

**UTJECAJ KLIMATSKIH UVJETA  
I ZNAČAJKI TLA NA PRINOSU USJEVA  
UZGAJANIH U PLODOREDU**

**INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS AND SOIL  
PROPERTIES ON YIELDS OF CROPS GROWN IN CROP  
ROTATION SYSTEM**

**A. Špoljar, I. Kisić, Ivka Kvaternjak, D. Marenčić,  
D. Žibrin**

**SAŽETAK**

Istraživanja su provedena na pokušalištu Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima (N: 46°01'12" E: 16°33'61") na proizvodnoj površini od jednog hektara u četiri polja plodoreda. U plodoredu su uzgajani kukuruz, zob, lupina i djetelinsko-travna smjesa (DTS). Pokus je proveden na močvarno glejnom hipoglejnom tlu ilovaste teksture. Istraživan je utjecaj značajki tla i klimatskih uvjeta na prinose uzgajanih usjeva. Utvrđeni su pozitivni korelacijski odnosi između prinosa usjeva i kapaciteta tla za vodu, sadržaja fiziološki aktivne i optimalne vlage u tlu te kapaciteta tla za zrak (kod uzgoja lupine za sadržaj optimalne vlage  $r = 0,60$ ,  $p < 0,05$ ; za kapacitet tla za zrak  $r = 0,68$ ,  $p < 0,05$ ). Između prinosa uzgajanih usjeva i gustoće pakiranja čestica korelacijski odnosi bili su negativni (pri uzgoju lupine u površinskom horizontu  $r = -0,64$ ,  $p < 0,05$ ; u potpovršinskom horizontu  $r = -0,59$ ,  $p < 0,05$ ). Također je između prinosa i sadržaja vlage kod točke venuća utvrđen negativan korelacijski odnos (kod uzgoja lupine  $r = -0,60$ ,  $p < 0,05$ ). Pozitivni korelacijski odnosi utvrđeni su između prinosa uzgajanih usjeva i istraživanih kemijskih značajki tla, ali su značajni samo za reakciju tla mjerenu u 1MKCl-u (kod uzgoja DTS-a  $r = 0,82$ ,  $p < 0,05$ ; kod uzgoja kukuruza  $r = 0,70$ ,  $p < 0,05$ ). Prinosi zrna kukuruza i zobi bili su tijekom istraživanja više ujednačeni, dok su prinosi sijena DTS-a i zrna lupine varirali i ovisili su poglavito o klimatskim prilikama koje su u tijeku istraživanja bile nepovoljne, s izrazitim sušnim razdobljima u vrijeme vegetacije. Uzgoj usjeva u plodoredu i primijenjena kombinirana organska i

mineralna gnojidba s kalcifikacijom, osim što povoljno djeluje na prinose, može umanjiti i nepovoljan utjecaj suše.

Ključne riječi: plodored, klimatski uvjeti, fizikalne i kemijske značajke tla, prinos

## ABSTRACT

Investigations were conducted on the experimental field of College of agriculture in Križevci (N: 46°01'12" E: 16°33'61") on 1 ha area, on four plots of crop rotation. Maize, oats, lupine and clover-grass mixture were grown in crop rotation. Investigation was done on mollic gleysol of loamy texture. Influence of soil properties and climatic conditions on yields of grown crops was investigated. Positive correlations were determined between crop yields and soil water capacity, physiologically active and optimal moisture in the soil and soil air capacity (in lupine growing  $r = 0.60$ ,  $p < 0.05$  for optimal moisture content in the soil,  $r = 0.68$ ,  $p < 0.05$  for soil air capacity). Negative correlations were determined between yields of grown crops and packing density of soil particles (in lupine growing  $r = -0.64$ ,  $p < 0.05$  for surface horizon;  $r = -0.59$ ,  $p < 0.05$  for subsurface horizon). Negative correlation was also determined between crop yield and moisture content at wilting point (in lupine growing  $r = -0.60$ ,  $p < 0.05$ ). Positive correlations were determined between yields of grown crops and investigated chemical soil properties, but they were significant only for soil reaction measured in 1 MKCL (in growing clover-grass mixture  $r = 0.82$ ,  $p < 0.05$ ; in growing maize  $r = 0.70$ ,  $p < 0.05$ ). Grain yields of maize and oats were more stable during investigation period, while at the same time yields of hay of clover-grass mixture and grain yields of lupine varied more, depending mainly on climatic conditions during investigation which were unfavourable, with drought periods during vegetation. Crop growing in crop rotation system and combined organic and mineral fertilization with lime application, besides positive effects on crop yields, may diminish the negative impact of drought.

Key words: crop rotation, climatic conditions, physical and chemical soil properties, yield

## Uvod i ciljevi istraživanja

Uglavnom se autori u svijetu i kod nas bave istraživanjima utjecaja uzgoja usjeva u plodoredu, kombinirane organske i mineralne gnojidbe sa ili bez kalcifikacije na značajke tla i prinose (Bajpai i sur., 2002; Belay et al, 2002; Chettri i sur., 2003; Kisić et al, 2001. i 2002; Mesić 2001; Špoljar 2008; Tiwari i sur., 2004. i dr.). Kako se u posljednje vrijeme zbog klimatskog zatopljenja javljaju suše s nepovoljnim učincima na prinose usjeva, također se u znatnoj mjeri istražuje njihov utjecaj na prinose (Abbate i sur., 2003; Greene i Maxwell, 2007; Pathak i Wassmann 2009; Todisco i Vergni 2008). Međutim, prema dostupnoj literaturi, nedovoljno su istraživane promjene vodnog režima tla uzrokovane sušom, kao i utjecaj značajki tla na prinose uzgajanih usjeva. Stoga su istraživanja provedena na pokušalištu Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima, pri uzgoju usjeva u plodoredu, uz primjenu kombinirane organske i mineralne gnojidbe s kalcifikacijom obuhvatila:

- procjenu utjecaja klimatskih uvjeta (suše) na prinose, i
- utvrđivanje utjecaja važnijih fizikalnih i kemijskih značajki tla na prinose usjeva uzgajanih u plodoredu.

## Materijal i metode

Istraživanja su provedena na pokušalištu Visokog gospodarskog učilišta u Križevcima (N: 46°01'12" E: 16°33'61") na proizvodnoj površini od jednog hektara u četiri polja plodoreda. Pokus je proveden na močvarno glejnom hipoglejnom tlu ilovaste teksture (Škorić i sur., 1985). Na pokusnim poljima provedena je kombinirana organska i mineralna gnojidba s kalcifikacijom. U tijeku četiri godine istraživanja usjevi su uzgajani prema navedenoj shemi:

- Kukuruz - zob - DTS - lupina, 2000. godina;
- Zob - lupina - DTS - kukuruz, 2001. godina;
- Lupina - DTS - kukuruz - zob, 2002. godina;
- Kukuruz - zob - lupina - DTS, 2003. godina.

Metode pedoloških istraživanja i obrade podataka odgovaraju opće prihvaćenim standardima (AZO 2006; FAO 2006). Na svakom polju plodoreda za potrebe određivanja fizikalnih značajki tla otvoren je pedološki profil, odnosno četiri profila godišnje, iz kojih su uzimani u tri navrata (početkom vegetacije, u sredini i na kraju vegetacije) pojedinačni uzorci iz površinskih i

potpovršinskih horizonata. Paralelno su uzimani prosječni uzorci, također u tri navrata. Radi veće preciznosti rezultata, uzorci za analize fizikalnih značajki tla uzeti su u paralelama (za dubinu rizosfere u četiri ponavljanja). Od kemijskih značajki tla iz prosječnih uzoraka određene su: količina humusa po Tjurinu, ukupni sadržaj dušika po Kjeldahlu (ISO 11261:2004), reakcija tla u 1MKCl-u (ISO 10390:2005), fiziološki aktivni  $P_2O_5$  i  $K_2O$  AL metodom (ISO 11263:1994) i adsorpcijski kompleks tla po Kappenu. Iz pojedinačnih uzoraka u sklopu analize fizikalnih značajki određeni su: mehanički sastav tla u natrijevom pirofosfatu (ISO 11277:2004), kapacitet tla za vodu kod 0,033 MPa (ISO 11465:2004), sadržaj vlage kod 0,63 i 1,5 MPa (ISO 11274:2004), volumna gustoća (ISO 11272:2004) i gustoća čvrstih čestica (ISO 11508:2004) te kapacitet tla za zrak (ISO 11465:2004). Podaci o sadržaju fiziološki aktivne i optimalne vlage te vrijednosti kapaciteta tla za vodu izračunati su za 50 cm dubine tla. Također je izračunata gustoća pakiranja čestica ( $G_{p1}$  u površinskom i  $G_{p2}$  u potpovršinskom horizontu) prema jednadžbi koju daju Beneck i Renger (cit. prema SSEW, 1976).

U sklopu analize klime na osnovi srednjih mjesečnih temperatura zraka i mjesečnih količina oborina po metodi Thornthwaitea za svaku godinu (od 2000. do 2004.) posebno i za ranije razmatrano tridesetogodišnje razdoblje od 1970. do 1999. izrađena je bilanca vode za područje Križevaca. Rezultati komponenta bilance oborinske vode u tlu uspoređeni su s tridesetogodišnjim prosjecima. Za karakterizaciju klime određen je kišni faktor prema Langu ( $K_f$ ) i mjesečni kišni faktor prema Gračaninu ( $K_{fm}$ ). Prinosi usjeva statistički su obrađeni analizom varijance ( $p < 0,05$ ), a za utvrđivanje utjecaja istraživanih značajki tla na ostvarene prinose usjeva izrađena je korelacijska i regresijska analiza statističkim programom Statistica 7.1. (StafSoft, Inc. 2006.) korištenjem GLM postupka.

## REZULTATI I RASPRAVA

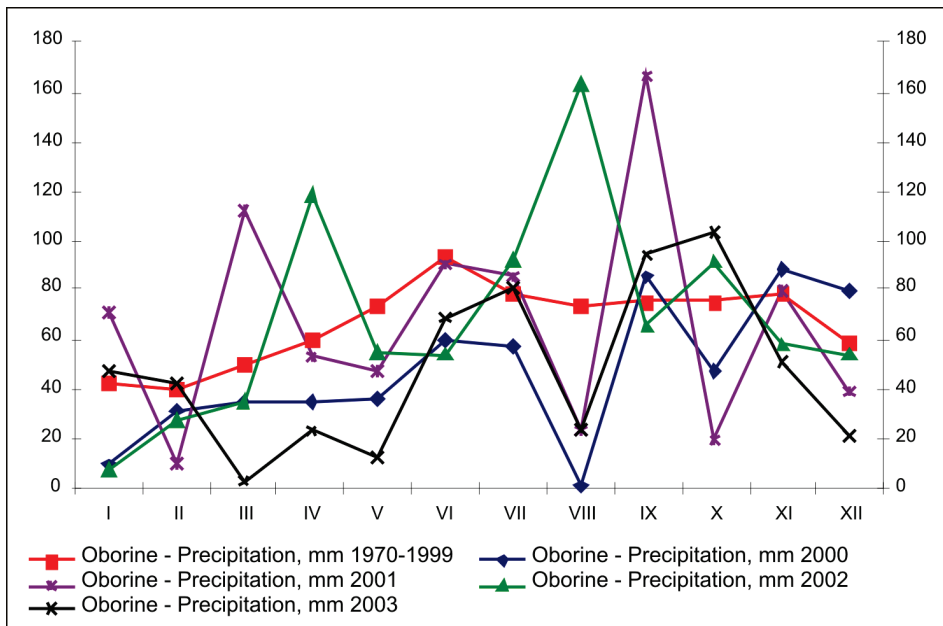
### Klimatski uvjeti

Raspodjelu mjesečnih i godišnjih količina oborina te srednje mjesečne i godišnje temperature zraka za istraživane godine i ranije tridesetogodišnje razdoblje od 1970. do 1999. godine prikazuju grafikoni 1. i 2. Klimatski pokazatelji za Križevce od 2000. do 2003. i ranije spomenuto razdoblje daju se

na tablici 1., a rezultati komponenata bilance oborinske vode u tlu prema metodi Thornthwaitea na tablici 2.

**Grafikon 1. Mjesečne i godišnje količine oborina**

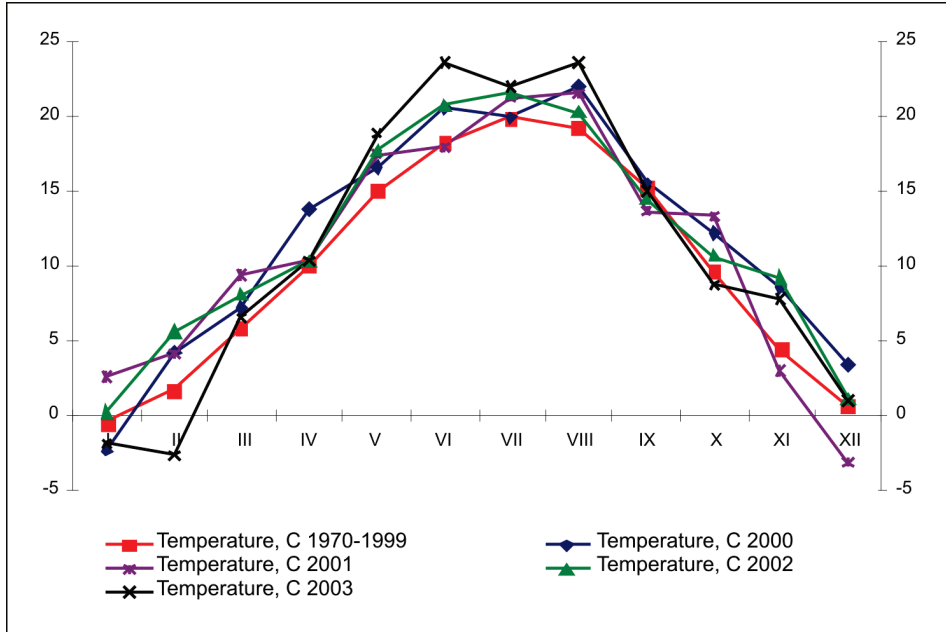
**Graph 1. Monthly and annual precipitation**



U ranije razmatranom tridesetogodišnjem razdoblju na temelju mjesečnog kišnog faktora prema Gračaninu ( $K_{fm}$ ) u tijeku vegetacije prevladavale su semiaridne klimatske prilike. Nasuprot tomu, u svim istraživanim godinama prema ovom pokazatelju klimatski uvjeti bili su nepovoljniji. U 2000. godini u tijeku vegetacije prevladavali su aridni klimatski uvjeti, dok su u 2001. bili peraridni do humidni i aridni do humidni u 2002. te peraridni i aridni u 2003. U ranije razmatranom tridesetogodišnjem razdoblju peraridni i aridni klimatski uvjeti nisu zabilježeni. Na osnovi godišnjeg kišnog faktora prema Langu ( $K_f$ ) u dvije od četiri istraživane godine utvrđene su semiaridne klimatske prilike, a u

**Grafikon 2. Srednje mjesečne i godišnje temperature zraka**

**Graph 2. Mean monthly and annual air temperatures**



ranijem razdoblju klimatski uvjeti bili su na granici između semihumidnih i humidnih.

U istraživanim godinama količine oborina u odnosu na ranije razmatrano tridesetogodišnje razdoblje od 1970. do 1999. bile su uglavnom manje, a srednje mjesečne i godišnje temperature zraka veće (grafikoni 1. i 2.). Također su utvrđene veće vrijednosti potencijalne korigirane evapotranspiracije (PET, k.), kao izraza potreba biljaka za vodom, u odnosu na razmatrano razdoblje, dok su vrijednosti stvarne evapotranspiracije (SET) bile uglavnom manje. Nedostaci vode u godinama istraživanja u odnosu na ranije razdoblje bili su veći, a viškovi vode uglavnom manji. Može se, dakle, konstatirati da su na području Križevaca u tijeku istraživanja vladali sušni uvjeti kakvi u ranijem tridesetogodišnjem razdoblju nisu zabilježeni.

A. Špoljar i sur.: Utjecaj klimatskih uvjeta i značajki tla na prinose usjeva  
uzgajanih u plodoredu

**Tablica 1. Klimatski pokazatelji za Križevce od 2000. do 2003. i za razdoblje od 1970. do 1999.**

**Table 1. Climate factors in Križevci for 2000-2003 and 1970-1999**

Razdoblje od 1970. do 1999., Period 1970 -1999												
Mjesec, Month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_{fm}$ , Gračanin	0,0	23,6	8,4	5,9	4,9	5,2	3,9	3,9	5,0	7,9	17,9	84,3
Humidnost, Humidity	pa	ph	h	sh	sa	sh	sa	sa	sa	h	ph	ph
Kišni faktor prema Langu, Rain factor according to Lang $K_f = 80,6$												
2000. godina, year												
$K_{fm}$ , Gračanin	-4,2	7,3	4,9	2,5	2,2	2,9	2,9	0,0	5,5	3,9	10,3	22,8
Humidnost, Humidity	pa	h	sa	a	a	a	a	pa	sh	sa	h	ph
Kišni faktor prema Langu, Rain factor according to Lang $K_f = 47,8$												
2001. godina, year												
$K_{fm}$ , Gračanin	26,2	2,4	11,9	5,2	2,7	5,0	4,0	1,1	12,2	1,5	26,4	0,0
Humidnost, Humidity	ph	a	h	sh	a	sh	sa	pa	h	pa	ph	pa
Kišni faktor prema Langu, Rain factor according to Lang $K_f = 72,5$												
2002. godina, year												
$K_{fm}$ , Gračanin	24,0	4,8	4,3	11,5	3,1	2,6	4,3	8,1	4,5	8,5	6,3	44,7
Humidnost, Humidity	ph	sa	sa	h	a	a	sa	h	sa	h	sh	ph
Kišni faktor prema Langu, Rain factor according to Lang $K_f = 70,0$												
2003. godina, year												
$K_{fm}$ , Gračanin	0,0	0,0	0,5	2,2	0,8	2,9	3,7	1,0	6,3	11,8	6,5	19,1
Humidnost, Humidity	pa	pa	pa	a	pa	a	sa	pa	sh	h	sh	ph
Kišni faktor prema Langu, Rain factor according to Lang $K_f = 51,3$												

Tumač: pa- peraridna klima, a - aridna klima, sa - semiaridna klima, sh - semihumidna klima, h - humidna klima, ph - perhumidna klima

Legend: pa - perarid climate, a - arid climate, sa - semiarid climate, sh - semihumid climate, h - humid climate, ph - perhumid climate

A. Špoljar i sur.: Utjecaj klimatskih uvjeta i značajki tla na prinose usjeva  
uzgajanih u plodoredu

**Tablica 2. Bilanca vode po Thornthwaiteu za Križevce od 2000. do 2003. i za razdoblje od 1970. do 1999.**

**Table 2. Water balance according to Thornthwaite in Križevci for 2000-2003 and 1970-1999**

Razdoblje od 1970. do 1999. godina, Period 1970-1999													
Mjesec, month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	x,Σ
PET, k.	0,3	4,7	24,4	50,2	90,3	114,5	128,3	113,8	73,7	39,9	13,6	1,7	655,4
SET	0,3	4,7	24,4	50,2	90,3	114,5	121,7	90,6	68,4	39,9	13,6	1,7	620,4
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	23,2	5,2	0,0	0,0	0,0	35,0
V, mm	41,7	35,4	24,9	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	47,8	177,5
2000. godina, year													
PET, k.	0,0	10,3	25,3	65,3	94,1	126,8	122,9	128,7	70,0	46,3	24,7	7,2	721,5
SET	0,0	10,3	25,3	65,3	94,1	70,5	58,0	1,0	70,0	46,3	24,7	7,2	472,6
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,3	64,9	127,7	0,0	0,0	0,0	0,0	248,9
V, mm	9,0	20,7	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,9	91,4
2001. godina, year													
PET, k.	6,2	11,1	38,0	47,2	103,4	108,8	135,3	126,5	61,9	53,9	7,1	0,0	699,5
SET	6,2	11,1	38,0	47,2	103,4	108,8	109,8	23,1	61,9	53,9	7,1	0,0	570,5
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	103,4	0,0	0,0	0,0	0,0	128,9
V, mm	64,5	0,0	72,5	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	38,0	38,4	223,5
2002. godina, year													
PET, k.	0,3	15,4	30,3	45,7	104,2	128,4	137,5	116,7	65,1	39,9	27,7	1,9	713,1
SET	0,3	15,4	30,3	45,7	104,2	103,3	91,8	116,7	65,1	39,9	27,7	1,9	642,3
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	45,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,8
V, mm	6,7	11,6	4,1	72,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2	52,1	174,4
2003. godina, year													
PET, k.	0,0	0,0	22,4	44,5	111,4	151,4	139,2	141,0	66,3	29,7	21,6	1,6	729,1
SET	0,0	0,0	22,4	44,5	71,1	69,0	81,0	24,0	66,3	29,7	21,6	1,6	431,2
M, mm	0,0	0,0	0,0	0,0	40,3	82,4	58,2	117,0	0,0	0,0	0,0	0,0	297,9
V, mm	47,0	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	29,4	19,4	138,8

Tumač: PET, k. - potencijalna korigirana evapotranspiracija; SET - stvarna evapotranspiracija; M - manjak vode; V - višak vode; Legend: PET, k. - potential corrected evapotranspiration; SET - real evapotranspiration; M - lack of water; V - surplus of water

### Procjena utjecaja klimatskih uvjeta na prinose uzgajanih usjeva

Rezultati statističke analize prinosa uzgajanih usjeva daju se na tablici 3. U tijeku četiri godine pokusa prinosi zrna kukuruza bili su stabilni i ujednačeni bez statistički opravdanih razlika. Prinosi zrna zobi također su bili stabilniji u prve tri godine, a signifikantno manji prinos bio je u zadnjoj godini istraživanja.



A. Špoljar i sur.: Utjecaj klimatskih uvjeta i značajki tla na prinose usjeva uzgajanih u plodoredu

Statistički opravdano veći prinos sijena DTS-a ostvaren je u drugoj godini uzgoja, a lupine u zadnjoj u odnosu na prvu.

**Tablica 3. Prinosi uzgajanih usjeva**

**Table 3. Yields of crops grown in crop rotation**

Godina Year	Prinos, Yield, t ha <sup>-1</sup>			
	DTS (sijeno) CGM (hay)	Kukuruz Maize	Lupina Lupine	Zob Oat
2000.	5.00 <sup>b</sup>	12.85 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	4.25 <sup>a</sup>
2001.	9.50 <sup>a</sup>	11.90 <sup>a</sup>	zaorano, ploughed	4.15 <sup>a</sup>
2002.	6.70 <sup>b</sup>	13.90 <sup>a</sup>	zaorano, ploughed	4.20 <sup>a</sup>
2003.	4.00 <sup>b</sup>	11.90 <sup>a</sup>	1.94 <sup>a</sup>	2.10 <sup>b</sup>

Unatoč nepovoljnim klimatskim prilikama, prinosi zrna kukuruza bili su ujednačeni i kretali su se između 11,90 i 13,90 t/ha (tablica 3.). Jedan od osnovnih razloga za stabilne prinose zrna ovog usjeva je u njegovoj povećanoj otpornosti na sušu. Naime, pri uzgoju kukuruza utvrđen je signifikantno manji sadržaj vlage kod točke venuća u odnosu na druge usjeve uzgajane u plodoredu, što može biti jedan od razloga njegove veće otpornosti na sušne uvjete (Špoljar 2008.). Poglavitito radi veće otpornosti zobi na sušu, u prve tri godine istraživanja prinosi zrna također su bili ujednačeni, prosječno 4,20 t/ha, a u zadnjoj godini prinos nije bio zadovoljavajući. Lupina je, ponajviše radi suše, u prinosu zrna podbacila u prvoj godini istraživanja. Ovaj usjev za rast i razvoj treba dosta vode, jer obrazuje veliku masu korijena i nadzemne organe. Najviše vode treba u vrijeme oblikovanja cvjetnih pupova i nalijevanja zrna. Ovo razdoblje traje dugo, a kako su u 2000. godini na osnovi mjesečnog kišnog faktora prema Gračaninu ( $K_{fm}$ ) zabilježene u tijeku vegetacije peraridne do aridne klimatske prilike, usjev je ušao u sušno razdoblje, što je osnovni razlog malih prinosa zrna. U 2003. godini klimatski uvjeti bili su također nepovoljni, pretežito peraridni i aridni u tijeku vegetacije, ali povoljniji u vrijeme nalijevanja zrna, pa je ostvaren prinos zrna lupine od 1,94 t/ha. Prinosi sijena DTS-a tijekom istraživanja nisu bili ujednačeni. Najveći prinos sijena zabilježen je u drugoj godini istraživanja i iznosio je 9,5 t/ha. Djetelinsko travne smjese općenito dobro reagiraju na vodu, a kako je 2000. bila ekstremno sušna, ostvaren je prinos sijena od 5,0 t/ha. Utvrđeni nedostatak vode u 2000. godini iznosio je 249 mm. U zadnjoj godini istraživanja također je ostvaren manji

prinos sijena (4,0 t/ha), a osnovni razlog tomu je suša. Naime, u tijeku vegetacije, kako je rečeno, prevladavale su peraridne i aridne klimatske prilike. Utvrđeni nedostatak vode u ovoj godini u tijeku vegetacije iznosio je 298 mm. Kvaternjak i sur., 2008. u istraživanjima utjecaja klimatskih prilika na primijenjene načine obrade tla i prinose zrna soje dobivaju slične rezultate. Autori utvrđuju da nedostatak vode i prosječno više temperature zraka u zimskom i proljetnom dijelu godine značajno utječu na učinke istraživanih načina obrade i ostvarene prinose zrna. Sharratt i sur., 2003. u istraživanju utjecaja klimatskih promjena na prinose nekih jarih usjeva utvrđuju radi nedostatka oborina i njihove nepovoljne distribucije te povećanih potreba biljaka za vodom, velika variranja i pad prinosa zrna. Primjenom matematičkih modela, slične rezultate utjecaja klimatskih promjena na prinose većine jarih usjeva dobivaju također Magrin i sur., 2005. Špoljar 2008. navodi da uzgoj usjeva u plodoredu i primijenjena kombinirana organska i mineralna gnojidba s kalcifikacijom povoljno utječu na prinose i mogu umanjiti nepovoljan utjecaj suše.

### **Korelacijski odnosi između značajki tla i prinosa uzgajanih usjeva**

Na tablicama 4. i 5. daju se korelacijski odnosi između istraživanih značajki tla i ostvarenih prinosa. Utvrđeni su pozitivni korelacijski odnosi između prinosa uzgajanih usjeva i kapaciteta tla za vodu, fiziološki aktivne i optimalne vlage te kapaciteta tla za zrak. Također su ustanovljeni negativni korelacijski odnosi između prinosa, gustoće pakiranja čestica i sadržaja vlage kod točke venuća. Najveći negativni korelacijski koeficijent bio je između sadržaja vlage kod točke venuća i prinosa zrna lupine ( $r = -0,60$ ;  $p < 0,05$ ), a najmanji je za ove varijable utvrđen kod kukuruza ( $r = -0,27$ ;  $p > 0,05$ ). Kod lupine je također utvrđen najveći pozitivni korelacijski koeficijent između sadržaja optimalne vlage u tlu i prinosa zrna ( $r = 0,60$ ;  $p < 0,05$ ). Veći sadržaj makropora u tlu povoljnije je djelovao na prinose zrna lupine ( $r = 0,68$ ;  $p < 0,05$ ) u odnosu na ostale uzgajane usjeve. Najveći negativni korelacijski koeficijent između prinosa zrna i gustoće pakiranja čestica evidentiran je u površinskom horizontu također kod uzgoja lupine ( $r = -0,64$ ;  $p < 0,05$ ). Hati i sur., 2006. u istraživanju utjecaja kombinirane organske s mineralnom gnojibdom i organske gnojidbe na neke značajke tla i prinose soje utvrđuju nepovoljan utjecaj zbijenosti tla na razvijenost korijenovog sustava ( $r = -0,88$ ,  $p < 0,01$ ). Autori dobivaju manje

vrijednosti volumne gustoće tla, kao indikatora zbijenosti, kod varijanata s kombiniranom organskom i mineralnom u odnosu na varijante s mineralnom gnojibom te više prinose zrna soje. Slične rezultate u istraživanju utjecaja topografije na fizikalne značajke tla i prinose zrna kukuruza dobivaju Parent i sur., 2008. Autori utvrđuju nepovoljan utjecaj parametara zbijenosti tla (volumna gustoća tla, sadržaj gline, odnos gline i organske tvari) na prinose zrna kukuruza.

**Tablica 4. Korelacijski odnosi između prinosa uzgajanih usjeva i fizikalnih značajki tla**

**Table 4. Correlation relationship between crop yields and physical properties of soil**

Varijabla, Prinos, Variable, Yield	Fizikalne značake tla, Physical properties of soil						
	Kv, mm	Tv, mm	FAv, mm	Ov, mm	Kz, mm	Gp <sub>1,3</sub> , g/cm <sup>3</sup>	Gp <sub>2</sub> , g/cm <sup>3</sup>
DTS, CGM	0,01	-0,31	0,22	0,33	0,27	-0,34	-0,47
Kukuruz, Maize	0,05	-0,27	0,12	0,19	0,21	-0,11	-0,60*
Lupina, Lupine	0,28	-0,60*	0,57	0,60*	0,68*	-0,64*	-0,59*
Zob, Oat	0,20	-0,50	0,28	0,25	0,08	-0,11	-0,18

Tumač, Legend:  $p > 0,05$ ; \*  $p < 0,05$

Kv - kapacitet tla za vodu, soil water capacity; Tv - točka venuća, viltng point; FAv - fiziološki aktivna vlaga, physiologically active moisture; Ov - optimalna vlaga, optimum moisture; Kz - kapacitet tla za zrak, soil air capacity; Gp<sub>1</sub>, Gp<sub>2</sub> - gustoća pakiranja čestica, packing density

Između istraživanih kemijskih značajki tla i prinosa uzgajanih usjeva utvrđeni su pozitivni korelacijski odnosi. Međutim, statistički opravdane vrijednosti bile su samo između reakcije tla mjerene u 1 MKCl-u i prinosa sijena DTS-a te zrna kukuruza (za DTS  $r = 0,82$  i za kukuruz  $r = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ). Noorbakhsh i sur., 2008. u istraživanju utjecaja značajki tla na prinose također dobivaju pozitivne korelacijske odnose između prinosa zrna uzgajanih usjeva i sadržaja organskog ugljika, ukupnog sadržaja dušika te fiziološki aktivnog fosfora i kalija. Kravchenko i Bullock 2000. navode da na prinose zrna kukuruza i soje značajno utječu topografski uvjeti i značajke tla, pri čemu prinosi zrna ovih usjeva najviše ovise o sadržaju organske tvari u tlu.

**Tablica 5. Korelacijski odnosi između prinosa uzgajanih usjeva i kemijskih značajki tla**

**Table 5. Correlation relationship between crop yields and chemical properties of soil**

Varijabla, Prinos, Variable Yields	Kemijske značajke tla, Chemycal properties of soil					Zasićenost bazama, Base degree, V%
	Humus, Humus	Ukupni N, Total nitrogen	Fiziološki aktivni, Physiologically active		pH, 1 M KCl	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
DTS, CGM	0,15	0,11	0,44	0,10	0,82*	0,47
Kukuruz, Maize	0,26	0,06	0,34	0,28	0,70*	0,30
Lupina, Lupine	0,20	0,32	0,24	0,01	0,32	0,03
Zob, Oats	0,17	0,02	0,11	0,34	0,12	0,11

Tumač, Legend: p > 0,05; \* p < 0,05

Kako je iz izloženoga vidljivo, utvrđeni su uglavnom pozitivni korelacijski odnosi između istraživanih fizikalnih i kemijskih značajki tla, osim za gustoću pakiranja čestica i sadržaj vlage kod točke venuća. Prinosi zrna kukuruza i zobi bili su više ujednačeni, a prinosi sijena DTS-a i zrna lupine su varirali i najviše su ovisili o klimatskim uvjetima koji su u vrijeme vegetacije bili nepovoljni, s izrazitim sušnim razdobljima kakvih u ranijem tridesetogodišnjem razdoblju nije bilo. Uzgojem usjeva u plodoredu i primjenom kombinirane organske i mineralne gnojidbe s kalcifikacijom, uz povoljan utjecaj na prinose, može se umanjiti nepovoljan utjecaj suše (Špoljar, 2008).

## ZAKLJUČCI

Temeljem izloženoga može se zaključiti:

- Utvrđeni su pozitivni korelacijski odnosi između prinosa uzgajanih usjeva i kapaciteta tla za vodu, sadržaja fiziološki aktivne i optimalne vlage u tlu te kapaciteta tla za zrak (kod uzgoja lupine za sadržaj optimalne vlage  $r = 0,60$ ,  $p < 0,05$ ; za kapacitet tla za zrak  $r = 0,68$ ,  $p < 0,05$ ). Između prinosa uzgajanih usjeva i gustoće pakiranja čestica korelacijski odnosi bili su negativni (kod uzgoja lupine u površinskom horizontu  $r = - 0,64$ ,  $p < 0,05$ ; u potpovršinskom horizontu  $r = - 0,59$ ,  $p < 0,05$ ). Isto tako su između prinosa i

sadržaja vlage kod točke venuća korelacijski odnosi bili negativni (kod uzgoja lupine  $r = 0,60$ ,  $p < 0,05$ ).

- Utvrđeni su pozitivni korelacijski odnosi između prinosa uzgajanih usjeva i istraživanih kemijskih značajki tla, ali su bili signifikantni samo za reakciju tla mjerenu u 1MKCl-u (kod uzgoja DTS-a  $r = 0,82$ ,  $p < 0,05$ ; kod uzgoja kukuruza  $r = 0,70$ ,  $p < 0,05$ ).
- Prinosi zrna kukuruza i zobi bili su u razdoblju istraživanja ujednačeniji, dok su prinosi sijena DTS-a i zrna lupine varirali i ovisili su poglavito o klimatskim prilikama koje su u tijeku istraživanja bile nepovoljne, s izrazitim sušnim razdobljima u vrijeme vegetacije.

## LITERATURA

- Abbate, P.E., Dardanelli, J.L., Cantarero, M.G., Maturano, M., Melchiori, R.J.M., Suero, E.E. (2003): Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. *Soil Science*, Vol. 44(2): 474-483.
- Bajpai, R.K., Upadhyay, S.K., Joshi, B.S., Tripathi R.S. (2002): Productivity and economics of rice (*Oriza sativa*) - wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under integrated nutrient supply systems. *Indian Journal of Agronomy*, Vol. 47(1): 20-25.
- Belay, A., Claassens, A.S., Wehner, F.C. (2002): Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation. *Biology and Fertility of Soils*, V. 35 (6): 420-427, Berlin.
- Chettri, G.B., Ghimiray, M., Floyd, C.N. (2003): Effects of farmyard fertilizers and green manuring in rice-wheat systems in Bhutan: Results from a long-term experiment. *Experimental Agriculture*, Vol. 39(2): 129-144.
- FAO (2006): Guidelines for Soil Profile Description. Rome, Italy.
- Green, J.S., Maxwell, E. (2007): Climatic impact on winter wheat in Oklahoma and potential applications to climatic and crop yield prediction. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 52(2): 117-126.
- Hati, K.M., Mandal, K.G., Misra, A.K., Ghosh, P.K., Bandyopadhyay, K.K. (2006): Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water use efficiency of soybean in Vertisols of central India. *Bioresource Technology*, Vol. 97(16): 2182-2188.

- Kisić, I., Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A. (2001): Utjecaj mineralne i organske gnojidbe te kalcifikacije na prinos zrna kukuruza i pšenice. *Fertilization in the Third Millennium-Fertilizer, Food Security and Environmental Protection*, Peking, p. 523-530.
- Kisić, I., Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A. (2002): Učinkovitost kalcifikacije i gnojidbe na kemijske značajke tla i prinos zrna kukuruza i ozime pšenice. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, Vol. 67, (1), p. 25-33, Zagreb.
- Kravchenko, A.N., Bullock, D.G. (2000): Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agronomy Journal*, Vol. 92 (1): 75-83.
- Kvaternjak Ivka., Kisić, I., Birkas Marta., Sajko, K., Šimunić, I. (2008): Soil tillage as influenced by climate change. In: VII Alps Adria-Adria Scientific Workshop, 36, Stara Lesna, Slovakia.
- Magrin, G.O., Travasso, M.I., Rodriguez, G.R. (2005): Changes in climate and crop production during the 20<sup>th</sup> century in Argentina. *Climatic change*, Vol. 72 (1-2): 229-249.
- Mesić, M. (2001): Correction of Excessive Soil Acidity with Different Liming Materials. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol. 66 (2): 75-93.
- Noorbakhsh, S., Schoenau, J.B., Zeleke, T., Olan, P. (2008): Soil Properties, Yield, and Landscape, Relationships in South - Central Saskatchewan Canada, *Journal of plant nutrition*, Vol. 31 (1-3): 539-556.
- Parent, A.C., Belanger, M.C., Parent, L.E., Santerre, R., Viau, A.A., Anctil, F., Bolinder, M.A., Tremblay, C. (2008): Soil properties and landscape factors affecting maize yield under wet spring conditions in eastern Canada. *Biosystems engineering*. Vol. 99 (1): 134-144.
- Pathak, H., Wassmann, R. (2009): Quantitative evaluation of climatic variability and risks for wheat yield in India. *Climatic Change*, Vol. 93(1-2): 157-175.
- SSEW (1976): *Soil Survey field Handbook*, Tech., Monograph No5., Edited by J.M. Hodgson, Harpenden.
- Sharrat, B. S., Knight, C.W., Wooding, F. (2003): Climatic impact on small grain production in Subarctic region of the United States. *Arctic*, Vol. 56 (3): 219-226.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije*. Akademija nauka i umjetnosti B i H. Odjeljenje prirodnih i matematičkih nauka. Knjiga 13, Sarajevo.
- Špoljar, A. (2008): *Utjecaj gnojidbe na fizikalno-kemijske značajke tla*. Disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 148 str., Zagreb.

Tiwari, R.C., Sharma, P.K., Khandelwal, S.K. (2004): Effect of green-manuring through *Sesbania xannabina* and *Sesbania rostrata* and nitrogen application through urea to maize (*Zea mays*) in maize-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. *Indian Journal of Agronomy*, Vol. 49(1):15-17.

Todisco, V., F., Vergni, I. (2008): Climatic changes in Central Italy and their potential effects on corn water consumption. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 148 (1): 1-11.

\*\*\* Grupa autora (2006): Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske. Agencija za zaštitu okoliša i Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 283 str., Zagreb.

\*\*\* Statistički program Statistica 7.1. (StafSoft, Inc. 2006.)

Adrese autora - Author's adress:

Prof. dr. sc. Andrija Špoljar

Ivka Kvaternjak, dipl. ing.

Mr. sc. Dejan Marenčić

Drago Žibrin, dipl. ing.

Visoko gospodarsko učilište u Križevcima

M. Demerca 1

email: [aspoljar@vguk.hr](mailto:aspoljar@vguk.hr)

Primljeno – Received:

09.06.2009.

Prof. dr. sc. Ivica Kisić

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Svetošimunska 25

email: [ikisic@agr.hr](mailto:ikisic@agr.hr)

