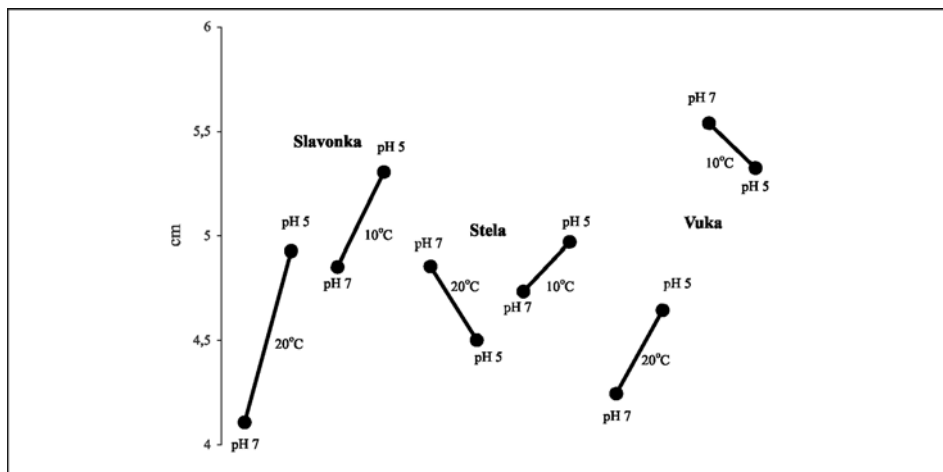
Graf 7. Prosječna dužina korijena i hipokotila (cm) na različitim temperaturama

Figure 7. Average root and hypocotyl length (cm) at different temperatures



Graf 8. Srednje vrijednosti dužine hipokotila (%) za djelovanje genotip x temperatura x pH

Figure 8. Hypocotyl length mean values (%) for genotype x temperature x pH effect



Dužina korijena klijanaca bila je pod značajnim utjecajem ($p=0,01$) genotipa, pH vrijednosti vodene otopine kao i interakcije genotipa i temperature (Tablica 2.). U prosjeku za pH vrijednosti vodene otopine i temperature, najduži korijen imao je genotip Stela, značajno kraći ($p=0,05$) bio je korijen genotipova Vuka i Slavonka (Grafikon 4.).

Sva tri ispitivana genotipa lucerne na obje temperature imala su duži korijen na pH 5,05 nego na pH 7,25 (Graf 5.). Stoga je i prosječna vrijednost dužine korijena za

genotipove i temperature bila veća ($p=0,01$) na pH 5,05 nego na pH 7 (Graf 6.). Rezultati istraživanja Hojito (1998) ukazuju da je kritična granica za uzgoj lucerne pH 5,4 odnosno optimum prema Peters i sur. (2005) od 6,5-7, te da opadanjem pH vrijednosti tla dolazi prvenstveno do smanjenog rasta korijena što ima za posljedicu i smanjen rast nadzemne mase. Dobiveni rezultati dužine korijena na pH 5,05 i 7,25 vodene otopine imali su sasvim suprotan trend kod svih genotipova i temperatura. Neosporno je da u uvjetima niže pH vrijednosti dolazi do poremećaja u rastu i razvoju lucerne što rezultira smanjenjem prinosa i kakvoće krme (Bukvić i sur., 2002). Međutim, dobiveni rezultati istraživanja ukazuju na činjenicu da niže pH vrijednosti «stimuliraju» rast klijanaca. Stoga se može pretpostaviti da niža pH vrijednost sama po sebi ne utječe na smanjeni rast biljaka, odnosno da je smanjena produkcija biomase u uvjetima nižih pH vrijednosti tla posljedica promjene u pristupačnosti hraniva u tlu.

Na višoj temperaturi, u prosjeku za pH vrijednosti, duži korijen ($p=0,01$) imao je genotip Stela u odnosu na ostala dva genotipa. Na nižoj temperaturi Stela i Vuka se nisu razlikovale, dok je Slavonka imala najmanje vrijednosti ($p=0,01$). Niža temperatura rezultirala je slabijim rastom korijena ($p=0,05$) kod genotipova Slavonka i Stela, ali je kod Vuke na nižoj temperaturi korijen bio duži ($p=0,01$). Frame (2005) kao optimalnu temperaturu za rast korijena lucerne navodi raspon između 21-25°C, a Safaa i Glenn (1990) da je za rast korijena značajan i režim dnevnih i noćnih temperatura, te da je njihov najpovoljniji odnos 21/8°, zatim 12/2°C, a najslabije se korijen razvija pri odnosu 35/25°C. Dobiveni rezultati ukazuju na genetsku specifičnost u rastu korijena u zavisnosti od temperature.

Dužina hipokotila bila je pod značajnim ($p=0,01$) utjecajem temperature, interakcije genotipa i temperature, interakcije genotipa i pH vrijednosti, a također ($p=0,05$) pH vrijednosti vodene otopine kao i interakcije genotip x temperatura x pH. U prosjeku za pH vrijednosti i genotipove, hipokotil je bio duži na temperaturi od 10°C nego na 20°C (Graf 7.). Dužina hipokotila, u prosjeku za temperature i genotipove, bila je veća na pH 5,05 nego na pH 7,25 (Graf 6.).

Iako je optimalna temperatura za klijanje lucerne 20-30°C (Stjepanović, 1998), u prosjeku za pH vrijednosti svi genotipovi imali su duži hipokotil na nižoj temperaturi i to Slavonka i Vuka na razini $p=0,01$, a Stela $p=0,05$.

U prosjeku za temperature, samo je genotip Slavonka razvio značajno duži ($p=0,01$) hipokotil na pH 5,05 (5,12 cm) nego na pH 7,25 (4,48 cm), dok kod Stele i Vuke razlike između pH vrijednosti nisu bile značajne.

S obzirom na interakciju sva tri tretmana (Graf 8.), najduži hipokotil razvila je sorta Vuka na temperauri od 10°C i pri pH 7,25, a najkraći Slavonka pri 20°C i pH 7,25. U odnosu na najveću vrijednost hipokotila za genotip Vuku, razlike prema Vuki ($T=10^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=5,05$) i Slavonki ($T=10^{\circ}\text{C}$, $\text{pH}=5,05$) bile su značajne na razini $p=0,05$, a za sve ostale genotipove, temperature i pH vrijednosti na razini $p=0,01$.

ZAKLJUČCI

Značajne razlike između genotipova utvrđene su samo za svojstvo dužine korijena klijanaca, pri čemu je najduži korijen razvio genotip Stela, a najkraći Slavonka. Interakcija genotipa i temperature bila je značajna za sva ispitivana svojstva. Temperatura je značajno utjecala na energiju klijanja i dužinu hipokotila. Energija klijanja je bila veća na višoj temperaturi, a hipokotil duži na nižoj temperaturi. pH vrijednost je značajno utjecala na dužinu korijena i hipokotila koji su bili duži na nižoj pH vrijednosti vodene otopine. Interakcije genotipa i temperature, te svih ispitivanih tretmana dobivene su samo za svojstvo dužine hipokotila.

THE TRAITS OF SEED AND SEEDLINGS OF ALFALFA GENOTYPES UNDER THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND pH VALUES

SUMMARY

The objective of the study was to evaluate the influence of genotype, temperature and pH values on germination energy, seed germination, and root and hypocotil length of seedlings of three alfalfa cultivars (Slavonka, Stela and Vuka) with the aim to assess possibilities for choosing suitable genotypes for sowing in the soil of different pH and temperature levels in the earliest stages of development. The experiment was set up in four replications at two levels of temperature: 20°C and 10°C, and two pH levels: 7.25 and 5.05. A significant difference in genotypes was determined for root length ($p=0.01$). Differences in energy of germination and hypocotil length at different temperatures were found to be significant ($p=0.01$). Significance of pH was determined for root and hypocotil length ($p=0.01$ and $p=0.05$). Interaction genotype x temperature was significant in all traits tested ($p=0.01$ and $p=0.05$), with interaction genotype x pH determined for hypocotil length ($p=0.01$). Root length was significantly lower in the Slavonka cultivar (2.16 cm) and significantly higher in the Stela cultivar (2.83 cm). Energy of germination was significantly higher at 20°C, with hypocotil length significantly lower at the same temperature. Root and hypocotil length were significantly higher at pH level of 5.05. The results show that interaction of genotype and temperature influence to the fullest extent the earliest growth of alfalfa. Though pH level influenced seedlings growth, further examinations are needed to assess possibilities for choosing genotypes for sowing in the soil of different pH levels at the stage of seed germination.

Key words: alfalfa, genotype, germination, pH, temperature

LITERATURA - REFERENCES

1. Brar, G.S.; Gomez, J.F.; McMichael, B.L., Matches, A.G., Taylor, H.M. (1991): Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. *Agronomy journal*, 83(1): 173-175.
2. Bouton, J. H. and Sumner, M. E. (1983): Alfalfa, *Medicago sativa* L., in highly weathered, acid soils. V. Field performance of alfalfa selected for acid tolerance. *Plant and Soil* 74: 431-6.
3. Bukvic, G., Stjepanovic, M., Popovic, S., Grljusic S., Horvat, D. (1998): Influence of location and genotype on the N, P and K concentration in the above ground part of alfalfa. *Poljoprivreda*, 4(1): 17-23.
4. Bukvic, G., Stjepanovic, M., Antunovic, M. (2002): Effect of soil pH on P and Ca uptake to the above ground biomass of alfalfa (*Medicago sativa* L.) (2002). *Poljoprivreda*, 8(1): 25-32.
5. Del Papa, M.F., Balagué, L.J., Sowinski, S.C., Wegener, C., Segundo, E., Abarca, F.M., Toro, N., Niehaus, K., Pühler, A., Aguilar, O.M., Martínez-Drets, G., Lagares, A. (1999): Isolation and characterization of alfalfa-nodulating rhizobia present in acidic soils of central Argentina and Uruguay. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(4): 1420-1427.
6. Duke, J. A. (1983.): *Medicago sativa* L. Handbook of Energy Crops. Unpublished. Purdue University. Center for New Crops&Plant Products.
7. Ellis, R.H., Hong, T.D. (2006): Temperature sensitivity of the low-moisture-content limit to negative seed longevity-moisture content relationships in hermetic storage. *Annals of Botany*, 97(5): 785-791.
8. Frame, J. (2005): Forage Legumes for Temperate Grasslands. FAO/Science Publishers, Inc.
9. Graham, P.H. (1992): Stress tolerance in Rhizobium and Bradyrhizobium, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian Journal of Microbiology* 38 (6): 475-484.
10. Grewal, H.S., Williams, R. (2003): Liming and cultivars affect root growth, nodulation, leaf to stem ratio, herbage yield, and elemental composition of alfalfa on an acid soil. *Journal of Plant Nutrition*, 26(8): 1683-1696.
11. Hampton, J.G., Hill, M.J. (2002): Seed quality and New Zealand's native plants: an unexplored relationship? *New Zealand Journal of Botany*, 40: 357-364.
12. Hojito, M. (1998.): Productivity of acidified grassland caused by acidic nitrogen-fertilizer and aluminium tolerance of grasses and legumes. *JARQ-Japan Agricultural Research Quarterly*, 32(2): 87-96.
13. Kendall W.A., Shaffer J.A., Hill R.R. (1994): Effect of temperature and water variables on the juvenile growth of Lucerne and red clover – Grass and Forage Science 49 (3): 264-269.
14. Klos, K.L.E., Brummer C.E. (2000a): Field Response to Selection in Alfalfa for Germination Rate and Seedling Vigor at Low Temperatures. *Crop Science*, 40: 1227-1232.
15. Klos, K.L.E., Brummer E.Ch. (2000b): Response of six alfalfa populations to selection under laboratory conditions for germination and seedling vigor at low temperatures. *Crop Science*, 40:959-964.
16. McBride, M.B., Cherney, J. (2004.): Molybdenum, Sulfur, and Other Trace Elements in Farm Soils and Forages After Sewage Sludge Application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35 (3-4): 517-535.
17. Peters, J.B., Kelling, K.A., Speth P.E., Offer S.M. (2005): Alfalfa yield and nutrient uptake as affected by pH and applied K. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36 (4-6): 583 – 596.
18. Pijnenborg, J.W.M., Lie, T.A., Zehnder, A.J.B. (1991): Nodulation of lucerne (*Medicago sativa* L.) in an acid soil: effects on inoculum size and lime-pelleting. *Plant and Soil*, 131:1-10.
19. Popović, S., Stjepanović, M., Grljušić, S., Čupić, T., Tucak, M., Bukvić, G. (2002): Varijabilnost sorti lucerne u nekim svojstvima sjemena. *Poljoprivreda* 8: 5-10.
20. Safaa Al-Hamdan, Glenn W.T. (1990): Effect of temperature regimes on photosynthesis, respiration, and growth in alfalfa. *Proceedings of the Oklahoma academy of science*, 70: 1-4.
21. Sparrow, S.D., Cochran, V.L., Sparrow, E.B. (1993): Herbage yield and nitrogen accumulation by 7 legume crops on acid and neutral soils in a subarctic environment. *Canadian Journal of Plant Science*, 73(4):1037-1045.
22. Stjepanović, M. (1998): Lucerna, Nova zemlja, Osijek

G. Bukvić i sur.: Svojstva sjemena i klijanaca genotipova lucerne
u zavisnosti od temperature i pH vrijednosti

23. Voigt P.W., Morris D.R., Godwin H.W. (1997): A soil-on-agar method to evaluate acid-soil resistance in white clover. *Crop Science* 37(5): 1493-1496.
24. Zhang, X.G., Humphries, A., Auricht, G. (2007): Genetic variability and inheritance of aluminium tolerance as indicated by long root regrowth in Lucerne (*Medicago sativa L.*). *Euphytica*, 157(1-2): 177-184.

Adresa autora Author's address:

Prof. dr. sc. Gordana Bukvić
Doc. dr.sc. Vlatka Rozman
Anita Liška, dipl. ing.
Vinko Lučin, apsolvant
Marija Karakaš, apsolvant
Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Trg Sv. Trojstva 3, 31 000 Osijek, Hrvatska
E-mail: gbukvic@pfos.hr

Primljeno – Received:

12. 04. 2008.

Dr. sc. Sonja Grljušić
Poljoprivredni institut Osijek
Južno predgrađe 17, 31 000 Osijek, Hrvatska