



Efektivna osenčenost kao osnova za utvrđivanje potreba jabuke za vodom u klimatskim uslovima Vojvodine

Borivoj Pejić^{a*}, Ksenija Mačkić^a, Nenad Magazin^a

^aUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: ksenija@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Istraživanja obračuna potreba jabuke za vodom (ET_c) primenom efektivne osenčenosti (Effective area of shade, EAS), referentne evapotranspiracije (ET_o) i koeficijenta kulture (k_c) obavljena su u voćnjaku kompanije Delta-agrar d.o.o. u Čelarevu 2018. godine. U istraživanjima je analizirana sorta Breburn (Breaburn). Merenje osenčenosti (%) obavljeno je u jutarnjim (9 sati), podnevnim (12 sati) i popodnevnim satima (15 sati). EAS se obračunava na osnovu izmerenih vrednosti dužine senke, razmaka između redova i procenjene površine neosenčenih delova unutar osenčene površine. Utvrđene vrednosti EAS (57%) se dalje koriste u obračunima dnevnog, mesečnog i vegetacionog utroška vode na ET_c jabuke (mm), a takođe računaju se i vrednosti količine vode u litarima (l) koje treba dodati navodnjavanjem (l) svakom stablu u odnosu na vegetacioni prostor. Vegetacioni prostor u ispitivanom zasadu jabuke je definisan razmakom između redova od 3,2 m i razmakom u redu od 0,8 m (3900 biljaka/ha). Vrednosti referentne evapotranspiracije (ET_o) obračunate su Hargreaves-ovom metodom. U obračunu su korišćeni k_c koeficijenti 1,15 i 1,3. Obračunate vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju jabuke na nivou vegetacije bile su 456 mm i 517 mm. Mesečne vrednosti (april-septembar) utošene vode na ET_c jabuke bile su u intervalu 45-103 mm i 45-145 mm. Prosečna dnevna potrošnja u periodu vegetacije bila je 2,5 mm, i 2,8 mm, sa maksimalnim vrednostima u julu 3,9 mm i 5,7 mm. Na osnovu ranije utvrđenih vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju jabuke u našim klimatskim uslovima od 550 do 600 mm nameće se zaključak da primena obračuna utroška vode na evapotranspiraciju jabuke metodom EAS primenom k_c 1,3 odnosno formule ET_c (mm) = 1,3 x EAS (%) x ET_o (mm) + 0,1 ET_o (mm) može biti prihvaćena u klimatskim uslovima Vojvodine.

KLJUČNE REČI: potrebe jabuke za vodom (ET_c), efektivna osenčenost (EAS), koeficijent kulture (k_c)

Uvod

Jabuka (*Malus domestica*) je po obimu proizvodnje najvažnija kontinentalna vrsta voćaka u svetu (76 mil. tona, FAO, 2014). Poslednjih godina svetska proizvodnja jabuke je u blagom porastu. Kina zauzima prvo mesto po proizvedenim količinama jabuke zatim slede SAD, Turska, Poljska, Indija, Italija, Iran, Čile, Ruska federacija, Francuska i Kanada. U Srbiji se jabuka proizvodi na površini od oko 26.000 ha (15% ukupne površine voćnjaka) sa ukupnim obimom proizvodnje od oko 460.000 tona, sa prosečnim prinosom 17,76 t ha⁻¹ (Statistički godišnjak Srbije, 2018). U savremenim zasadima jabuke gustog sklopa na slabobujnim podlogama, uz odgovarajuću tehnologiju proizvodnje uključujući i navodnjavanje, prinosi mogu biti i preko 100 t ha⁻¹.

U umerenim klimatskim uslovima proizvodnja je moguća i u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom, međutim u semi-aridnim i aridnim uslovima proizvodnja voća zavisi od količine raspoložive vode, odnosno od navodnjavanja (Naor et al., 2008; Fernández and Cuevas, 2010; Liu et al., 2015). U vodećim zemljama izvoznicama voća kao što su Španija, Italija, Južna Afrika, voćne vrste se većinom gaje u uslovima navodnjavanja (Consoli et al., 2016; Gush and Taylor, 2014). Prema tome, navodnjavanje je presudno za održivost i rast voćarske industrije. Naor et. al (2008) ističu statistički značajno veće prinose jabuke u uslovima različitih vrednosti dnevnih zalivnih normi od 1, 3 i 7 mm. Na varijanti navodnjavanja 1 mm dodate vode dnevno norma navodnjavanja je iznosila 80 mm, a ostvaren je prinos 37,8 t ha⁻¹, na varijanti 3 mm dodato je 292 mm vode sa prinosom 59,4 t ha⁻¹, a na varijanti 7 mm norma navodnjavanja je bila 661 mm sa prinosom 115,8 t ha⁻¹.

Osnovu racionalnog navodnjavanja predstavlja poznavanje potreba biljaka za vodom. Bez obzira koji zalivni režim primenjujemo u proizvodnji gajenih biljaka osnovno je da se tokom vegetacionog perioda održava optimalna vlažnost zemljišta, da su biljke uvek obezbeđene lakopristupačnom vodom, da je troše na nivou svojih potreba. Postoje brojne metode, direktne i obračunske, za utvrđivanje potreba gajenih biljaka za vodom. Merenje u poljskim uslovima na eksperimentalnim parcelama praćenjem dinamike vlažnosti zemljišta daje najrealnije rezultate, ali postupak dugo traje i vezan je za brojna uzorkovanja i merenja vlažnosti zemljišta. Merenja na lizimetarskim stanicama zavise od toga koliko su se uslovi u lizimetarskim kasetama približili prirodnim. Ovde se radi o veličini lizimetarske

kasete, o debljini sloja zemljišta u njima, o stanju zemljišta, o načinu snabdevanja vodom i od uslova okolne sredine. Indirektni postupci bilo da se radi o primeni bioklimatskih koeficijenata, evaporaciji sa slobodne vodene površine (E_o) uz primenu korekcionih koeficijenata (k), referentne evapotranspiracije (ET_o) i biljnih koeficijenata (k_c) su jednostavniji i često se koriste u određivanju utroška vode na evapotranspiraciju različitih biljnih vrsta. U praksi navodnjavanja Australije razrađen je postupak primene efektivne osenčenosti (Effective area of shade, EAS) za određivanje potreba za vodom voćaka i vinove loze (O'Connell et al., 2006, O'Connell et al., 2008). Procenat osenčenosti može se meriti skupim sofisticiranim instrumentima čija primena zahteva određeno znanje i zato je za preporuku vizuelna procena kao najpraktičniji postupak. Procena osenčenosti se vrši u uslovima vedrog neba, odnosno kada je senka jasno vidljiva.

Cilj istraživanja je bio da se metodom EAS utvrde vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju jabuke (ET_c) i dobijeni rezultati uporede sa ranije utvrđenim vrednostima utroška vode na evapotranspiraciju ove biljne vrste u agroekološkim uslovima Vojvodine. Ukoliko se postupak pokaže valjanim biće preporučen našoj praksi navodnjavanja. Dobijeni rezultati imaće značajnu ulogu i praktičnu vrednost u realizaciji racionalnog zalivnog režima jabuke u cilju dobijanja visokih i stabilnih prinosa ove biljne vrste koji opravdavaju uložena materijalna sredstva u zalivne sisteme.

Materijal i metod rada

Istraživanja obračuna potreba jabuke za vodom (ET_c) primenom efektivne osenčenosti (Effective area of shade, EAS), referentne evapotranspiracije (ET_o) i koeficijenata kulture (k_c) obavljena su u voćnjaku kompanije Delta-agrar d.o.o. u Čelarevu 2018. godine. U istraživanjima je analizirana sorta Breburn (Breaburn). EAS merenje obavljeno je u jutarnjim (9 sati), podnevnim (12 sati) i popodnevnim satima (15 sati). EAS, izražen u procentima, se obračunava na osnovu izmerenih vrednosti dužine senke izražene u metrima, razmaka između redova izraženog u metrima i procenjene površine neosenčenih delova unutar osenčene površine izražene u procentima (Goodwin, 2009).

$$\text{Osenčenost (\%)} = (\text{dužina senke/razmak između redova}) \times \text{neosvetljeni deo unutar osenčene površine} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{EAS} = (\text{osenčenost u 9 sati} + \text{osenčenost u 12 sati} + \text{osenčenost u 15 sati}) / 3 \quad (2)$$

$$\text{EAS (\%)} = (67\% + 43\% + 60\%) / 3 = 57\% \quad (3)$$

Utvrđene vrednosti EAS (57%) se dalje koriste u obračunima dnevnog, mesečnog i vegetacionog utroška vode na ET_c jabuke (mm), a takođe računaju se i vrednosti količine vode u litarima (l) koje treba dodati navodnjavanjem svakom stablu u odnosu na vegetacioni prostor. Vegetacioni prostor u ispitivanom zasadu jabuke je definisan razmakom između redova od 3,2 m i razmakom u redu od 0,8 m (3900 biljaka/ha).



Slika 1. EAS izmerena u juturnjim satima (9 sati); Osenčenost= $(2,6 \text{ m}/3,2 \text{ m}) \times 0,83 \times 100=67$ (%)
Figure 1. EAS measured in the morning (9 am); Shading= $(2,6 \text{ m}/3,2 \text{ m}) \times 0,83 \times 100=67$ (%)



Slika 2. EAS izmerena u podne; Osenčenost= $(2,0 \text{ m}/3,2 \text{ m}) \times 0,70 \times 100 = 43$ (%)
Figure 2. EAS measured at noon; Shading= $(2,0 \text{ m}/3,2 \text{ m}) \times 0,70 \times 100 = 43$ (%)



Slika 3. EAS izmerena u popodnevним satima (15 sati); Osenčenost= $(2,4 \text{ m}/3,2 \text{ m}) \times 0,80 \times 100 = 60$ (%)
Figure 3. EAS measured in the afternoon (3 pm); Shading= $(2,4 \text{ m}/3,2 \text{ m}) \times 0,80 \times 100 = 60$ (%)

Vrednosti vode utrošene na evapotranspiraciju jabuke ET_c (mm) izračunate su formulom O'Connell et al (2008).

$$ET_c = 1,15 \times EAS \times ET_o + 0,1 ET_o \quad (4)$$

Imajući u vidu ranije utvrđene potrebe jabuke za vodom u klimatskim uslovima Vojvodine predložena je korekcija pomenute formule za obračun ET_c uvođenjem u obračun k_c koeficijenta 1,3 umesto 1,15.

$$ET_c = 1,3 \times EAS \times ET_o + 0,1 ET_o \quad (5)$$

K_c vrednosti 1,15 i 1,3 su korišćene u obračunu utroška vode na ET_c u periodu od 15 juna do kraja avgusta. U aprilu, maju do sredine juna i septembru za obračun ET_c su korišćeni k_c koeficijenti 0,6, 0,7 i 0,95 (APAL, 2018). Bez obzira na vrednosti k_c za različite vrste voća u FAO literaturi, treba istaći da je ipak potrebna korekcija u odnosu na lokalne uslove imajući u vidu da potrošnja vode u komercijalnim voćnjacima varira u zavisnosti od kombinacija mnogih faktora. Ovi faktori uključuju sortu (Robinson and Lakso, 1991), podlogu (Wünsche et al. 1995, Giuliani et al. 1998), razmak između redova i stabala u redu, broj plodova po stablu, veličinu plodova (Robinson and Lakso 1991; Wünsche et al. 1995; Giuliani et al. 1998). Pejić i sar. (2019) ističu da na početku i kraju vegetacije, pri umerenim temperaturama vazduha, sve metode obračuna evapotranspiracije biljaka daju ujednačene vrednosti, odnosno razlike u obračunima se javljaju u letnjim mesecima kada su temperature visoke, posebno pri pojavi ekstremno visokih temperatura.

ET_o je računata metodom Hargreaves-a (Hargreaves and Samani, 1985) koju koristi Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZ).

Vrednosti količine vode u litrima (I) koje treba dodati navodnjavanjem svakom stablu računata su formulom:

$$I = k_c \times EAS \times ET_o + 0,1 ET_o \times \text{razmak između redova} \times \text{razmak u redu} \quad (6)$$

Rezultati i diskusija

Vrednosti evapotranspiracije jabuke u periodu vegetacije (ET_c) obračunate formulama 4 i 5 primenom EAS bile su 456 mm i 517 mm (Tabela 1 i 2). Dobijene vrednosti su u skladu sa ranije utvrđenim potrebama jabuke za vodom od 460-600 mm u agroekološkim uslovima Vojvodine (Bošnjak, 1999). U sličnim klimatskim uslovima Poljske sa prosečnom godišnjom količinom padavina od 500-550 mm i oko 350 mm u vegetacionom periodu utvrđene su potrebe jabuke za vodom od 553 mm (Rolbiecki et al., 2017). Treder (2012) je utvrdio da su potrebe jabuke za vodom 459 mm, odnosno da su manje za 94 mm u odnosu na kasnije rezultate Rolbiecki et al (2017) što ukazuje na veliki značaj mikroklimatskih uslova lokaliteta gajenja na potrošnju vode jabuke. U aridnim uslove Turske potrebe jabuke za vodom iznose 1215 mm što jasno pokazuje veliki uticaj klimatskih uslova na potrošnju vode gajenih biljaka (Rolbiecki et al., 2017). Treba istaći da utrošak vode na evapotranspiraciju kod voćaka zavisi i od podloge, starosti biljaka, gustine sadnje, načina održavanja površine u voćnjaku, ostvarenih prinosa (Dzikiti et al., 2018, Naor et al., 1997, 2008) i da, prema tome, pri upoređivanju ET jabuke sve navedeno treba uzeti u obzir.

Mesečne vrednosti (april-septembar) utošene vode na evapotranspiraciju jabuke obračunate formulama 4 i 5 bile su u intervalu 45 -103 mm i 45 -145 mm (Tabela 1 i 2). Niže vrednosti ET_c bile su na početku (april, maj) i kraju vegetacije (septembar), a najviše vrednosti utvrđene su u letnjim mesecima (jun, jul, avgust), u periodu intenzivnog porasta plodova. Najviše mesečne vrednosti ET_c utvrđene su u julu (103 mm, formula 4, 145 mm, formula 5) kada su plodovi jabuke u porastu a takođe i evapotranspiracioni uslovi sredne dostižu maksimalne vrednosti, pre svega temperatura vazduha. Za poređenje treba istaći rezultate Rolbiecki et al. (2017) koji ističu najveće vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju jabuke u julu u klimatskim uslovima Poljske, za tridesetogodišnji period od 167,3 mm. Isti autori ističu da u klimatskim uslovima Turske utrošak vode na evapotranspiraciju jabuke u julu iznosi 286 mm. Za klimatske uslove Poljske, Treder (2012) ističe potrošnju vode na evapotranspiraciju jabuke u julu od 108 mm. Navedeni rezultati jasno ukazuju na uticaj klimatskih uslova područja, a takođe i uticaj mikroklimatskih uslova na evapotranspiraciju jabuke.

Tabela 1.Vodni bilans jabuke (k_c koeficijent 1,15)**Table 1.**Apple water balance (k_c coefficient 1.15)

| Elementi bilansa | Mesec | | | | | | |
|---------------------|-------|-----|----------|------|--------|-----------|------------|
| | April | Maj | Jun | Jul | Avgust | Septembar | Vegetacija |
| ET _o | 102 | 132 | 137 | 136 | 133 | 92 | 732 |
| k_c | 0,6 | 0,7 | 0,9/1,15 | 1,15 | 1,15 | 0,95 | 0,91/0,95 |
| ET _c | 45 | 66 | 93 | 103 | 99 | 50 | 456 |
| ET _d | 1,5 | 2,1 | 3,1 | 3,3 | 3,2 | 1,7 | 2,5 |
| P | 25 | 111 | 163 | 99 | 90 | 18 | 506 |
| Δ | -20 | +45 | +70 | -4 | -9 | -27 | |
| r | 40 | 40 | 40 | 36 | 27 | 1 | |
| ET _a | 45 | 66 | 93 | 103 | 99 | 45 | 451 |
| d | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| s | 0 | 20 | 70 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| n | 70 | 136 | 114 | 89 | 88 | 40 | 537 |
| l | 5,7 | 7,1 | 7,7 | 7,4 | 7,2 | 5,1 | 6,7 |

ET_o – referentna evapotranspiracija (mm), k_c – koeficijent kulture, ET_c – evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (mm), ET_d – prosečna dnevna evapotranspiracija (mm), $\Delta \pm$ – razlika između padavina (P) i ET_c predstavlja deficit (d) ili suficit (s) vode pošto se utroše ili popune rezerve (r) lakopristupačne vode u zemljištu u sloju do 40 cm dubine, ET_a – evapotranspiracija u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom (mm), l = količina vode u l (litara) koju treba dodati navodnjavanjem dnevno svakom stablu

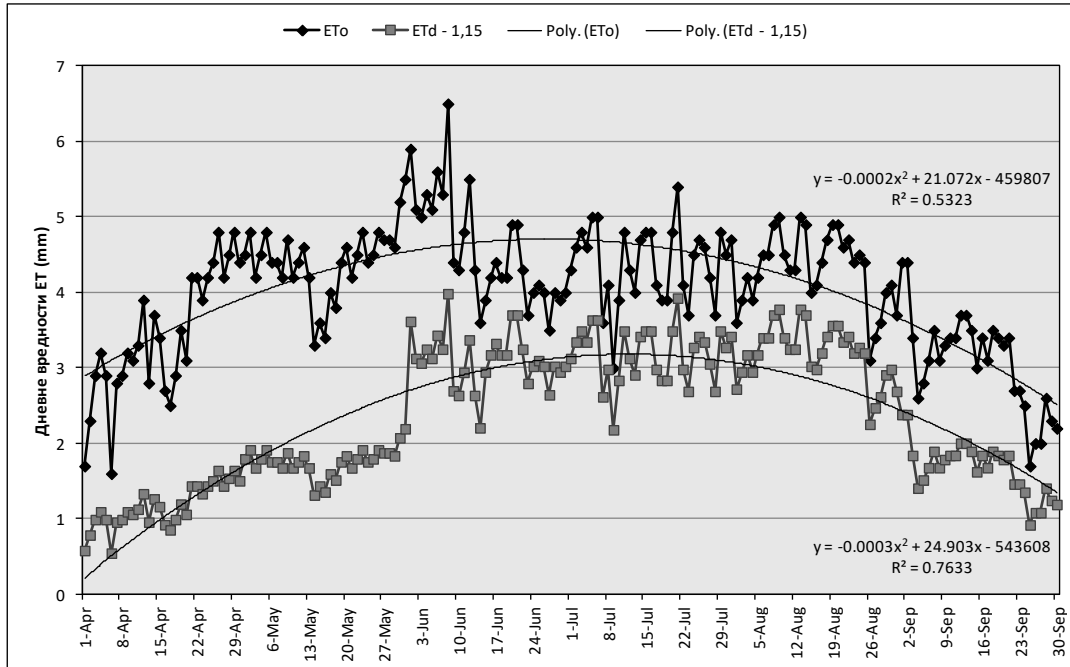
Dnevne prosečne vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju jabuke bile su najveće u julu, 3,3 mm, odnosno 4,7 mm (Tabela 1 i 2, Grafikon 1 i 2). Maksimalne dnevne vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju jabuke takođe su utvrđene u julu 3,9 mm, odnosno 5,7 mm (Grafikon 1 i 2). Utvrđene vrednosti su saglasne sa rezultatima Rolbiecki et al. (2017) koji su u klimatskim uslovima Poljske utvrdili maksimalne dnevne vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju jabuke, takođe, u julu od 5,4 mm. Pomenuti istraživači ističu niže vrednosti u avgustu od 4,4 mm i junu od 3,5 mm što je takođe saglasno rezultatima naših istraživanja.

Tabela 2.Vodni bilans jabuke (k_c koeficijent 1,3)**Table 2.**Apple water balance (k_c coefficient 1.3)

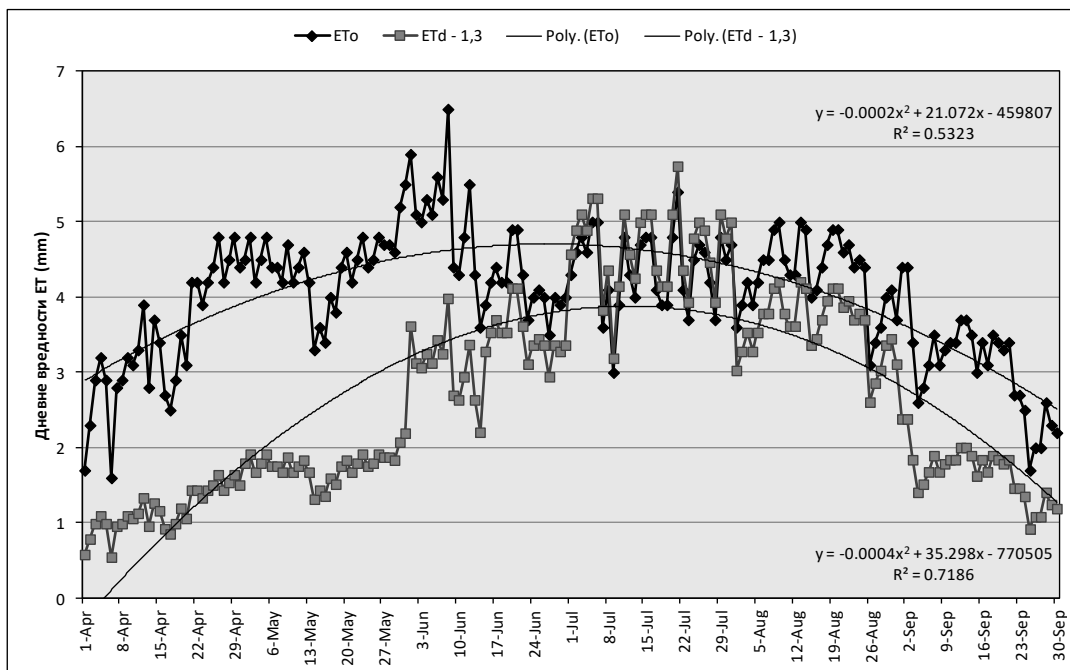
| Elementi bilansa | Mesec | | | | | | |
|---------------------|-------|-----|---------|-----|--------|-----------|------------|
| | April | Maj | Jun | Jul | Avgust | Septembar | Vegetacija |
| ET _o | 102 | 132 | 137 | 136 | 133 | 92 | 732 |
| k_c | 0,6 | 0,7 | 0,9/1,3 | 1,3 | 1,3 | 0,95 | 0,9/0,93 |
| ET _c | 45 | 66 | 99 | 145 | 112 | 50 | 517 |
| ET _d | 1,5 | 2,1 | 3,3 | 4,7 | 3,6 | 1,7 | 2,8 |
| P | 25 | 111 | 163 | 99 | 90 | 18 | 506 |
| Δ | -20 | +45 | +64 | -40 | 0 | -32 | |
| r | 40 | 40 | 40 | 0 | 0 | 0 | |
| ET _a | 45 | 66 | 99 | 139 | 90 | 18 | 457 |
| d | 0 | 0 | 0 | 6 | 22 | 32 | 60 |
| s | 0 | 20 | 64 | 0 | 0 | 0 | 84 |
| n | 70 | 136 | 114 | 89 | 88 | 40 | 537 |
| l | 6,4 | 8,1 | 8,7 | 8,3 | 8,1 | 5,8 | 7,6 |

ET_o – referentna evapotranspiracija (mm), k_c – koeficijent kulture, ET_c – evapotranspiracija u uslovima navodnjavanja (mm), ET_d – prosečna dnevna evapotranspiracija (mm), $\Delta \pm$ – razlika između padavina (P) i ET_c predstavlja deficit (d) ili suficit (s) vode pošto se utroše ili popune rezerve (r) lakopristupačne vode u zemljištu u sloju do 40 cm dubine, ET_a – evapotranspiracija u uslovima prirodne obezbeđenosti biljaka vodom (mm), l = količina vode u l (litara) koju treba dodati navodnjavanjem dnevno svakom stablu

Na osnovu utvrđenih vrednosti EAS (%), razmaka između redova i razmaka biljaka u redu obračunate su dnevne vrednosti količine vode koje treba dodati navodnjavanjem I (litara) svakom stablu pojedinačno (Tabela 1 i 2). U zavisnosti od k_c (1,15, ili 1,3) prosečne vrednosti za period vegetacije su bile 6,7 i 7,6 l po stablu. Najveće prosečne mesečne vrednosti utvrđene su za jun i u zavisnosti od k_c vrednosti bile su 7,7 i 8,7 l po stablu (Tabela 1 i 2), odnosno navodnjavanjem je neophodno dodati 30,0 i 33,9 m³ ha⁻¹ za razmak 3,2 x 0,8 m (3900 biljaka po ha).



Grafikon 1. Dnevne vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju jabuke (k_c koeficijent 1,15)
Figure 1. Daily values of water used for apple evapotranspiration (k_c coefficient 1.15)



Grafikon 2. Dnevne vrednosti utrošene vode na evapotranspiraciju jabuke (k_c koeficijent 1,13)
Figure 2. Daily values of water used for apple evapotranspiration (k_c coefficient 1.13)

Zaključci

Utrošak vode na evapotranspiraciju u periodu vegetacije jabuke primenom metode efektivne osenčenosti (Effective area of shade, EAS) i koeficijenta kulture (k_c) 1,15 i 1,3 bio je 456 i 517 mm, mesečne vrednosti (april-septembar) bile su u intervalu 45-103 mm i 45-145 mm, a prosečne dnevne 2,5, i 2,8 mm, sa maksimalnim vrednostima u julu 3,9 i 5,7 mm.

U zavisnosti od k_c (1,15, ili 1,3) prosečne dnevne vrednosti količine vode koje treba dodati navodnjavanjem svakom stablu pojedinačno za period vegetacije (I) su bile 6,7 i 7,6 l po stablu. Najveće prosečne mesečne vrednosti I utvrđene su za jun i u zavisnosti od k_c bile su 7,7 i 8,7 l po stablu, odnosno navodnjavanjem je neophodno dodati 30,0 i 33,9 m³ ha⁻¹ za razmak 3,2 x 0,8 m (3900 biljaka po ha).

Na osnovu ranije utvrđenih vrednosti utroška vode na evapotranspiraciju jabuke u našim klimatskim uslovima od 550 do 600 mm nameće se zaključak da primena obračuna utroška vode na evapotranspiraciju jabuke metodom EAS primenom k_c 1,3 odnosno formule ET_c (mm) = 1,3 x EAS (%) x ET_o (mm) + 0,1 ET_o (mm) može biti prihvaćena u klimatskim uslovima Vojvodine.

Zahvalnica

Sredstva za realizaciju rezultata istraživanja obezbeđena su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS, na osnovu ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2020.godini (ugovor 451-03-68/2020-14/200117).

Literatura

- APAL (2018) Apple and Pear Australia Ltd, <https://apal.org.au/wp-content/uploads/2019/09/fo-ow-handout-09-sept-irrigation-guidelines.pdf>. Pristupljeno 11. aprila 2018.
- Bošnjak, Đ. 1999. Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Consoli, S., Licciardello, F., Vanella, D., Pasotti, L., Villani, G., Tomei, F. 2016. Testing the water balance model criteria using TDR measurements, micrometeorological data and atellite-based information. *Agric. Water Manag.* 170: 68–80.
- Dzikiti, S., Volschenk, T., Midgley S.J.E., Lötze, E., Taylor, N.J., Gush, M.B., Ntshidi, Z., Zirebwa, S.F., Doko, Q., Schmeisser, M., Jarman, C., Steyn, W.J., Pienaar, H.H. 2018. Estimating the water requirements of high yielding and young apple orchards in the winter rainfall areas of South Africa using a dual source evapotranspiration model. *Agric Water Manag* 208: 152-162.
- FAO (2014) Faostat Database Search Results, <http://www.fao.org>. Pristupljeno 21. maja 2020.
- Fernández, J.E., Cuevas, M.V., 2010. Irrigation scheduling from stem diameter 683 variations: a review. *Agric. For. Meteorol.* 150: 135–151.
- Giuliani, R., Magnanini, E., Corelli-Grapadelli, L. 1998. Whole canopy gas exchange and light interception of three peach training systems. *Acta Hort.* 465: 309–317.
- Goodwin, I. (2009) Determining effective area of shade in orchards and vineyards to estimate cropwater requirement. Agnote: AG1383 <http://www.dpi.vic.gov.au/agriculture/horticulture/fruitnuts/orchard-management/determining-effective-area-of-shade-in-orchards-and-vineyards-toestimate-crop-water-requirement>. Pristupljeno 11. aprila 2018.
- Gush, M.B., Taylor, N.J. 2014. The water use of selected fruit tree orchards (volume 2): technical report on measurements and modelling. Water Research Commission Report No.1770/2/14. WRC, Pretoria, South Africa.
- Hergreaves, G.H., Samani, Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Appl Eng Agric*, 1(2): 96–99.
- Liu, C., Sun, G., McNulty, S.G., Kang, S. 2015. An improved evapotranspiration model for an apple orchard in Northwest China. *ASABE* 58, 1253–1264.
- Naor, A., Klein, I., Doron, I., Gal, Y., Ben-David, Z., Bravdo, B. 1997. Irrigation and crop load interactions in relation to apple yield and fruit size distribution. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 411–414.
- Naor, A., Naschitz, S., Peres, M., Gal, Y. 2008. Responses of apple fruit size to tree water status and crop load. *Tree Physiology* 28: 1255–1261.
- O'Connell, M.G., Goodwin, I., Dunn, G.M. 2006. Towards a better understanding of crop water requirement in orchards: a case study from the Goulburn Valley. *Aust. J. Exp. Agri.* 46:405-412.
- O'Connell, M.G., Goodwin, I., Wheaton, A.D. 2008. Response of Pink Lady Apple to Irrigation Estimated from Effective Area of Shade. *Proc. Vth IS on Irrigation of Hort. Crops, Acta Hort.* 792, ISHS 2008: 495-498.
- Pejić, B., Mačkić, K., Ranđelović, P., Milić, S., Sikora, V., Bekavac, G, Bajić, I., Simić, D. 2019. Primena indirektnih metoda u obračunu utroška vode na evapotranspiraciju kukuruza. *Ann. Agron.* 43(2): 78-91.
- RHMZ (2020) Republički hidrometeorološki zavod Srbije, <http://www.hidmet.gov.rs/>. Pristupljeno 15. marta 2020.
- Robinson, T., Lakso, A.N. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116: 188–194.

- Rolbiecki, S., Senyigit, U., Treder, W., Rolbiecki, R. 2017. Comparison of apple tree water requirements in the Bydgoszcz (Poland) and Isparta (Turkey) regions. *Infrastructure and ecology of rural areas*, 1251–1261.
- Statistički godišnjak Srbije (2018) <https://publikacije.stat.gov.rs/G2018/Pdf/G20182051.pdf>. Pristupljeno 20. marta 2020.
- Treder, W. 2012. Potreby wodne roślin sadowniczych. *Informator Sadowniczy* 3: 1-4.
- Wünsche, J.N., Lakso, A.N., Robinson, T. 1995. Comparison of four methods for estimating total light interception by apple trees of varying forms. *HortScience* 30:272–276.

The effective area of shade as a basic for determining the water requirement of apples

Borivoj Pejić^{a*}, Ksenija Mačkić^a, Nenad Magazin^a

^aUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: ksenija@polj.uns.ac.rs

ABSTRACT

Research on the calculation of apple water requirements or evapotranspiration (ET_c) by the method of the effective area of shade (EAS) and the application of crop coefficients (k_c) 1.15 and 1.3 was performed in the orchard of the company Delta Agrar Ltd. in Čelarevo in 2018. The Breburn variety was analyzed in the research. The measurement of shade percent was performed in the morning (9 a.m.), at noon and in the afternoon (15 p.m.). Based on the measured values of the shadow length and the estimated area of the unshaded parts within the shaded area, the EAS of 57% was calculated. The determined EAS values are used in further calculations of daily, monthly and vegetation apple ET_c (mm), and the values of water quantity in liters (l) that should be added by irrigation (I) to each tree in relation to vegetation space are also calculated. Vegetation space in an apple orchard is defined by a row spacing of 3.2 m and a row spacing of 0.8 m (3900 plants/ha). The values of the reference evapotranspiration (ET_o) as a parameter for determining the ET_c were calculated by the Hargreaves method. The k_c coefficients of 1.15 and 1.3 were used in the calculation. The calculated values of ET_c for apple at the vegetation level were 456 mm and 517 mm. The monthly values (April-September) were in the range of 45-103 mm and 45-145 mm. The average ET_d during the vegetation period was 2.5 mm, and 2.8 mm, with maximum values in July of 3.9 mm and 5.7 mm. Based on the previously determined values of water consumption for apple evapotranspiration in our climatic conditions from 550 to 600 mm, it can be concluded that the application of water consumption for apple evapotranspiration by EAS method using k_c 1,3 or formula ET_c (mm) = 1,3 x EAS (%) x ET_o (mm) + 0.1 ET_o (mm) can be accepted in the climatic conditions of the Vojvodina region.

KEY WORDS: apple water requirements, evapotranspiration, effective area of shade (EAS), crop coefficients (k_c)

Primljen: 15.11.2020

Prihvaćen: 18.11.2020.