

REŽIM VLAŽNOSTI LESIVIRANOGA TLA NA PODRUČJU ISTOČNE HRVATSKE

D. Rastija⁽¹⁾, *Z. Lončarić*⁽¹⁾, *Mirta Rastija*⁽¹⁾, *Božica Japundžić-Palenkić*⁽²⁾, *Z. Semialjac*⁽¹⁾

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

SAŽETAK

*Cilj je istraživanja bio utvrditi manjak vode u tlu tijekom vegetacijskoga razdoblja kukuruza i pšenice na osnovi poljskih mjerenja i proračuna bilance oborinske vode u tlu do dubine 60 cm. Manjak vode u tlu u prvoj godini istraživanja (2003.) bio je izražen tijekom cijele vegetacije kukuruza (Zelčin 336,1 mm, Donji Miholjac 325,7 mm), a najveći je manjak evidentiran u srpnju i kolovožu, što se negativno odrazilo na prosječni prinos od 5,52 t ha⁻¹. Druga godina istraživanja (2004.) bila je znatno povoljnija te je manjak vode u tlu tijekom vegetacije pšenice zabilježen samo u svibnju na oba lokaliteta (Zelčin 40,5 mm, Donji Miholjac 32,6 mm), što nije bitnije utjecalo na prinos zrna pšenice (5,08 t ha⁻¹). Izrazito niske vrijednosti trenutačne fiziološki aktivne vlage tla (FAv) zabilježene su tijekom ljeta 2003. godine, a najniže vrijednosti (Zelčin 8% FAv-a, Donji Miholjac 7% FAv-a) izmjerene su u trećoj dekadi rujna, dok su više vrijednosti utvrđene 2004. godine, uz minimume 38% FAv-a u Zelčinu i 33% 8% FAv-a u Donjem Miholjcu. Statistički značajno više vrijednosti trenutačne vlage tla ($P < 1\%$) utvrđene su u dubljim slojevima tla na oba lokaliteta. Utvrđene su i statistički vrlo značajne korelacije ($r = 0,93^{**}$, $r = 0,91^{**}$) između mjerenja i proračunatih vrijednosti FAv-a na oba lokaliteta.*

Ključne riječi: trenutačna vlaga tla, bilanca oborinske vode u tlu, kukuruz, pšenica

UVOD

Biljna proizvodnja u velikoj mjeri ovisi o vodnome režimu tla, koji predstavlja sveukupne pojave premještanja vode u tlu, promjene zaliha vode po dubini profila i razmjenu vode između tla i drugih prirodnih tijela (Rode, 1969.). Jedna od komponenti vodnoga režima tla je i režim vlažnosti, koji predstavlja periodične promjene vlažnosti tla po dubini profila. Određivanje komponenti vodnoga režima tla izravnim mjerenjima prilično je zahtjevno, stoga se sve više upotrebljavaju empirijske metode. Jedna od njih je i Palmerova metoda (Palmer, 1965.), koja je korigirana i kalibrirana za područje istočne Slavonije (Vidaček, 1981.). Bilanca vode u tlu daje potpuniju sliku manjka, odnosno viška vode u pojedinim fazama rasta i razvoja ratarskih usjeva, jer, osim oborina i temperatura, uzima u obzir potrošnju vode evapotranspiracijom i zalihe vode u tlu iz prijašnjega razdoblja. U agroekološkim uvjetima istočne Hrvatske najveća je potrošnja vode tijekom ljetnih mjeseci. Najkritičnije razdoblje za kukuruz, prema istraživanjima Robinsa i Dominga (1953.) te Yanga i sur. (1993.), je od faze metličanja do formiranja zrna. Na istraživanome području te faze kod kukuruza protječu tijekom srpnja i kolovoza. U istim uvjetima pšenica je manje osjetljiva, jer kroz kritične faze prolazi nešto ranije.

Stoga je i cilj istraživanja bio utvrditi manjak vode u tlu u vegetacijskome razdoblju na osnovi poljskih mjerenja i proračuna bilance oborinske vode u tlu do dubine 60 cm pri uzgoju kukuruza i pšenice te razmotriti pouzdanost korištenja empirijskih metoda kao zamjenu za izravna mjerenja.

MATERIJAL I METODE

(1) Dr.sc. Domagoj Rastija, prof.dr.sc. Zdenko Lončarić, dr.sc. Mirta Rastija i Zoran Semialjac - Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Trg Sv. Trojstva 3, 31000 Osijek (e-mail: drastija@pfos.hr); (2) Božica Japundžić-Palenkić - Veleučilište u Slavanskom Brodu, Mile Budaka 1, 35000 Slavonski Brod

Istraživanja su provedena u 2003. i 2004. godini na lokalitetima Zelčin i Donji Miholjac na području istočne Slavonije. Na oba lokaliteta otvoreni su pedološki profili prije postavljanja pokusa te su određene endomorfološke značajke tla (Škorić, 1982.): sklop profila, boja tla prema *Munsell soil color charts*, struktura tla, tekstura tla i pedodinamske novotvorevine.

Iz horizonata su uzeti uzorci za određivanje pedofizikalnih i hidropedoloških značajki u narušenome i nenarušenome stanju u cilindre Kopecki te kemijskih značajki tla u narušenome stanju. U uzorcima tla iz pedoloških profila određene su osnovne pedofizikalne, pedokemijske i hidropedološke značajke (JDPZ, 1971.): mehanički sastav i teksturna oznaka tla, retencijski kapacitet tla za vodu, kapacitet tla za zrak, poroznost, volumna gustoća i gustoća čvrste faze tla, nepristupačna voda retencijom vlage kod 15 bara, fiziološki aktivna voda. Za određivanje fiziološki aktivne vlage u tlu obavljeno je dekadno uzimanje uzoraka sa svakih 10 cm sondom do dubine od 60 cm u narušenome stanju i nenarušenome stanju u cilindre Kopecki.

Dekadne vrijednosti referentne evapotranspiracije, kao ulaznoga parametra u proračun bilance oborinske vode, izračunate su prema metodi Penman-Monteith korištenjem kompjutorskoga programa "Cropwat ver. 5.7" (Smith, 1992.). Za potrebe određivanja evapotranspiracije kulture određen je koeficijent usjeva k_c prema Doorenbos and Pruitt, (1977.). Hidrometeorološki podaci korišteni u istraživanjima službeni su podaci Državnoga hidrometeorološkoga zavoda s najbližih mjernih postaja (Valpovo i Donji Miholjac). Proračun dekadnih vrijednosti komponenti bilance oborinske vode obavljen je prema modificiranoj Palmerovoj metodi (Vidaček, 1981.), korištenjem programa "Hidrokalik" (Tanić i Vidaček, 1989.).

Statistička obrada podataka obavljena je programom za korelacijske i regresijske analize (Vukadinović, 1985.) te analiza varijance pomoću PC aplikacija Microsoft Excel i Statistika. Značajnost razlika između izmjerenih vrijednosti trenutačne vlage tla određena je pomoću Wilcoxonovog t-testa (Snedecor i Cochran, 1967.).

REZULTATI I RASPRAVA

Na lokalitetu Zelčin determinirani tip tla je lesivirano pseudoglejno tlo, a na lokalitetu Donji Miholjac lesivirano erodirano tlo. Kapacitet tla za vodu osrednji je u većini horizonata na oba lokaliteta, osim u matičnome supstratu lesiviranoga erodiranoga tla, gdje je malen. Ukupni sadržaj pora najveći je u Pg horizontu lesiviranoga pseudoglejnoga tla (46,35%) i lesiviranoga erodiranoga tla (45,29%). Ostali horizonti malo su porozni, uz nešto niže vrijednosti na lesiviranome erodiranome tlu. Volumna gustoća kretala se od $1,41 \text{ g cm}^{-3}$ odnosno $1,42 \text{ g cm}^{-3}$ u oraničnim horizontima do $1,67 \text{ g cm}^{-3}$ u BtC horizontu u Donjem Miholjcu, a gustoća čvrste faze tla od $2,53 \text{ g cm}^{-3}$ do $2,71 \text{ g cm}^{-3}$. Najveće zalihe fiziološki aktivne vode u tlu na lokalitetu Zelčin mogu se akumulirati u oraničnome horizontu (27,78%), a najmanje u Bt horizontu (18,25%). Ta je razlika posljedica visoke vrijednosti nepristupačne vode (19,42%) u iluvijalnome argiluvičnome horizontu. U Donjem Miholjcu najviša je vrijednost FAv-a (24,55%) u oraničnome horizontu, dok je najniža vrijednost u matičnome supstratu, zbog niske vrijednosti retencijskoga kapaciteta za vodu toga horizonta (Tablica 1.)

Tablica 1. Fizikalna svojstva tla

Table 1. Soil physical properties

Lokalitet (Locality)	Horizont (Horizon)	Dubina (Depth) cm	% vol.					ρ_v g cm ⁻³	Glina (Clay) %	Tekstura (Texture)
			Kv	Nv	FAv	Kz	P			
Zelčin	Pg	0-30	37,17	9,39	27,78	9,18	46,35	1,41	12,8	PrI
	Btg	30-75	37,67	19,42	18,25	3,69	41,36	1,54	28,7	PrGI
	BtgC	75-110	37,71	16,58	21,13	4,67	42,38	1,56	21,1	PrI
	C	110-	35,56	9,24	26,32	4,65	40,21	1,55	9,5	PrI
Donji Miholjac	P	0-39	34,13	9,59	24,55	11,16	45,29	1,42	15,0	PrI
	Bt	39-86	35,49	18,83	16,66	2,87	38,36	1,56	25,2	PrI

	BtC	86-110	35,01	17,65	17,36	0,84	35,85	1,67	23,3	PrI
	C	110-	21,20	4,82	16,38	17,25	38,45	1,63	4,4	IP

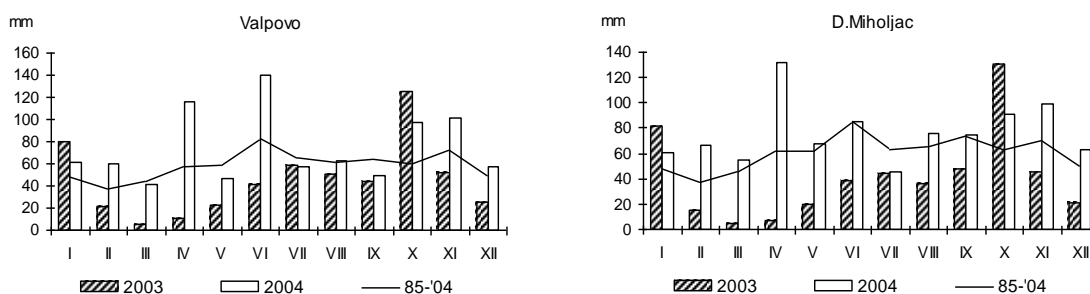
* Kv-retencijski kapacitet tla za vodu; Nv- nepristupačna voda u tlu; FAv- fiziološki aktivna vlaga; Kz –kapacitet tla za zrak; P-poroznost; ρ_v – volumna gustoća tla; PrI – praškasta ilovača; PrGI-praškasto glinasta ilovača; IP – ilovasti pijesak

* *Kv-field capacity; Nv-wilting point; FAv-available water capacity; Kz-air capacity; P-porosity; ρ_v -bulk density; PrI-silty loam; PrGI- silty clay loam; IP-loamy sand*

Hidrometeorološki podaci

Oborine su jedan od najznačajnijih pokazatelja klimatskih prilika i glavni ulazni podatak u proračunu bilance oborinske vode. Na osnovi dvadesetogodišnjega prosjeka za razdoblje od 1985.-2004., godišnja suma oborina za postaju Valpovo je 700 mm, a za postaju Donji Miholjac 733 mm. Godina 2003. bila je ispodprosječna po količini oborina (Valpovo 536 mm, Donji Miholjac 491 mm), na što ukazuje izrazito sušno razdoblje od III. do IX. mjeseca sa svega 232 mm oborina u Valpovu, odnosno 198 mm u Donjem Miholjcu. U 2004. godini ukupna količina oborina u Valpovu je bila 891 mm, a u Donjem Miholjcu 916 mm, što je za oko 200 mm više od višegodišnjih prosjeka (Grafikon 1.).

Srednje mjesečne temperature zraka u 2003. godini bile su veće od višegodišnjega prosjeka. Najviše srednje temperature zraka zabilježene su u lipnju i kolovozu na obje postaje. U Valpovu je ona u lipnju bila 23,9 °C, što je za čak 4,2 °C više od dvadesetogodišnjega prosjeka, dok je u Donjem Miholjcu zabilježeno 24,0 °C, odnosno 3,8 °C više od prosjeka za lipanj. U 2004. godini srednje mjesečne temperature bile su na razini višegodišnjega prosjeka.



Grafikon 1. Mjesečne količine oborina (mm) na lokacijama Valpovo i Donji Miholjac
Graph 1. Monthly precipitation amount (mm) on locations Valpovo and Donji Miholjac

Režim vlažnosti

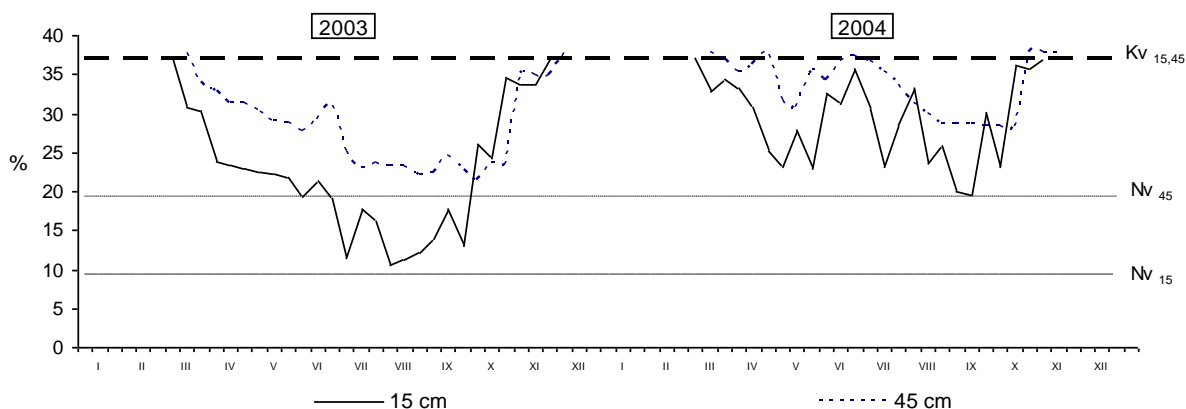
Više vrijednosti trenutačne vlage tla na svim dubinama izmjerene su 2004. godine, a veća variranja zabilježena su u plićim slojevima, gdje su i vidljive nagle promjene trenutačne vlage tla, posebno tijekom ljeta 2004. godine na oba lokaliteta (Grafikoni 2. i 3.).

Tijekom ljeta 2003. godine sadržaj vode na lesiviranome pseudoglejnome tlu u Zelčinu bio je na granici nepristupačne vlage, dok je 2004. godine tijekom proljeća bio iznad gornje granice biljci pristupačne vode u tlu. U 2003. godini najniža vrijednost trenutačne vlage tla utvrđena je na dubini od 15 cm u drugoj dekadi kolovoza, dok je najviša vrijednost izmjerena na dubini od 45 cm u trećoj dekadi studenoga. Na istom lokalitetu 2004. godine najniža vrijednost trenutačne vlage tla utvrđena je na dubini od 15 cm u trećoj dekadi rujna, a najviša u trećoj dekadi veljače, na dubini od 15 cm (Grafikon 2.).

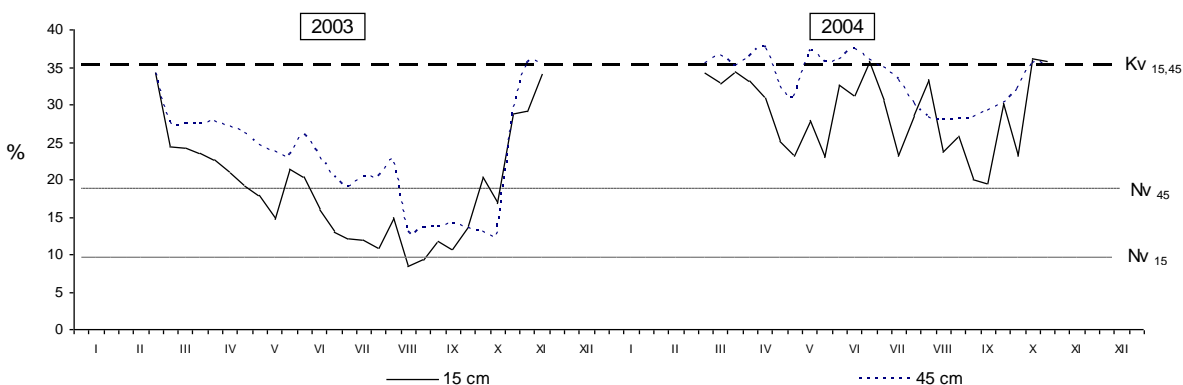
Sadržaj vode u Donjem Miholjcu u ljeto 2003. u pojedinim slojevima bio je ispod granice pristupačne vode, dok je u 2004. bio značajno viši. U 2003. godini najniža vrijednost trenutačne vlage tla utvrđena je na dubini 15 cm u drugoj dekadi kolovoza, dok je najviša vrijednost izmjerena na dubini 45 cm u trećoj dekadi studenoga. Najniža vrijednost trenutačne vlage tla u 2004. godini izmjerena je na dubini 15 cm u drugoj dekadi rujna, a najviša u prvoj dekadi travnja na istoj dubini (Grafikon 3.).

Statistički značajno veće vrijednosti ukupne trenutačne vlage tla ($p < 0,05$) izmjerene su u dubljim slojevima na oba lokaliteta. Na većim dubinama manja je varijabilnost ukupne trenutačne vlage tla pa je i dinamika promjene vlage manja. Povećanje varijabilnosti ukupne trenutačne vlage tla očito je u

plićim slojevima, zbog bržega popunjavanja tla oborinskom vodom i bržom potrošnjom, prouzročenom evapotranspiracijom. Općenito, veće vrijednosti ukupne trenutane vlage tla u 2004. godini posljedica su veće količine i učestalosti oborina.



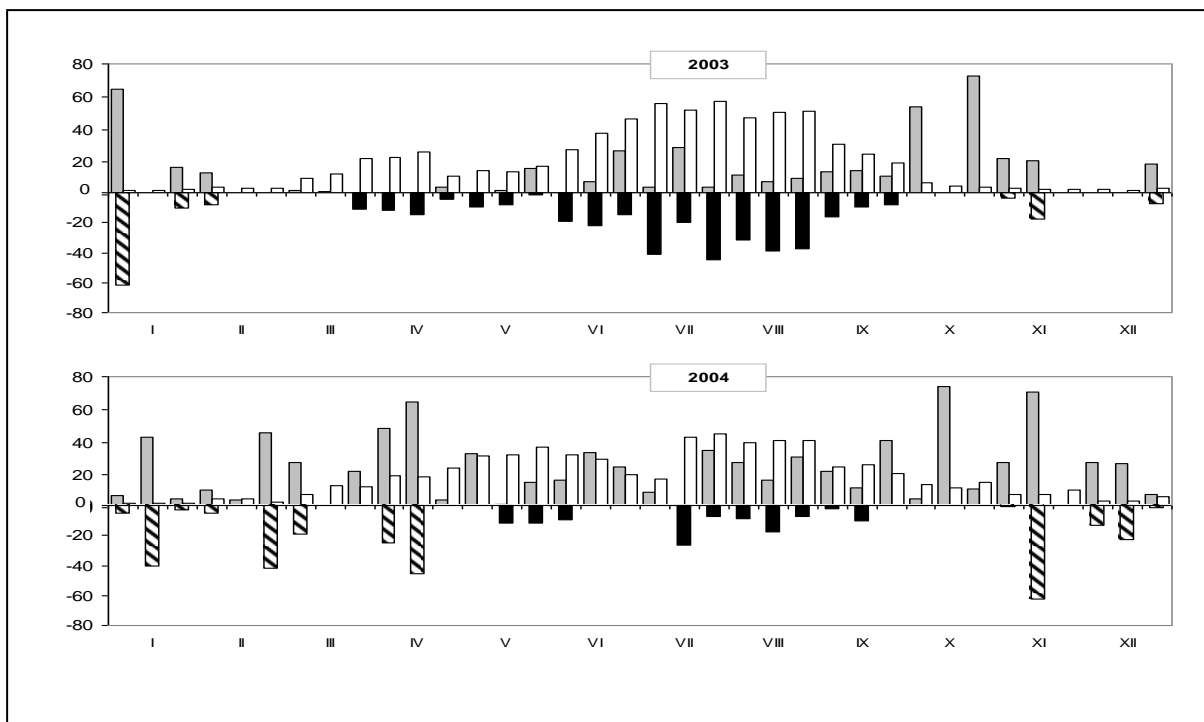
Grafikon 2. Dinamika trenutane vlage tla na lokalitetu Zelčin
Graph 2. Soil moisture dynamics on locality Zelčin



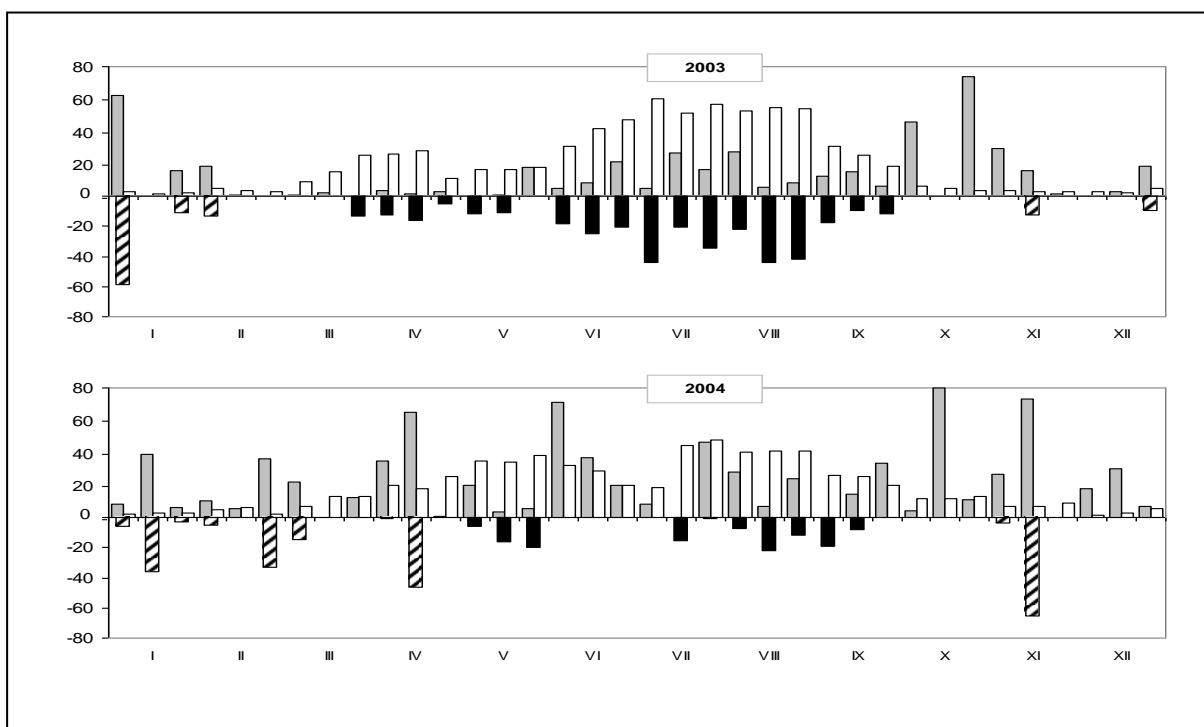
Grafikon 3. Dinamika trenutane vlage tla na lokalitetu Donji Miholjac
Graph 3. Soil moisture dynamics on locality Donji Miholjac

Bilanca oborinske vode u tlu

Kao posljedica visokih vrijednosti evapotranspiracije kulture (ET_k) i nižih vrijednosti aktualne evapotranspiracije (AE), manjak vode u tlu za vrijeme aktivne vegetacije bio je izraženiji u 2003. godini (Tablica 2.). Tijekom cijeloga vegetacijskoga razdoblja kukuruza na oba istraživana lokaliteta evidentiran je manjak vode u tlu (Zelčin 336 mm, Donji Miholjac 326 mm). Najveći manjak utvrđen je u fazi metličanja (Zelčin 44,0 mm, Donji Miholjac 40,9 mm) i formiranja zrna (Zelčin 56,7 mm, Donji Miholjac 76,3 mm), što je uvjetovalo i niži prosječni prinos zrna kukuruza, koji je iznosio 5,5 t ha⁻¹.



Grafikon 4. Komponente bilance oborinske vode u tlu u Zelčínu
 Graph 4. Components of soil water balance in Zelčín



Grafikon 5. Komponente bilance oborinske vode u tlu u Donjem Miholjcu
 Graph 5. Components of soil water balance in Donji Miholjac

Tablica 2. Manjak vode u tlu (ETk-AE) prema fazama razvoja kukuruza 2003. godine
 Table 2. Soil water deficit (ETk-AE) and maize growth stages in 2003 year

Dekada <i>Decade</i>	Faza razvoja <i>Growth stage</i>	Zelčin			Donji Miholjac		
		ETk	AE	ETk-AE	ETk	AE	ETk-AE
12	SJETVA - <i>SOWING</i>	12,3	6,8	5,4	11,2	7,0	4,2
13	NICANJE - <i>EMERGENCE</i>	17,2	5,7	11,5	14,7	5,1	9,6
14	2 LISTA - <i>2 LEAVES</i>	17,5	6,8	10,7	14,0	6,2	7,8
15	4-5 LISTOVA - <i>4-5 LEAVES</i>	18,9	18,7	0,2	17,6	16,3	1,2
16	6-8 LISTOVA - <i>6-8 LEAVES</i>	31,9	13,4	18,5	27,8	8,8	19,1
17	10-12 LISTOVA - <i>10-12 LEAVES</i>	42,3	17,6	24,7	38,0	15,9	22,0
18	14-16 LISTOVA - <i>14-16 LEAVES</i>	47,9	27,6	20,2	46,1	31,1	15,0
19	METLIČANJE - <i>TASSELING</i>	60,2	16,2	44,0	56,1	15,2	40,9
20	SVILANJE - <i>SILKING</i>	51,7	31,2	20,5	51,7	32,2	19,5
21	FORMIRANJE ZRNA - <i>GRAIN DEVELOPMENT</i>	56,9	22,4	34,5	56,9	11,8	45,0
22	VODENASTO STANJE ZRNA - <i>BLISTER STAGE</i>	52,8	30,6	22,2	47,3	16,0	31,3
23	MLIJEČNA ZRIOBA - <i>MILK STAGE</i>	55,0	11,3	43,7	50,6	11,7	38,9
24	MLIJEČNO-VOŠTANA ZRIOBA - <i>DOUGH STAGE</i>	54,5	12,9	41,5	50,8	13,1	37,7
25	VOŠTANA ZRIOBA - <i>DENT STAGE</i>	31,9	14,4	17,5	30,9	15,1	15,8
26	FIZIOLOŠKA ZRIOBA - <i>PHYSIOLOGICAL MATURITY</i>	26,1	16,7	9,4	25,2	15,5	9,7
27	GOSPODARSKA ZRIOBA - <i>HARVEST MATURITY</i>	19,8	8,3	11,4	19,8	11,7	8,1
Ukupno - <i>Sum</i>		602,8	260,6	336,1	558,6	232,9	325,7

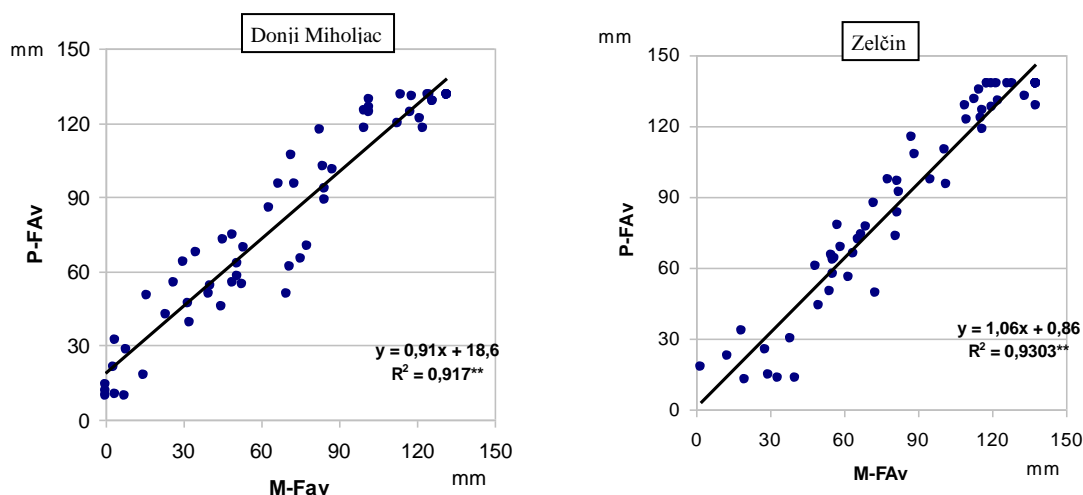
Potrebe pšenice za vodom značajno su manje u odnosu na kukuruz. Pored toga, u agroekološkim uvjetima istočne Slavonije deficit vode u tlu najizraženiji je u srpnju i kolovozu, nakon žetve pšenice. Međutim, u ekstremno sušnim godinama također može doći do značajnoga smanjenja prinosa. Pšenica je najosjetljivija na vodni stres od sredine vlatanja do faze formiranja zrna što potvrđuju i istraživanja mnogih autora (Schneider et al., 1969., Musick and Dusek, 1980., Singh, 1981., Hooker et al., 1983.). Tijekom aktivnoga vegetacijskoga razdoblja pšenice nije bilo izraženijega deficita vode u tlu (Tablica 3.), osim manjega nedostatka u vlatanju i klasanju (Zelčin 40,5 mm, Donji Miholjac 32,6 mm), što nije bitno utjecalo na prosječni prinos od 5,08 t ha⁻¹.

Tablica 3. Manjak vode u tlu (ETk-AE) prema fazama razvoja pšenice 2004. godine
 Table 3. Soil water deficit (ETk-AE) and winter wheat growth stages in 2004 year

Dekada <i>Decade</i>	Faza razvoja <i>Growth stage</i>	Zelčin			Donji Miholjac		
		ETk	AE	ETk-AE	ETk	AE	ETk-AE
7	BUSANJE - <i>TILLERING</i>	8,3	8,3	0	8,3	8,3	0
8	BUSANJE - <i>TILLERING</i>	14,5	14,5	0	13,5	13,5	0
9	BUSANJE - <i>TILLERING</i>	14,0	14,0	0	12,9	12,9	0
10	BUSANJE - <i>TILLERING</i>	20,6	20,6	0	19,6	19,6	0
11	KRAJ BUSANJA - <i>END OF TILLERING</i>	18,9	18,9	0	18,9	18,9	0
12	VLATANJE - <i>STEM ELONGATION</i>	26,3	26,3	0	24,2	24,2	0
13	VLATANJE - <i>STEM ELONGATION</i>	35,7	29,7	6,0	31,5	31,5	0
14	VLATANJE - <i>STEM ELONGATION</i>	34,7	18,8	15,9	32,6	20,8	11,7

15	KLASANJE – <i>HEADING</i>	39,3	19,7	19,6	37,0	25,4	11,6
16	FORMIRANJE ZRNA – <i>GRAIN DEVELOPMENT</i>	33,3	33,3	0	32,3	23,0	9,3
17	MLIJEČNA ZRIOBA – <i>MILK STAGE</i>	29,7	29,7	0	29,7	29,7	0
18	MLIJEČNA ZRIOBA – <i>MILK STAGE</i>	20,6	20,6	0	20,1	20,1	0
19	VOŠTANA ZRIOBA – <i>RIPENING</i>	19,2	19,2	0	17,6	17,6	0
Ukupno – <i>Sum</i>		315,1	273,6	40,5	298,2	265,5	32,6

Usporedbom vrijednosti fiziološki aktivne vode u tlu, dobivenih mjerenjem trenutačne vlage tla i proračunom prema modificiranoj Palmerovoj metodi, dobivena je potpuna korelacija prema Roemer-Orphalovoj podjeli (Grafikon 6.). Utvrđene su statistički vrlo značajne korelacije ($r=0,93^{**}$) za lesivirano pseudoglejno tlo u Zelčinu i, uz nešto manje izmjerene vrijednosti u odnosu na proračun, na lesiviranom erodiranom tlu u Donjem Miholjcu ($r=0,91^{**}$). Potpuna visokosignifikantna korelacija između izmjerenih (FAv_m) i proračunatih vrijednosti (FAv_p) fiziološki aktivne vode u lesiviranome tlu za vrijeme vegetacijskoga razdoblja može se protumačiti učestalijim mjerenjem na više dubina, što se podudara s rezultatima sličnih istraživanja (Vidaček, 1981., Sraka, 1996., Rastija, 2002.)



Grafikon 6. Korelacije mjerenih dekadnih vrijednosti zalihe fiziološki aktivne vode M-FAv i proračuna P-FAv
Graph 6. Correlation between measured and calculated values of soil available water (SAW)

ZAKLJUČAK

Izrazito niske vrijednosti trenutačne vlage tla zabilježene su tijekom ljeta 2003. godine, a najniže vrijednosti (Zelčin 8% FAv-a, Donji Miholjac 7% FAv-a) izmjerene su u trećoj dekadi rujna. Više vrijednosti trenutačne fiziološki aktivne vlage tla izmjerene su 2004., uz najniže vrijednosti (Zelčin 38% FAv-a, Donji Miholjac 33% FAv-a) u drugoj dekadi rujna.

Manjak vode u tlu u prvoj godini istraživanja bio je izražen tijekom cijele vegetacije kukuruza (Zelčin 336,1 mm, Donji Miholjac 325,7 mm), a najveći je manjak evidentiran u srpnju i kolovozu. Druga godina istraživanja bila je znatno povoljnija te je manjak vode u tlu tijekom vegetacije pšenice zabilježen samo u svibnju na oba lokaliteta (Zelčin 40,5 mm, Donji Miholjac 32,6 mm).

Utvrđene su statistički vrlo značajne korelacije ($r=0,93^{**}$) između mjerenih i proračunatih vrijednosti Fav-a za lesivirano pseudoglejno tlo u Zelčinu i, uz nešto manje izmjerene vrijednosti u odnosu na proračun, na lesiviranom erodiranom tlu u Donjem Miholjcu ($r=0,91^{**}$).

Potpuna visokosignifikantna korelacija između izmjerenih (FAv_m) i proračunatih vrijednosti (FAv_p) fiziološki aktivne vode u lesiviranome tlu za vrijeme vegetacijskoga razdoblja ukazuje na mogućnost korištenja proračuna bilance oborinske vode u tlu i njezinih komponenti u kvalitetnijoj i potpunijoj

interpretaciji utjecaja stresnih uvjeta na rast i razvoj ratarskih usjeva, nastalih zbog nepovoljnih vremenskih prilika.

LITERATURA

1. Doorenbos J. and Pruitt W.O. (1977.): Crop water requirements. FAO. Irrigation and drainage paper, No. 24, Rome.
2. Hooker, M.L., Mohiuddin, S.H. and Kanemasu, E.T. (1983.): The effect of irrigation timing on yield and yield components of winter wheat. Can. J. Plant Sci. 63: 815-823.
3. JDPZ (1971.): Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga V, Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, JDPZ, Beograd.
4. Musick, J.T. and Dusek, D.A. (1980.): Planting date and water deficit effects on development and nutrient composition in wheat. Agronomy Journal.72: 45-52.
5. Palmer, W. C. (1965.): Meteorological Drought US Weather Bureau Technical Paper No.45, Washington D.C., 58 pp
6. Rastija, D. (2002.): Vodni režim i pedomehanička svojstva hidromelioriranog hipogleja na slivnom području Vuke. Magistarski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
7. Robins, J.S. and Domingo, C.E. (1953.): Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agronomy Journal 12. 618-621.
8. Rode, A.A., Smirnov, V.N. (1972): Počvovedenje, Vissaja Škola, Moskva p 480.
9. Schneider A.D., Musick, J.T. and Dusek D.A (1969.): Efficient wheat irrigation with limited water. Trans.Am.Soc.Agric.Eng. 12:23-26.
10. Singh, S.D. (1981.): Moisture sensitive growth stages of dwarf wheat and optimal sequencing of evapotranspiration deficits. Agronomy Journal.73:387-391.
11. Smith, M. (1992.): CROPWAT- A computer program for irrigation planning and management, FAO, Irrigation and drainage paper, No. 46, Rome.
12. Snedecor, G. W. and Cochran W.G. (1967.): Statistical methods. The Iowa State University Press. Ames, Iowa.
13. Sraka, M. (1996.): Lizimetrijsko mjerenje i metode proračuna bilance vode u tlu. Magistarski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
14. Škorić, A. (1982.): Praktikum iz pedologije, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
15. Tanić, S. i Vidaček, Ž. (1989.): Hidrokalk – kompjutorski programski paket za proračun bilance oborinske vode u tlu. Institut za agroekologiju. Zagreb
16. Vidaček, Ž.(1981.): Procjena proizvodnog prostora i prikladnosti tla za natapanje u istočnoj Slavoniji i Baranji, Disertacija, Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
17. Vukadinović, V. (1985.): Primjena mikroracunara u regresijskoj analizi. Znanost i praksa u poljoprivredi i prehrambenoj tehnologiji 16.
18. Yang, C.M., Fan, M.J. and Hsiang, W.M. (1993.): Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to soil water deficits. II. Effects of water deficit timing and strength. Jour. Agric. Res. China 42(2): 173-186.

SOIL MOISTURE REGIME ON LUVISOL IN THE EAST CROATIA

SUMMARY

The aim of the research was to determine water deficit in the soil (to 60 cm depth) on the basis of field measurements as well as calculation of soil water balance during the vegetation season of maize and winter wheat. In the first year of research (2003) water deficit was emphasized during the whole vegetation season of maize (Zelčin 336 mm, Donji Miholjac 326 mm), but the most marked water shortage was evident in the July and August, having negative effect on maize grain yield (5.52 t ha^{-1}). The second year of research (2004) was more favourable, and water deficit which on the both sites occurred only in the May (Zelčin 40,5 mm, Donji Miholjac 32,6 mm), did not affect wheat grain yield (5.07 t ha^{-1}). Particularly low values of available water content (AWC) were observed during the summer of 2003, and the lowest values (8% for Zelčin, and 7% for Donji Miholjac) were recorded in the third decade of September. In the 2004 much higher values of AWC

were achieved (40.5% for Zelčin, and 32.6% for Donji Miholjac). In the deeper soil layers significantly higher ($P<1\%$) values of soil moisture were determined. The correlations between measured and calculated values of AWC were also very significant on both sites ($r = 0.93^{**}$, $r = 0.91^{**}$).

Key-words: available water content, soil water balance, maize, winter wheat

(Primljeno 4. studenog 2008.; prihvaćeno 20. studenog 2008. - Received on 4 November 2008; accepted on 20 November 2008)