

Monika Marković¹, Marija Spišić¹, Marko Josipović²,
Aleksandra Sudarić², Maja Matoša Kočar², Željko Barač¹,
Božica Japundžić Palenkić³, Aleksandar Stanisavljević¹,
Dejan Bošnjak¹, Antonija Kojić¹

Osnovni elementi navodnjavanja soje (*Glycine max.* (L.) Merr.) ovisno o klimatskim uvjetima i rokovima sjetve

Sažetak

Soja (*Glycine max.* (L.) Merr.) je jedna od najznačajnijih uljarica koja je našla široku primjenu u ishrani ljudi, proizvodnji hrane za stoku te obogaćivanju tla dušikom. Obzirom na sve učestaliju pojavu klimatskih ekstrema, izostanak oborina ili nepravilan raspored oborina tijekom razdoblja vegetacije te nadprosječno visoke temperature zraka, zabilježeno je sniženje prinosa soje uslijed jednog od najvažnijih abiotičkih stresova, odnosno suše. Cilj rada je analizirati potrebu za navodnjavanjem soje na području Orahovice u klimatski prosječnim i sušnim godinama ovisno o rokovima sjetve te odrediti osnovne elemente navodnjavanja soje (obrok, normu i hidromodul). U klimatski prosječnim godinama javlja se negativna vodna bilanca od 160,8 mm, a u sušnim godinama negativna vodna bilanca iznosi 291,7 mm. U postrnoj sjetvi negativna vodna bilanca u klimatski prosječnim godinama je 152,1 mm, a u sušnim godinama 277,2 mm. Obrok navodnjavanja za soju je 40 mm. Neto hidromodul navodnjavanja u klimatski prosječnoj godini je 0,39 l s ha⁻¹, a bruto hidromodul ovisno o broju radnih sati je u rasponu od H20 = 0,67 l s ha⁻¹ do H8 = 1,71 l s ha⁻¹. U sušnim godinama neto hidromodul je 0,47 l s ha⁻¹, a bruto hidromodul ovisno o broju radnih sati je u rasponu od H20 = 0,80 l s ha⁻¹ do H8 = 2,02 l s ha⁻¹.

Ključne riječi: elementi navodnjavanja, soja, klimatske prilike, rokovi sjetve

Uvod

Soja (*Glycine max.* (L.) Merr.) je najzastupljenija leguminoza te značajan izvor bjelančevina i ulja u prehrani ljudi te proizvodnji stočne hrane (Foyer i sur., 2016.). Najveći značaj uzgoja soje, osim zrna, je proizvodnja sačme te obogaćivanje tla pristupačnim dušikom (Schermer i sur., 2018.). Prema posljednjem izvješću Ministarstva poljoprivrede (2021.), u razdoblju od 2015. do 2020. godine soja je bila zasijana na 81 070 ha od čega u kontinentalnoj Hrvatskoj na 79 681 ha. Tijekom spomenutog razdoblja, soja je jedan od najvažnijih izvoznih poljoprivredno-prehrambenih proizvoda, te čini 50,6 % ukupne proizvodnje uljarica. Prema Državnom zavodu za statistiku (DZS) za razdoblje od 2010. do 2020. godine, prinos soje u proteklom desetljeću bio je u rasponu od 1,8 t ha⁻¹ (2012.) do 3,2 t ha⁻¹ (2018.), odnosno prosječan prinos bio je 2,68 t ha⁻¹ (Grafikon 1.).

¹ Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Hrvatska

² Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrade 17, 31 000 Osijek

³ Sveučilište u Slavskom Brodu, Biotehnički odjel, Trg Ivane Brlić Mažuranić 2, 35 000 Slavonski Brod

Autor za korespondenciju: maja.matos@poljinos.hr



Grafikon 1. Proizvodnja (ha) i prinos (t/ha) soje u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2010. do 2020. godine/ **Graph 1.** Production (ha) and yield (t/ha) of soybeans in the Republic of Croatia in the period from 2010 to 2020

Prinos soje znatno varira u odnosu na abiotički stres, prvenstveno sušu (Manavalan i sur., 2009., Shaheen i sur., 2016., Basal i Szabo, 2020.), nadprosječno visoke temperature zraka (Hatfield i sur., 2011., Wei i sur., 2018., Cotrim i sur., 2021.) te suvišak vode (Rhine i sur., 2010., Mae-kawa i sur., 2015.). U pogledu agrotehničkih mjera, prinos soje će ovisiti o navodnjavanju (Josipović i sur., 2011.a, Josipović i sur., 2018.), N gnojidbi (Josipović i sur., 2011.b), rokovima sjetve te gustoći sjetve (Hu i Wiatrak, 2012., Vonk, 2013.).

Obzirom na to da su sve učestalije pojave klimatskih ekstrema, nedostatka oborina kao i nepravilan raspored oborina tijekom razdoblja vegetacije te nadprosječno visoke temperature zraka uslijed čega rastu potrebe biljaka za vodom, preporuka struke je sijati adaptabilne genotipove soje, a nedostatak potrebne vode nadoknaditi navodnjavanjem. Pravilno provedeno navodnjavanje podrazumijeva detaljnu analizu klimatskih uvjeta na nekom području: učinkovite oborine (mm), potrebnu vodu za uzgajanu kulturu (ET_o , $mm\ dan^{-1}$), analizu vodne bilance, hidropedološke analize (vodne konstante, volumnu gustoću tla) koji su podloga za određivanje osnovnih elemenata navodnjavanja (obrok, norma, hidromodul, trenutak početka navodnjavanja). Učinkovite oborine čine udio u ukupnim oborinama koje padnu na nekom području umanjene za gubitke koje nastaju uslijed površinskog otjecanja, otjecanja u dublje horizonte tla, isparavanja u atmosferu te zadržavanja vode na biljnim organima (najčešće listovima). Dakle, učinkovite oborine predstavljaju udio u ukupnim oborinama koje su biljkama dostupne i iskoristive (Brouwer i Heibloem, 1986.). Kod analize vodne bilance, referentna evapotranspiracija (ET_o) predstavlja potrebnu vodu, odnosno onu količinu vode koja je utrošena na proces ET , a ovisit će o temperaturi zraka ($^{\circ}C$), relativnoj vlažnosti zraka (%), brzini vjetera ($m\ s^{-1}$) te satima sijanja sunca (h). U pravilu, ET_o će rasti porastom temperature zraka, brzine vjetera i sati sijanja sunca, dok će se smanjivati uslijed porasta vlažnosti zraka. Ukoliko oborine nisu dostatne kako bi nadoknadile količinu vode koja je utrošena na ET , tada se nedostatak vode nadoknađuje navodnjavanjem (Andales i Chávez., 2011.). Evapotranspiracija kulture (ET_c) se razlikuje od ET_o zbog uvođenja koeficijenta kulture (kc) koji je različit za svaku uzgajanu kulturu te stadij razvoja (početni, središnji, razvojni i kasni). Odnosno, kc čini razliku između uzgajane kulture te referentne travnate površine (Allen i sur., 1998.).

Kod određivanja elemenata navodnjavanja hidropedološke konstante su neophodan element vodne bilance pri čemu poljski vodni kapacitet (P_{kv}) predstavlja stanje idealne vlažnosti tla, pri čemu se voda drži malim silama za čestice tla (0 do 0,33 bara) i lako je dostupna, a nastaje nakon procjeđivanja suvišne vode kada su makropore tla popunjene zrakom, a mikropore vodom (Brouwer i sur., 1985.). Sadržaj vode u tlu se smanjuje uslijed procesa ET_o (odnosno ET_c) te dolazi do vrijednosti lentokapilarne vlažnosti (L_{kv}) pri čemu se usporava kretanje vode tlu.

Voda se drži jačim silama (6,25 bara) za čestice tla i biljkama je teže dostupna. Hanson i sur. (2000.) navode da je sadržaj vode kod Lkv, 50 % ukupno pristupačne vode kod većine tala i za većinu uzgajanih kultura. Važno je poznavati vrijednosti sadržaja vode kod Pkv i Lkv kako bi se pravilno odredio obrok navodnjavanja koji predstavlja razliku između Pkv i Lkv. Obrok navodnjavanja će ovisiti o volumnoj gustoći tla (pt), dubini vlaženja (dubini korijena uzgajane kulture) te o trenutnoj vlažnosti tla (Tv). Razlika od Pkv i Lkv čini lakoprstupačnu vodu u tlu (Walker, 1989.). Obrok navodnjavanja je količina vode koju se dodaje jednim navodnjavanjem, dok hidromodul predstavlja količinu vode koju se u jedinici vremena dodaje na navodnjavanju površinu ($l s ha^{-1}$). Cilj rada je analizirati potrebu za navodnjavanjem, odnosno vodnu bilancu soje na području Orahovice u različitim klimatskim uvjetima i rokovima sjetve te osnovne elemente navodnjavanja soje, normu, obrok i hidromodul navodnjavanja.

Materijal i metode rada

Za potrebe ovog rada analizirani su klimatski uvjeti Orahovice (Virovitičko-podravska županija) u razdoblju od 1981. do 2020. godine. Podaci su prikupljeni sa sljedećih najbližih meteoroloških postaja DHMZ-a: Našice (minimalna i maksimalna temperatura zraka (°C), oborine (mm), vjetar ($m sec^{-1}$) i relativna vlaga zraka (%)) te Osijek (dnevna insolacija, h). Uzeti su uzorci tla s dubine od 0 do 30 cm te određene sljedeće hidropedološke analize: volumna gustoća (pv), Pkv (0 - 0,33 bara) i Lkv (6,25 bara). Određena je norma navodnjavanja za soju kao razlika između potrebne i raspoložive vode pri čemu potrebnu vodu čini evapotranspiracija (ETo i ETC), dok raspoloživu vodu čine oborine. ET je određena računalnim modelom CROPWAT 8.0 (FAO, 2009.), pri čemu se razlikuje referentna evapotranspiracija (ETo) i evapotranspiracija kulture (ETc). Razliku između navedenih vrijednosti čini koeficijent kulture (kc) koji odražava fiziologiju usjeva, stupanj pokrivenosti površine, odnosno razvoja lisne mase što će ovisiti o duljini trajanja pojedine faze razvoja. Za potrebe ovog rada je određen jedinstveni kc, koji je jednako kao i duljina trajanja pojedinog stadija razvoja soje prilagođen za agroekološke uvjete istočne Hrvatske (Doorenbros i Pruitt, 1977.). Za analizu vodne bilance su uzete u obzir učinkovite oborine koje su određene prema USDA metodi (Smith, 1992.). Obrok navodnjavanja je određen prema slijedećem izrazu (Tomić, 1988.):

$$O = 100 \times pt \times h \times (Pkv - Tv) \quad (1)$$

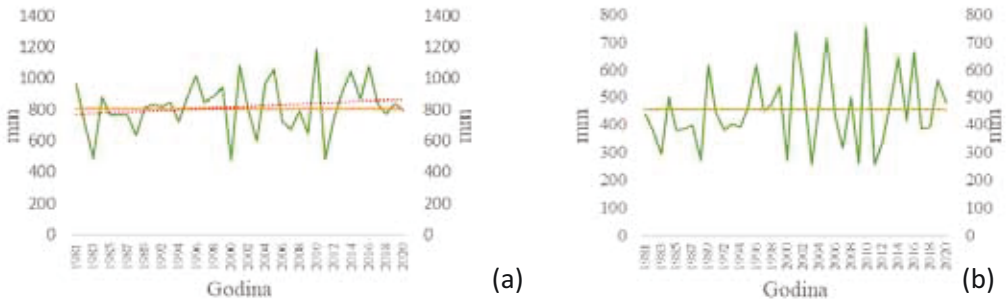
Gdje je O = obrok navodnjavanja (mm), pt = volumna gustoća tla, h = dubina vlaženja (m), Pkv = poljski kapacitet tla za vodnu (% vol. ili % mas.) te Tv = trenutna vlažnost. Hidromodul navodnjavanja je izražen kao prosječan hidromodul za razdoblje vegetacije, a određen je CROPWAT modelom. Osim neto hidromodula (Hn), analiziran je bruto hidromodul ovisno o broju radnih sati: $H_{20'}$, $H_{18'}$, $H_{16'}$, $H_{14'}$, $H_{12'}$ i $H_{8'}$. Za izračun bruto hidromodula uzeta je u obzir učinkovitost navodnjavanja za metodu kišenjem (0,75 %). Navodnjavanje je planirano tako da nema sniženja prinosa, odnosno da je u vrijeme žetve dovoljno vode u tlu.

Rezultati i rasprava

Vremenski uvjeti

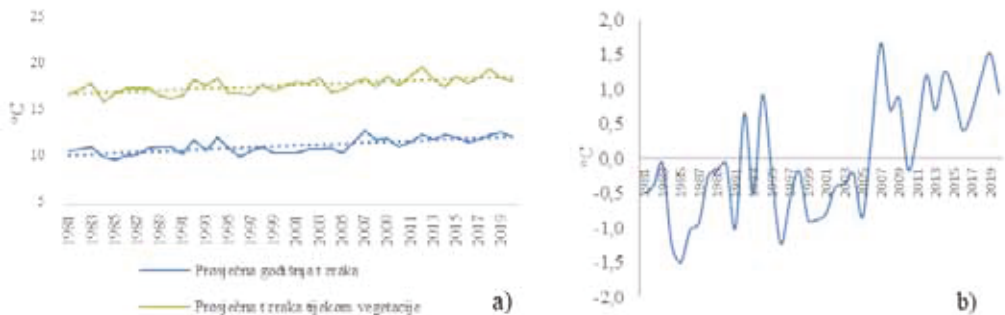
Godišnja količina oborina je u rasponu od 477,9 mm (2000.) do 1 188,1 mm (2010.). Prosječna godišnja količina oborina je 806 mm, a uzlazni trend pokazuje porast godišnje količine oborina na promatranom području (Grafikon 2a.). U promatranom razdoblju je 13 godina s nadprosječnom godišnjom količinom oborina, pri čemu su uzete u obzir godine u kojima je godišnja količina oborina bila veća od 50 mm u odnosu na višegodišnji prosjek (1981. – 2020.). Ispodprosječna količina oborina javlja se tijekom 13 godina. Navedeno ukazuje na čestu iz-

mjenu sušnih i kišnih godina u promatranom razdoblju, što je posebice izraženo nakon 1995. godine. Tijekom razdoblja vegetacije oborine su bila u rasponu od 257 mm (2003.) do 664 mm (2016.), dok je prosječna količina oborina bila 442,8 mm (Grafikon 2b).



Grafikon 2. a) prosječna godišnja količina oborina i **b)** količina oborina tijekom razdoblja vegetacije na području Orahovice (RH) za razdoblje 1981. – 2020. godine
Graph 2. a) average annual precipitation and **b)** precipitation during the growing season in the area of Orahovica (RH) for the period 1981-2020

Kišni maksimumi se javljaju u proljetnom (lipanj, 92,3 mm; svibanj, 79,2 mm) i jesenjem razdoblju (rujan, 78,7 mm). Tijekom promatranog razdoblja je zabilježen raspon u temperaturi zraka od 10,9 °C (1981.) do 13,06 °C (2007.). Prosječna godišnja temperatura zraka je 11,4 °C, dok je tijekom razdoblja vegetacije prosječna temperatura zraka 17,9 °C, uz vidljiv uzlazni trend (Grafikon 3a.).



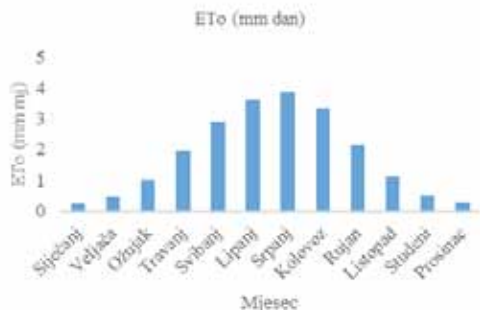
Grafikon 3. a) prosječna godišnja temperatura zraka i **b)** prosječna temperatura zraka tijekom razdoblja vegetacije na području Orahovice (RH) za razdoblje 1981. – 2020. godine

Graph 3. a) average annual air temperature and **b)** average air temperature during the growing season in the area of Orahovica (RH) for the period 1981-2020

Temperaturni maksimum se javlja tijekom mjeseca srpnja (21,9 °C) i kolovoza (21,2 °C). Iz Grafikona 3b. vidljivo je kako se nakon 2005. godine javljaju godine s nadprosječnim temperaturama zraka što uzrokuje povećane potrebe biljaka za vodom, odnosno povećanu ET.

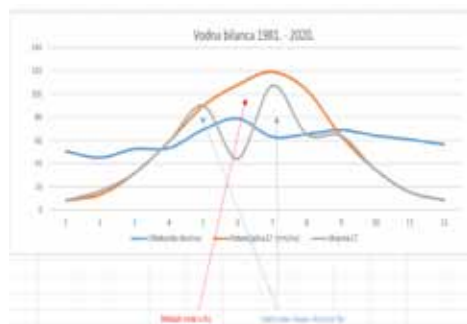
Vodna bilanca

Tijekom promatranog razdoblja, prosječna ETo je bila u rasponu od 0,26 mm dan (siječanj) do 3,85 mm dan (kolovoz). Prosječna godišnja ETo je 1,79 mm dan, dok je tijekom razdoblja vegetacije (travanj – rujan) ETo u prosjeku 3,6 mm dan (Grafikon 4a.). Vodna bilanca prema Thornthwaiteu pokazuje manjak vode tijekom većeg dijela vegetacije s pojavom kraćih razdoblja optimalne vlažnosti tijekom travnja i svibnja te srpnja mjeseca (Grafikon 4b.).



Grafikon 4a. Prosječna ETo (mm /mj) na području Orahovice (RH) za razdoblje 1981. – 2020. godine

Graph 4a. Average ETo (mm/month) in the area of Orahovica (RH) for the period 1981-2020



Grafikon 4b. Vodna bilanca prema Thornthwaiteu na području Orahovice (RH) za razdoblje 1981. – 2020. godine

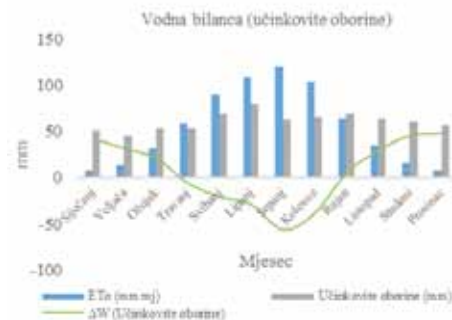
Graph 4b. Water balance according to Thornthwaite in the area of Orahovica (RH) for the period 1981-2020

Na promatranom području je tijekom razdoblja 1981. - 2020. u prosjeku palo 819,3 mm oborina, od čega je 727,2 mm oborine bilo učinkovito, dok je tijekom razdoblja vegetacije (travanj – rujan) u prosjeku palo 375,4 mm oborina, od čega je 329,4 mm bilo učinkovito (87,7 %). U većem dijelu vegetacije (travanj – kolovoz) ETo je veća od ukupnih (Grafikon 5a.) i učinkovitih oborina (Grafikon 5b.).



Grafikon 5a. Vodna bilanca za ukupne oborine na području Orahovice (RH) za razdoblje 1981. – 2020. godine

Graph 5a. Water balance for total precipitation in the area of Orahovica (RO) for the period 1981-2020



Grafikon 5b. Vodna bilanca za učinkovite oborine na području Orahovice (RH) za razdoblje 1981. – 2020. godine

Graph 5b. Water balance for effective precipitation in the area of Orahovica (RO) for the period 1981 - 2020

Tijekom razdoblja vegetacije soje na području Orahovice u razdoblju od 1981. do 2020. godine, javlja se manjak vode od 89,67 mm ako su analizirane ukupne oborine te manjak vode od 150,49 mm ako su analizirane učinkovite oborine. Izražen nedostatak vode se javlja tijekom ljetnih mjeseci, odnosno tijekom srpnja (56,45 mm) i kolovoza (38,24 mm). Obzirom na to da niti ukupne niti učinkovite oborine nisu dostatne kako bi zadovoljile potrebe biljaka za vodom (ET_o), agrotehnička mjera navodnjavanja se nameće kao rješenje kojim bi se nadoknadio nedostatak vode. Vodna bilanca za soju je prikazana za sušnu i prosječnu godinu (Tablica 1.). Za analizu vodne bilance je korištena sorta soje vegetacijske skupine 0, s rokom sjetve 30. travanj. Učinkovitost navodnjavanja je navedena za sustav za navodnjavanje metodom kišenja. Rezultati analize vodne bilance za soju u sušnoj godini su prikazani u Tablici 1. ETC soje tijekom razdoblja vegetacije je u rasponu od 53,7 mm mj (travanj) do 127,5 mm mj (kolovoz). Očekivano, najveći zahtjevi soje za vodom su tijekom ljetnih mjeseci (svibanj - kolovoz). Za analizu vodne bilance su uzete u obzir učinkovite oborine koje tijekom razdoblja vegetacije u sušnim godinama iznose 224,3 mm. Učinkovitost oborine je 83,7 %, a gubitak oborine je 40,1 mm. Obzirom na to da učinkovite oborine nisu dostatne kako bi se zadovoljila potreba soje za vodom (512,3 mm), javlja se nedostatak vode (ΔW) od 291,7 mm. Nedostatak vode u tlu tijekom žetve je 58,5 mm uz smanjenje prinosa od 0 %.

Tablica 1. Evapotranspiracija soje (ET_c), učinkovite oborine i nedostatak vode koji predstavlja razliku između učinkovitih oborina i potrebe soje za vodom (ΔW) u sušnoj (2012.) i prosječnoj godini (2008.) na području Orahovice, RH.

Table 1. Soybean evapotranspiration (ET_c), effective precipitation and water deficit, which represents the difference between effective precipitation and soybean water demand (ΔW) in a dry year (2012) and an average year (2008) in the area of Orahovica, Croatia.

Mjesec	ET _c (mm /mj)		Učinkovite oborine (mm)		ΔW (mm /mj)	
	Sušna godina	Prosječna godina	Sušna godina	Prosječna godina	Sušna godina	Prosječna godina
Travanj	53,7	51,8	36,3	29,3	19,7	24,3
Svibanj	122,7	116,3	56,5	69,1	66,2	47,2
Lipanj	121,4	103,5	54,5	78,5	66,9	25
Srpanj	127,5	111,8	64,6	62,9	63	49
Kolovoz	86,1	72,7	11,2	65,5	75	14,5
Rujan	0,9	0,8	1,2	2,3	0,9	0,8
Ukupno	512,3	456,9	224,3	307,6	291,7	160,8

ET_c soje u prosječnoj godini (Tablica 1.) je u rasponu od 51,8 mm (travanj) do 111,8 mm (kolovoz). Učinkovite oborine u prosječnim godinama su 307,6 mm, odnosno za 83,3 mm veće u odnosu na sušnu godinu. Učinkovitost oborina je 96,4 %, a gubitak oborina je 3,2 mm. Potrebna voda za soju u prosječnoj godini je 456,9 mm, a javlja se nedostatak vode (ΔW) od 160,8 mm. Nedostatak vode u tlu tijekom žetve je 44,9 mm uz smanjenje prinosa od 0 %. Rezultati analize ukazuju na potrebu za navodnjavanjem na području Orahovice bez obzira na to radi li se o sušnoj ili godini bez odstupanja u količini oborine. U sušnim godinama vodna bilanca je 291,7 mm što je za 130,9 mm više u odnosu na prosječnu godinu.

Vodna bilanca soje u postrnoj sjetvi ovisno o vremenskim uvjetima

Analizirana je norma navodnjavanja za soju sijanu u postrnoj sjetvi (kraj mjeseca lipnja), za sušnu i za prosječnu godinu (Tablica 2.). Norma navodnjavanja je izračunata za ranu sortu soje (00). Potreba soje (ETc) za vodom u postrnoj sjetvi u sušnim godinama je 404,0 mm, dok je učinkovita oborina 138,7 mm, a posljedično, nedostatak vode koju je potrebno nadoknaditi navodnjavanjem (ΔW , norma navodnjavanja) je 277,2 mm (Tablica 2.). Za uzgoj soje u postrnoj sjetvi u prosječnoj godini je potrebno 348,2 mm, dok je učinkovita oborina 220,6 mm što čini normu navodnjavanja (ΔW) 152,1 mm (Tablica 2.).

Tablica 2. Evapotranspiracija soje (ETc), učinkovite oborine i nedostatak vode koji predstavlja razliku između učinkovitih oborina i potrebe soje za vodom (ΔW) u postrnoj sjetvi u sušnoj (2012.) i prosječnoj (2008.) godini na području Orahovice, RH.

Table 2. Soybean evapotranspiration (ETc), effective precipitation and water deficit, which represents the difference between effective precipitation and soybean water requirement (ΔW) in direct sowing in a dry (2012) and average (2008) year in the area of Orahovica, Croatia.

Mjesec	ETc (mm/mj)		Učinkovite oborine (mm)		ΔW (mm mj)	
	Sušna godina	Prosječna godina	Sušna godina	Prosječna godina	Sušna godina	Prosječna godina
Lipanj	103,7	43,75	29,5	20,8	75,9	24,3
Srpanj	153,6	44,83	64,6	20,97	88,9	23,83
Kolovoz	113,8	32,07	11,2	21,83	102,7	10,23
Rujan	33,0	10,03	33,4	16,87	9,7	0,4
Ukupno	404,0	348,2	138,7	220,6	277,2	152,1

Osnovni elementi navodnjavanja

Hidropedološkim analizama je determinirano tlo tipa pseudoglej na zaravni, sljedećih svojstava: volumna gustoća (ρ_v) = 1,51 g cm⁻³, Pkv (0 - 0,33 bara) = 29,50 % i Lkv (6,25 bara) = 13,63 % na dubini tla od 0 do 30 cm. Obrok navodnjavanja za spomenuti tip tla, dubinu vlaženja od 30 cm te tehnički minimum za ratarske kulture (60 do 70 % Pkv-a) je 40 mm (l m⁻²). Hidromodul (l s ha⁻¹) navodnjavanja je prikazan za prosječne i sušne godine te za učinkovitost sustava za navodnjavanje od 70 %, bez sniženja prinosa (0 %). Neto hidromodul navodnjavanja (H_n) ovisno o vremenskim uvjetima te broju radnih sati je prikazan Tablicom 3. U prosječnoj godini H_n je 0,39 l s ha⁻¹, a ovisno o broju radnih sati hidromodul je u rasponu od 0,67 l s ha⁻¹ (H_{20}) do 1,70 l s ha⁻¹ (H_8). U sušnim godinama H_n je 0,47 l s ha⁻¹, a ovisno o broju radnih sati hidromodul je u rasponu od 0,80 l s ha⁻¹ (H_{20}) do 2,02 l s ha⁻¹ (H_8).

Tablica 3. Neto hidromodul (H_n) te ovisno o broju radnih sati ($H_{20} - H_8$) u sušnoj (2012.) i prosječnoj (2008.) godini na području Orahovice, RH.

Table 3. Net hydromodule (H_n) and depending on the number of working hours ($H_{20} - H_8$) in a dry (2012) and average (2008) year in the area of Orahovica, Croatia.

Godina/radni sati	H_n	H_{20}	H_{18}	H_{16}	H_{14}	H_{12}	H_8
Prosječna	0,39	0,67	0,74	0,83	0,95	1,11	1,70
Sušna	0,47	0,80	0,88	0,99	1,13	1,33	2,02

Prema navedenim vrijednostima hidromodula, vidljivo je povećanje hidromodula smanjenjem broja radnih sati te veći hidromodul (neovisno o broju radnih sati) tijekom sušnih godina.

Zaključak

Obzirom na to da je na području Orahovice zabilježena negativna vodna bilanca tijekom prosječnih (160,8 mm) i sušnih godina (291,7 mm), agrotehnička mjera navodnjavanja je opravdana i potrebna kako bi se nadoknadio nedostatak vode, ne samo u proljetnoj nego i u postrnoj sjetvi. Tijekom klimatski prosječnih godina u postrnoj sjetvi se javlja negativna vodna bilanca od 152,1 mm, a u sušnim godinama od 277,2 mm. Pravilno određeni elementi navodnjavanja su preduvjet za dimenzioniranje sustava za navodnjavanja te maksimalno i održivo iskorištavanje vodnih resursa.

Literatura

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998.): Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Andales, A.A., Chávez (2011) ET-based irrigation scheduling. U: *Proceedings of the 23rd Annual Central Plains Irrigation Conference*. Burlington, CO, February 22-23, 2011, 39.
- Basal, O., Szabo, A. (2020) Physiology, yield and quality of soybean as affected by drought stress. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 8 (3), 247-252, DOI: 10.35495/ajab.2019.11.505
- Brouwer, C., Goffeau, A., Heibloem, M. (1985.) Irrigation Water Management: Training Manual No. 1 - Introduction to Irrigation. Irrigation water management. Training manual no. 3. Food and agricultural organisation of United Nation, Rome, Italy.
- Brouwer, C., Heibloem, M. (1986) Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. Irrigation water management. Training manual no. 3. Food and agricultural organisation of United Nation, Rome, Italy.
- Cotrim, M.F., Gava, R., Campos, C.N.S., De David, C.H.O., Reis, I.D.A., Teodoro, L.P.R. (2021) Physiological performance of soybean genotypes grown under irrigated and rainfed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207, 34-43. Food and agriculture organisation, FAO (2009) CROPWAT 8.0, Rome, Italy.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. (1977) Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24. Rome, Italy, 144. Državni zavod za statistiku, DZS (2011. do 2021.): Biljna proizvodnja. Dostupno na: <https://web.dzs.hr/arhiva.htm>
- Foyer, C.H., Lam, H.M., Nguyen, H.T., Siddique, K.H., Varshney, R.K., Colmer, T.D. (2016) Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature plants*, 2, 1-10.
- Hanson, B., Orloff, S., Peters, D. (2000) Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. *California Agriculture*, 54, 38-42.
- Hatfield, J.L., Boote, K.J., Kimball, B.A., Ziska, L.H., Izaurralde, R.C., Ort, D. (2011) Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103 (2), 351-370.
- Hu, M., Wiatrak, P. (2012) Effect of Planting Date on Soybean Growth, Yield, and Grain Quality: Review, *Agronomy Journal*, 10 (3), 785-790, DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0382>
- Josipović, M., Sudarić, A., Liović, I., Šošćarić, J., Marković, M., Plavšić, H. (2011a) Urod soje (*Glycine max* L. Merr.) i ispiranje dušika u navodnjavanju i gnojidbi dušikom. U: Biondić, D., Holjević, D., Tropan Lj. *Zbornik radova 5. hrvatske konferencije o vodama, Opatija, 18.-21. 05. 2011.*, Zagreb: Hrvatske vode, 917-928.
- Josipović, M., Sudarić, A., Kovačević, V., Marković, M., Plavšić, H., Liović, I. (2011b) Irrigation and nitrogen fertilization influences on soybean variety (*Glycine max* (L.) Merr.) properties. *Poljoprivreda znanstveno-stručni časopis*, 1, 9-15.
- Josipović, M., Marković, M., Sudarić, A., Plavšić, H., Jančić Tovjanin, M., Lederer, V. (2018.) Utjecaj navodnjavanja na prinos soje (*Glycine max* L. Merr.) u različitim vremenskim prilikama. U: Jug, D., Brozović, B. *Proceedings & abstracts of 11th international scientific/professional conference: Agriculture in nature and environment protection, Vukovar, 28-30 May 2018*, Osijek: Glas Slavonije, 54-59.
- Maekawa, T., Shimamura, S., Shimada, S. (2011.) Effects of Short-Term Waterlogging on Soybean Nodule Nitrogen Fixation at Different Soil Reductions and Temperatures. *Plant Production Science*, 14 (4), 349-358, DOI: 10.1626/pp.14.349
- Manavalan, L.P., Guttikonda, S.K., Tran, L.S.P., Nguyen, H.T. (2009) Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in Soybean. *Plant Cell Physiol*, 50, 1260-1276.
- Ministarstvo poljoprivrede (2021.): Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2020. godini. URL: https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zeleno_izvjesce/2021_12_15%20Zeleno%20izvje%C5%A1%4%87e%202020_final.pdf (25. 05. 2022.)
- Shaheen, T., Rahman, M., Riaz, M.S., Zafar, Y., Rahman, M. (2016) *Enhancing soybean response to biotic and abiotic stresses*, U: Miransari, M. ur., *Soybean production vol. 1, Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production*. Cambridge,

Massachusetts, SAD: Academic Press.

Schermer, A., Schreiber, F., Andres, A., Concenço, G., Martins, M.B., Pitol, A. (2018) Rice Crop Rotation: A Solution for Weed Management, *Developments*, 83.

Rhine, M.D., Stevens, G., Shannon, G. (2010) Yield and nutritional responses to waterlogging of soybean cultivars. *Irrigation Science*, 28, 135-142. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s00271-009-0168-x>

Smith M. (1992) CROPWAT - A Computer Program for Irrigation Planning and Management; Irrigation and Drainage Paper 46. Food and Agriculture Organisation: Rome, Italy.

Tomić, F. (1988.): *Navodnjavanje*. Zagreb: Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske i Fakultet poljoprivrednih znanosti sveučilišta u Zagrebu.

Vonk, J.P. (2013) *Yield response of soybean to planting date and row spacing in Illinois*. Thesis, Urbana, Illinois: University of Illinois at Urbana-Champaign.

Walker, W.R. (1989.): Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO irrigation and drainage paper 45. Food and Agriculture Organisation: Rome, Italy.

Wei, Y., Jin, J., Jiang, S., Ning, S., Liu, L. (2018) Quantitative response of soybean development and yield to drought stress during different growth stages in the Huaibei plain, China. *Agronomy*, 8, 97.

Prispjelo/Received: 10.6.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 4.7.2022.

Professional paper

Soybean (*Glycine max. L. Merr.*) irrigation scheduling in different weather conditions and planting date

Abstract

*Soybean (*Glycine max. L. Merr.*) is one of the most important oilseeds that has found wide application in human nutrition, livestock production, and soil enrichment with nitrogen. The increasing occurrence of climatic extremes, the absence of precipitation or irregular distribution of precipitation during the growing season, coupled with an above-average high air temperatures are causing the most important abiotic stress; i.e. drought, resulting in soybean yield reduction. This paper aims to analyse the need for soybean irrigation in the area of Orahovica in average and dry years, depending on sowing dates, and to schedule irrigation of soybean (irrigation rate, net irrigation rate, and irrigation flow rate). In average years, a negative water balance of 160.8 mm occurs, and in dry years a negative water balance of 291.7 mm occurs. In post-sowing, the negative water balance in average years is 152.1 mm, and in dry years 277.2 mm. The irrigation rate for soybeans is 40 mm. The net irrigation flow rate in the average year is 0.39 l sec ha⁻¹, and the gross water flow rate depending on the number of operating hours' ranges from H₂₀ = 0.67 l sec ha⁻¹ to H₈ = 1.7 l sec ha⁻¹. In dry years, the net water flow rate is 0.47 l sec ha⁻¹, and the gross water flow rate, depending on the number of operating hours, ranges from H₂₀ = 0.80 l sec ha⁻¹ to H₈ = 2.02 l sec ha⁻¹.*

Keywords: irrigation scheduling, soybean, weather condition, sowing date