

POTREBE OZIME PŠENICE ZA VODOM OBRAČUNATE CROPWAT 8.0 MODELOM I METODOM VODNOG BILANSA U USLOVIMA JUŽNE SRBIJE

Miroljub Aksić, Gordana Šekularac, Nebojša Gudžić, Jasmina Knežević,
Desimir Knežević, Slaviša Gudžić, Tanja Jakišić

Izvod: Eksperimentalna istraživanja poljskim ogledom u uslovima navodnjavanja obavljena su u dolini reke Južna Morava, na aluvijalnom zemljištu u periodu 2009-2011. Metodom vodnog bilansa izmeren je utrošak vode ozime pšenice na evapotranspiraciju (289,5–410,7 mm). Za obe godine istraživanja najviši prinosi zrna ozime pšenice dobijeni su na varijanti sa predzalivnom vlažnošću 70% od PVK (7110 kg ha⁻¹ i 7480 kg ha⁻¹), zato izmerene vrednosti ET na ovoj varijanti od 381,1 do 393,1 mm predstavljaju potencijalnu evapotranspiraciju (ETP) pšenice za uslove u južnoj Srbiji. Obračunate potrebe pšenice za vodom (ET_c) CROPWAT modelom za sezonu 2009/10 bile su 442,7 mm, dok je u sezoni 2010/11 obračunat utrošak od 461,4 mm vode.

Ključne reči: pšenica, navodnjavanje, CROPWAT, vodni bilans

Uvod

Od pojave prvih pokušaja obračuna potencijalne evapotranspiracije (ETP) težnja je bila da metoda ima globalnu upotrebu. Analizom brojnih rezultata referentne evapotranspiracije (ET_o), dobijenih različitim obračunskim metodama i direktnim merenjima, preporučeno je da standardna metoda za obračun ET_o bude *FAO Penman-Monteth* jednačina (Allen et al., 1998). Potrebe biljaka za vodom zatim se obračunavaju kao proizvod ET_o i biljnih koeficijenata (K_c) poljoprivrednih kultura

CROPWAT 8.0 je program za obračun potreba biljaka za vodom i rasporeda navodnjavanja na osnovu podataka o zemljištu, klimi i poljoprivrednim kulturama (FAO, 2009). Sve obračunske procedure korišćene u softveru bazirane su na FAO publikacijama No.56 (Allen et al., 1998) i No.24 (Doorenbos i Kassam, 1979). Brojni istraživači su koristili CROPWAT model za analizu potreba useva za vodom u različitim regionima sveta (Dechmi et al., 2003; Gouranga i Verma, 2005; Martyniak et al., 2006).

Miroljub Aksić, Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Lešku, Kopaonička bb, Srbija (miroljub.aksic@gmail.com)

Gordana Šekularac, Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Srbija

Nebojša Gudžić, Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Lešku, Kopaonička bb, Srbija

Jasmina Knežević, Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Lešku, Kopaonička bb, Srbija

Desimir Knežević, Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Lešku, Kopaonička bb, Srbija

Slaviša Gudžić, Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Lešku, Kopaonička bb, Srbija

Tanja Jakišić, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Poljoprivredni fakultet, Vuka Karadžića 30, Istočno Sarajevo, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Dragović i Maksimović (2000) u uslovima navodnjavanja konstatovali su ETP pšenice od 293–346 mm. Luchiari et al. (1997) utvrdili su utrošak vode pšenice na ET od 345–385 mm. Xiying et al. (2011) navode vrednosti ETP pšenice od 401–458 mm. Trogodišnjim istraživanjima Haijun et al. (2011) su konstatovali ETP pšenice u rasponu od 266–499 mm. Cilj istraživanja je bio da se uporede vrednosti ETP pšenice izmerene direktnim merenjem metodom vodnog bilansa sa vrednostima obračunatim softverom CROPWAT 8.0 i time utvrdi mogućnost njegovog korišćenja u klimatskim i zemljišnim uslovima južne Srbije.

Materijal i metode rada

Eksperimentalna istraživanja poljskim ogledom u uslovima navodnjavanja obavljena su u dolini reke Južna Morava, Opština Merošina, na aluvijalnom zemljištu u periodu 2009-2011. godine. Ogled je bio postavljen po slučajnom blok dizajnu u pet ponavljanja, a lokacija je bila na 198 m nadmorske visine, 43°19' severne geografske širine i 21°54' istočne geografske dužine. Površina osnovne parcelice bila je 35 m², a tokom vegetacije obavljene su uobičajene agrotehničke mere za pšenicu. Setva pšenice je obavljena sortom NS Rana 5, 12 oktobra 2009. godine i 17 oktobra 2010. godine. Gustina setve je bila 500 kljavih semena po m². Žetva je obavljena za obe godine istraživanja u drugoj dekadi jula.

Navodnjavanje je obavljeno veštačkom kišom, a vreme zalivanja određivano je praćenjem dinamike vlažnosti zemljišta do dubine 60 cm. Vlažnost zemljišta je merena pre zalivanja temogravimetrijskom metodom u sušnici na temperaturi 105–110 °C. U ogledu su bile zastupljene tri varijante navodnjavanja sa predzalivnom vlažnošću od 60%, 70% i 80% od poljskog vodnog kapaciteta (PVK), kao i kontrolna varijanta bez navodnjavanja. Utrošak vode na evapotranspiraciju za vegetacioni period je određen metodom vodnog bilansa u polju (Aksić, 2007).

Neophodni meteorološki podaci (srednje mesečne vrednosti: minimalne i maksimalne temperatura, brzine vetra, relativne vlažnosti i broja sunčanih sati) za unos u softver CROPWAT 8.0, preuzeti su sa sajta Hidrometeorološkog zavoda Srbije (2014), za meteorološku stanicu Niš, osim padavina koje su merene kišomerom na oglednom polju (Tabela 1).

Tabela 1. Meteorološki podaci u periodu istraživanja
Table 1. Meteorological parameters for the investigated period

| Year | 2009/10. | | | | | | 2010/2011. | | | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|-----------|---------------|----------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|---------------|----------------|------------------|
| Month | T _{min} (°C) | T _{max} (°C) | RH (%) | Wind (m/s) | Sun (hours) | Rainfall (mm) | T _{min} (°C) | T _{max} (°C) | RH (%) | Wind (m/s) | Sun (hours) | Rainfall (mm) |
| X | 7,4 | 18,4 | 78 | 0,7 | 4,2 | 84 | 6,2 | 15,4 | 77 | 0,9 | 3,1 | 73 |
| XI | 4,0 | 14,5 | 82 | 0,5 | 3,0 | 101 | 7,2 | 18,9 | 71 | 1,2 | 3,5 | 44 |
| XII | 1,0 | 8,8 | 81 | 0,9 | 1,0 | 73 | -1,2 | 7,7 | 79 | 1,3 | 1,4 | 72 |
| I | -1,8 | 5,1 | 79 | 1,2 | 1,3 | 54 | -2,7 | 4,8 | 83 | 0,8 | 1,7 | 24 |
| II | -0,1 | 7,9 | 79 | 1,2 | 1,5 | 88 | -2,6 | 4,4 | 80 | 1,4 | 2,0 | 43 |
| III | 3,1 | 13,2 | 68 | 1,4 | 4,3 | 52 | 2,2 | 12,7 | 69 | 1,4 | 5,0 | 30 |
| IV | 7,7 | 18,5 | 71 | 1,0 | 5,4 | 79 | 6,8 | 18,6 | 59 | 1,5 | 6,0 | 12 |
| V | 11,8 | 23,3 | 71 | 0,8 | 5,6 | 65 | 10,6 | 22,8 | 69 | 0,9 | 6,1 | 58 |
| VI | 15,5 | 27,2 | 72 | 0,8 | 7,3 | 53 | 14,9 | 27,4 | 63 | 1,0 | 7,6 | 42 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|----|-----|-----|----|------|------|----|-----|------|----|
| VII | 17,5 | 29,6 | 70 | 0,8 | 8,3 | 35 | 16,5 | 30,4 | 61 | 0,6 | 8,9 | 47 |
| VIII | 17,0 | 31,4 | 65 | 0,6 | 8,9 | 29 | 16,2 | 32,0 | 54 | 0,9 | 10,6 | 4 |
| IX | 12,2 | 25,2 | 67 | 0,8 | 3,2 | 14 | 14,5 | 29,7 | 58 | 0,7 | 8,8 | 38 |

Prva verzija CROPWAT kompjuterskog programa je razvijena od strane “FAO Land and Water Development Division” (Smith, 1992). Ona sadrži jednostavan model vodnog bilansa, koji omogućava simulaciju useva u uslovima vodnog stresa, procenu smanjenja prinosa na osnovu dobro utvrđenih metodologija za određivanje evapotranspiracije useva i reakciju prinosa na vodu (Doorenbos i Kassam, 1979).

CROPWAT 8.0 je najnovija verzija ovog programa sa kojom možemo odrediti: referentnu evapotranspiraciju (ET_0), potrebe biljaka za vodom (ET_c), vreme zalivanja, deficit vlažnosti zemljišta na dnevnom nivou, redukciju prinosa usled vodnog stresa. Koeficijenti ozime pšenice (K_c) korišćeni za obračun ET_c su kalibrisani za zemljišne i klimatske uslove severne Srbije (Jaćimović, 2012).

Rezultati istraživanja i diskusija

Metodom vodnog bilansa izmeren je utrošak vode ozime pšenice na evapotranspiraciju (289,5–410,7 mm). Najviše vrednosti ET ozime pšenice (Tabela 2) za period istraživanja izmerene su na varijanti sa predzalivnom vlažnošću 80% od PVK (405,2–410,7 mm), a najmanje vrednosti ET na kontroli (289,5 mm) i na varijanti sa predzalivnom vlažnošću 60% od PVK (346 mm).

Tabela 2. Evapotranspiracija i prinos zrna ozime pšenice
Table 2. Evapotranspiration and grain yield of winter wheat

| Godina Year | PVK FWC (%) | Zemlj. rezerve vode Soil water supplies (mm) | Padavine Precipitation (mm) | Zalivanje Irrigation (mm) | Prinos zrna Grain Yield (kg ha ⁻¹) | ET (mm) |
|----------------|-------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------|--|------------|
| 2009/10 | 80 | 51,2 | 279,5 | 80 | 6350 | 410,7 |
| | 70 | 63,6 | 279,5 | 40 | 7480 | 393,1 |
| | 60 | 84,0 | 279,5 | 20 | 6870 | 383,5 |
| | Control | 92,7 | 279,5 | - | 6070 | 372,2 |
| 2010/11 | 80 | 43,5 | 211,7 | 150 | 6520 | 405,2 |
| | 70 | 49,4 | 211,7 | 120 | 7110 | 381,1 |
| | 60 | 54,3 | 211,7 | 80 | 6340 | 346,0 |
| | Control | 77,8 | 211,7 | - | 4780 | 289,5 |

Za obe godine istraživanja najviši prinosi zrna ozime pšenice dobijeni su na varijanti sa predzalivnom vlažnošću 70% od PVK (7110 kg ha⁻¹ i 7480 kg ha⁻¹), zato izmerene vrednosti ET na ovoj varijanti od 381,1 do 393,1 mm predstavljaju potencijalnu evapotranspiraciju (ETP) pšenice za uslove u južnoj Srbiji. Utvrđene vrednosti potencijalne evapotranspiracije pšenice u našim istraživanjima (381,1–393,1 mm) su više od vrednosti koje navodi Bošnjak (1999). Izmerena ETP u našim istraživanjima je približna vrednostima (345–385 mm) koje su naveli Luchiaro et al. (1997) i Balwinder et al. (2011) koji su uslovima navodnjavanja odredili da su potrebe biljaka za vodom u rasponu od 345 do 404 mm. Više vrednosti evapotranspiracije

(401–458 mm) ozime pšenice u odnosu na naša istraživanja navode Xiying et al. (2011). Haijun et al. (2011) su takođe zabeležili visoku vrednost ET pšenice od 499 mm. Različite vrednosti potencijalne evapotranspiracije pšenice koje navode istraživači su posledica pedoklimatskih uslova područja gde su obavljena istraživanja.

Obračunata vrednost potrebe pšenice (ET_c) za vodom, programom CROPWAT za sezonu 2009/10. Bila je 409,9 mm, a u sezoni 2010/11. je iznosila 432,6 mm (Tabela 3).

Tabela 3. Potrebe pšenice za vodom obračunate softverom CROPWAT 8.0
Table 3. Winter wheat water requirements calculated by CROPWAT 8.0 software

| Mesec <i>Month</i> | Kc | 2009/10. | | 2010/11. | |
|-----------------------|------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------|--------------|
| | | ET_o (mm day ⁻¹) | ET_c (mm) | ET_o (mm day ⁻¹) | ET_c mm |
| X | 0,75 | 1,15 | 15,52 | 1,19 | 12,49 |
| XI | 0,75 | 0,74 | 16,65 | 0,94 | 21,15 |
| XII | 0,70 | 0,59 | 12,80 | 0,70 | 15,19 |
| I | 0,40 | 0,56 | 6,94 | 0,47 | 5,83 |
| II | 0,70 | 0,75 | 14,7 | 0,67 | 13,13 |
| III | 0,78 | 1,61 | 38,93 | 1,57 | 37,96 |
| IV | 0,97 | 2,36 | 68,67 | 2,79 | 81,19 |
| V | 1,12 | 3,07 | 106,59 | 3,15 | 109,57 |
| VI | 0,92 | 3,90 | 107,64 | 4,13 | 113,99 |
| VII | 0,30 | 4,76 | 21,42 | 4,38 | 22,34 |
| Ukupno | | | 409,86 | | 432,64 |

Prosečna vrednost izmerene potencijalne evapotranspiracije pšenice (387,1 mm) za period istraživanja je bila manja za 34.1 mm od prosečne obračunate vrednosti (421,2 mm) utroška vode pšenice na evapotranspiraciju.

Konstatovane razlike u izmerenoj i obračunatoj potencijalnoj evapotranspiraciji softverom CROPWAT su saglasne sa istraživanjima Ramezani et al. (2009), koji navode da primena CROPWAT modela bez kalibracije koeficijenata useva i karakteristika zemljišta može dovesti do značajnih grešaka. Najafi (2007) je u svojim istraživanjima zaključio da u aridnim i semiaridnim uslovima CROPWAT model ne može dati dobre rezultate u obračunu potencijalne evapotranspiracije. Smith et al. (2002) tvrde da model CROPWAT daje zadovoljavajuće rezultate u sprovođenju racionalnog zalivnog režima, ako se izvrši kalibracija biljnih koeficijenata.

Zaključak

Potrebe ozime pšenice za vodom (381,1–393,1 mm) odnosno ETP za uslove južne Srbije, izmerena je metodom vodnog bilansa na varijanti sa predzalivnom vlažnošću 70% od PVK. Utvrđena je razlika u izmerenoj, metodom vodnog bilansa, i obračunatoj potencijalnoj evapotranspiraciji softverom CROPWAT 8.0. Efikasno korišćenje CROPWAT modela, za obračun potreba vode ozime pšenice u agoekološkim uslovima južne Srbije je moguće, ako se prethodno obavi kalibracija biljnih koeficijenata.

Napomena

Istraživanja u ovom radu deo su projekta „Izučavanje genetičke osnove poboljšanja prinosa i kvaliteta strnih žita u različitim ekološkim uslovima“, br. projekta T.R. 31092. Projekat je finansiralo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Literatura

- Aksić M. (2007). Potencijalna evapotranspiracija i zalivni režim duvana tipa Virdžinija. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Allen RG, Pereira L, Raes S, Smith D. (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper, vol. 56, FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Balwinder S, Eberbach PL, Humphreys E, Kukal SS. (2011). The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration, and soil evaporation on irrigated wheat in Punjab, India. *Agricultural Water Management*, 98 (12), 1847-1855.
- Bošnjak, Đ. (1999). Navodnjavanje poljoprivrednih useva. Poljoprivredni fakultet. Novi Sad.
- Dechmi F, Playan E, Faci JM, Tajero M, Bercero A. (2003). Analysis of an irrigation district in northeastern Spain: II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. *Agricultural Water Management*, 61, 93-109.
- Doorenbos J, Kassam A.H. (1979). FAO irrigation and drainage paper No. 33 “Yield response to water”, FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Dragović S, Maksimović L. (2000). Navodnjavanje ozime pšenice u cilju realizacije genetskog potencijala na rodnost. *Selekcija i semenarstvo*, 7 (3-4), 9-15.
- FAO. (2009). CROPWAT 8.0, Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization, Rome. Dostupno: <http://www.fao.org>
- Gouranga K, Verma HN. (2005). Climatic water balance, probable rainfall, rice crop water requirements and cold period in India. *Agricultural Water Management*, 72, 15-32.
- Haijun L, Lipeng Y, Yu L, Xiangping W, Guanhua H. (2011). Responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) evapotranspiration and yield to sprinkler irrigation regimes. [Agricultural Water Management](#), 98 (4), 483-492.
- Jaćimović G. (2012). Optimiranje mineralne ishrane pšenice u zavisnosti od vremenskih uslova godine. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Luchiarì AJR, Riha SJ, Gomide RL. (1997). Energy balance in irrigated wheat in the Cerrados Region of Central Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 54,78-88.
- Martyniak L, Dabrowska-Zielinska K, Szymczyk R. (2006). Validation of satellite-derived soil-vegetation indices for prognosis of spring cereals yield reduction under drought conditions—Case study from central-western Poland. *Advances in Space Research*, 8, 1-6.

- Najafi P. (2007). Assessment of CropWat model accuracy for estimating potential evapotranspiration in arid and semi-arid region of Iran. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10 (16), 2665-2669.
- Ramezani EH, Nazari B, Tavakoli AR, Parsinezhad M. (2009). Evaluation of CROPWAT model in deficit irrigation management of wheat and barley in Karaj. *Journal of Water and Soil*, 23 (1), 119-129.
- Republički hidrometeorološki zavod Srbije. (2014). Meteorološki godišnjaci – klimatološki podaci. Dostupno: <http://www.hidmet.gov.rs>
- Smith M. (1992). CROPWAT. A computer program for irrigation planning and management. In: *FAO Irrigation and Drainage Paper 46*. Rome: FAO, 65.
- Smith M, Kivumbi D, Heng LK. (2002). Use of the FAO CROPWAT model in deficit irrigation studies. *Deficit irrigation practices*, FAO, Rome, 17-29.
- Xiyang Z, Suying C, Hongyong S, Liwei S, Yanzhe W. (2011). Changes in evapotranspiration over irrigated winter wheat and maize in North China Plain over three decades. *Agricultural Water Management*, 98 (6), 1097-1104.

WINTER WHEAT WATER REQUIREMENTS CALCULATED BY CROPWAT 8.0 MODEL AND METHOD WATER BALANCE IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN SERBIA

Miroljub Aksić, Gordana Šekularac, Nebojša Gudžić, Jasmina Knežević, Desimir Knežević, Slaviša Gudžić, Tanja Jakišić

Abstract

The experimental investigation through field trials has been carried out in the river valley of Južna Morava, municipality of Merošina, on the alluvium soil type, during the period 2009-2011. Water used on evapotranspiration of winter wheat (289.5-410.7 mm) was measured by water balance method. Considering average for both investigated years, the highest grain yield of winter wheat was observed at the variant with pre-irrigation soil moisture 70% of FWC (7110 kg ha⁻¹ and 7480 kg ha⁻¹), so measured values of ET at this variant from 381.1 to 393.1 mm represent potential evapotranspiration (ETP) of winter wheat in southern Serbia. Calculated demand for water of winter wheat (ET_c) by CROPWAT model for the season 2009/10 was 409.9 mm, while in the season 2010/11 calculated water consumption amounted 432.6 mm of water.

Key words: Wheat, irrigation, CROPWAT 8.0, water balans

Miroljub Aksić, University of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, Lešak, Serbia (miroljub.aksic@gmail.com)

Gordana Šekularac, University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia

Nebojša Gudžić, University of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, Lešak, Serbia

Jasmina Knežević, University of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, Lešak, Serbia

Desimir Knežević, University of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, Lešak, Serbia

Slaviša Gudžić, University of Priština, Faculty of Agriculture, Kopaonička bb, Lešak, Serbia

Tanja Jakišić, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, East Sarajevo, Vuka Karadžića 30, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina