

Preliminarna istraživanja raspoloživosti vode i toplotnog stresa

Boris Đurđević¹, Vladimir Vukadinović¹, Irena Jug¹, Vesna Vukadinović¹, Danijel Jug¹, Srđan Šeremešić²

¹University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agriculture Osijek, Kralja Petra Svačića 1d, 31000 Osijek Croatia (bdurdevic@pfos.hr)

²Faculty of Agriculture Novi Sad, Sq. Dositeja Obradovica 8, 21000 Novi Sad, Serbia

Proceedings & Abstracts: 2nd International Scientific Conference Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change (2013)

Uvod

Nakon žestokih ljetnih žega u 2012. godini i pobačaju prinosa kod jarih usjeva, posebice kukuruza, česti su bili napisi i vrlo žustre rasprave u tisku i na web portalima o potrebi navodnjavanja većih poljoprivrednih površina u RH. Pri tome se kao jedini uzrok podbačaja navodila suša, odnosno nedostatak vode u tlu, premda toplotni stres najčešće prati ljetne suše, a veoma visoke temperature i niska relativna vlaga zraka čine jednaku, ili čak veću štetu primarnoj organskoj produkciji. Stoga se najčešće kao rješenje budućih šteta predlaže masovnije navodnjavanje usjeva, a prešućuje da se štete od toplinskog stresa neće time bitno umanjiti. Budući da se radi o izuzetno visokim ulaganjima u sustave za navodnjavanje u usjeva, a ne za profitabilni uzgoj voća, povrća, sjemensku proizvodnju i dr., smatramo da su vrlo zanimljivi rezultati preliminarnih istraživanja raspoloživosti vode koja smo u 2012. godini započeli na području Veliškovci-Gat gdje je završen sustav navodnjavanja za 500 ha, ali uz minornu eksploataciju.

Visoke temperature izazivaju kod biljaka denaturaciju proteina, desikaciju i pojačano disanje. Temperatura od oko 50°C izaziva koagulaciju bjelanjčevina, a već pri 35-40°C biljni organi mogu denaturirati zbog narušavanja fiziološko-biokemijskih procesa u pravcu sinteze otrovnih tvari (Vukadinović, 1999.). Kukuruz reagira padom prinosa već iznad 32°C pri čemu se unazad 50 godina smatra da je toplinski stres jednako štetan kao i suša (Hawkins et al. 2012). Stoga je reakcija biljaka u tzv. uvjetima "vlažne suše", odnosno situacijama kad u tlu ima dovoljno vode pri visokim temperaturama uz nisku relativnu vlagu zraka vrlo zanimljivo područje istraživanja. Naime, ako se taj period poklopi s oplodnjom, kod nas najčešće kukuruza, soje i suncokreta, dolazi do slabe oplodnje i znatnog pada prinosa. Također, provodni sustav biljaka zbog velike evapotranspiracije ne uspijeva nadoknaditi gubitak vode iz lišća, premda u tlu može biti dovoljno vode, te pada turgor (npr. spavanje šećerne repe za vrijeme toplih ljetnih dana) što može prouzročiti visoke štete ako takve okolnosti potraju više dana.

Osim ulaganja u sustave za navodnjavanje nakon podbačaja prinosa usjeva u 2012. god., posebice kukuruza, ima i drugih, jeftinijih i učinkovitih načina za rješavanje deficita vode u primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji kao što su "podizanje" sadržaja humusa u tlu, sjetva kultivara tolerantnih na sušu, konzervacijska obrada, primjena zeolita i dr.

Metode istraživanja

Kako bi pouzdano utvrdili indikatore nedostatka vode u tlu i realno sagledao problem, Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku postavio je automatski mjerni uređaj (*Datalogger Decagon's 5TE*, greška mjerenja <3 %) s dvije mjerne sonde za praćenje vlage, temperature i EC na dvije dubine (30 i 60 cm). Uređaj je postavljen u ataru Veliškovci-Gat (slika 1. i 2.) na slabo kiselom tlu (tablica 1.) zasijanim 24. travnja s pet različitih hibrida kukuruza FAO grupe 300 na sklop od 60.000 biljaka ha⁻¹. Proizvodna parcela je bila dobro opskrbljena raspoloživim fosforom i kalijem, ilovaste je teksture, slabo humozno te dobre relativne pogodnosti za usjeve 60-80 % (P2):

Tablica 1. Kemijska analiza tla

Kemijska analiza tla	0 – 30 cm
pH _{KCl}	5,76
pH _{H₂O}	6,70
AL-P ₂ O ₅ mg 100 g ⁻¹	20,10
AL-K ₂ O mg 100 g ⁻¹	27,27
Humus %	1,41
Hy cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹ H ⁺	1,05

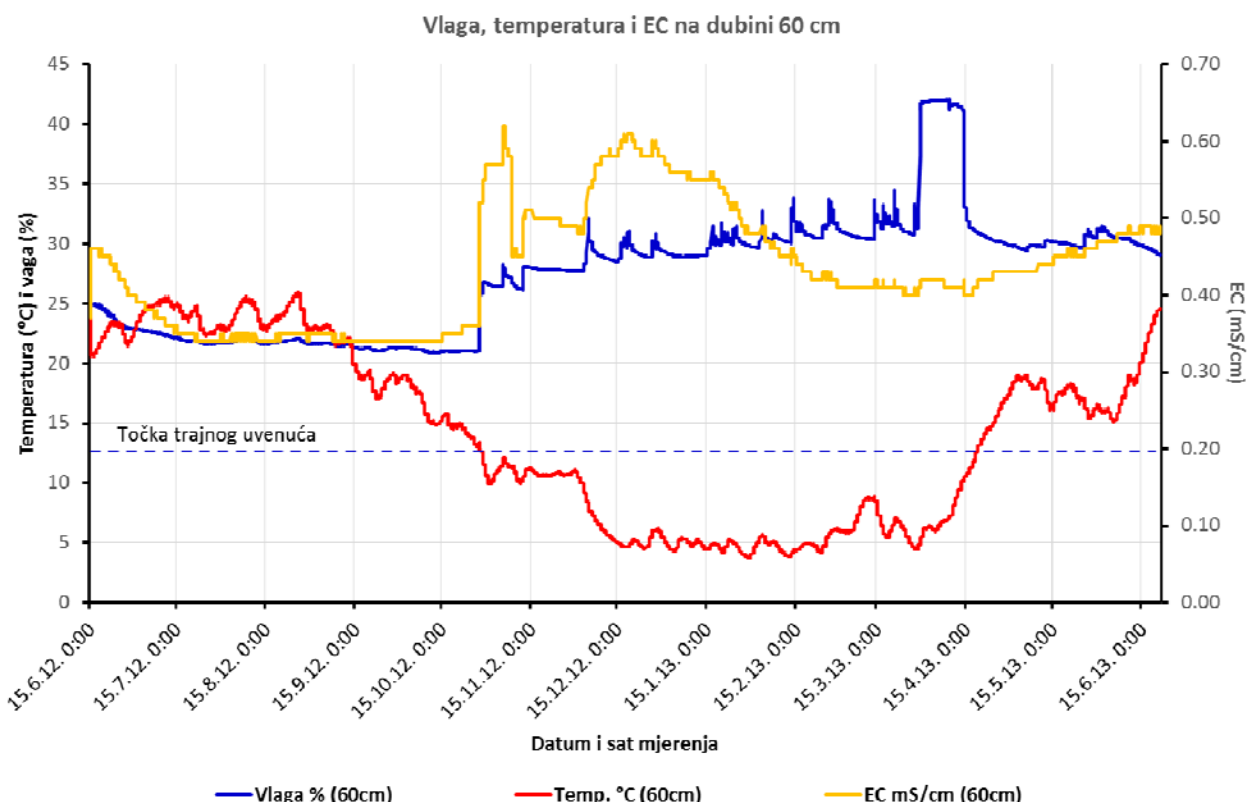
Kontrolom plodnosti utvrđeno je da relativna pogodnost parcele na kojoj je praćena vlaga, temperatura i EC odgovara očekivanom prinosu kukuruza od 9,6 t ha⁻¹ suhog zrna. Stoga je gnojidba podešena za ciljni prinos 10 t ha⁻¹ suhog zrna kukuruza, temeljem kemijske analize tla i preporuke

gnojidbe temeljem ALR kalkulatora, odnosno NPK 175:106:42 u kg/ha NPK aktivne tvari (Vukadinović, <http://tlo-i-biljka.eu/kalkulatori.htm>).

Primijenjena je slijedeća agrotehnika:

- osnovna gnojidba 100 kg uree i 100 kg MAP-a/ha,
- obrada rahljačem na 40 cm (teški čizel),
- zatvaranje brazde obavljeno je teškom klinastom drljačom (kosi klin),
- za predsjetvenu pripremu korišten je sjetvospremač (sa žličastim klinom) i
- posijan je hibrid kukuruza iz FAO grupe 300 24. travnja 2012. pneumatskom sijačicom na sklop 62.000 biljaka/ha (razmak zrna 23 cm),
- prihrana je obavljena s 200 kg/KAN-a/ha u fazi 6 listova zajedno s kultivacijom tako da je ukupna količina dodanih NPK hraniva iznosila: 175:106:42 kg/ha aktivne tvari i
- berba je obavljena 12. rujna 2012. god. kad je zrno sadržavalo 12 % vlage, a postignut je vrlo skroman prinos između 4 i 5 t/ha.

Uređaj za automatsko mjerenje temperature, vlage i EC tla podešen je na jednosatni interval i ukopan 15. lipnja 2012., a podaci s uređaja preuzeti su 8. studenog 2012. Mjerenje je nastavljeno sve do 21. lipnja 2013. god. tako da je ukupno bilo 8901 mjerenje na dubini od 60 cm. Tijekom ispitivanja jednogodišnjeg ciklusa vlage, temperature i EC tla, nakon berbe kukuruza u osnovnoj obradi i gnojidbi tla oštećena je mjerna sonda na dubini od 30 cm (3609 mjerenja) te je jednogodišnji ciklus završen samo sa sondom na dubini od 60 cm. Rezultate za temperaturu, vlagu i EC prikazani su grafikonima 1. i 2.



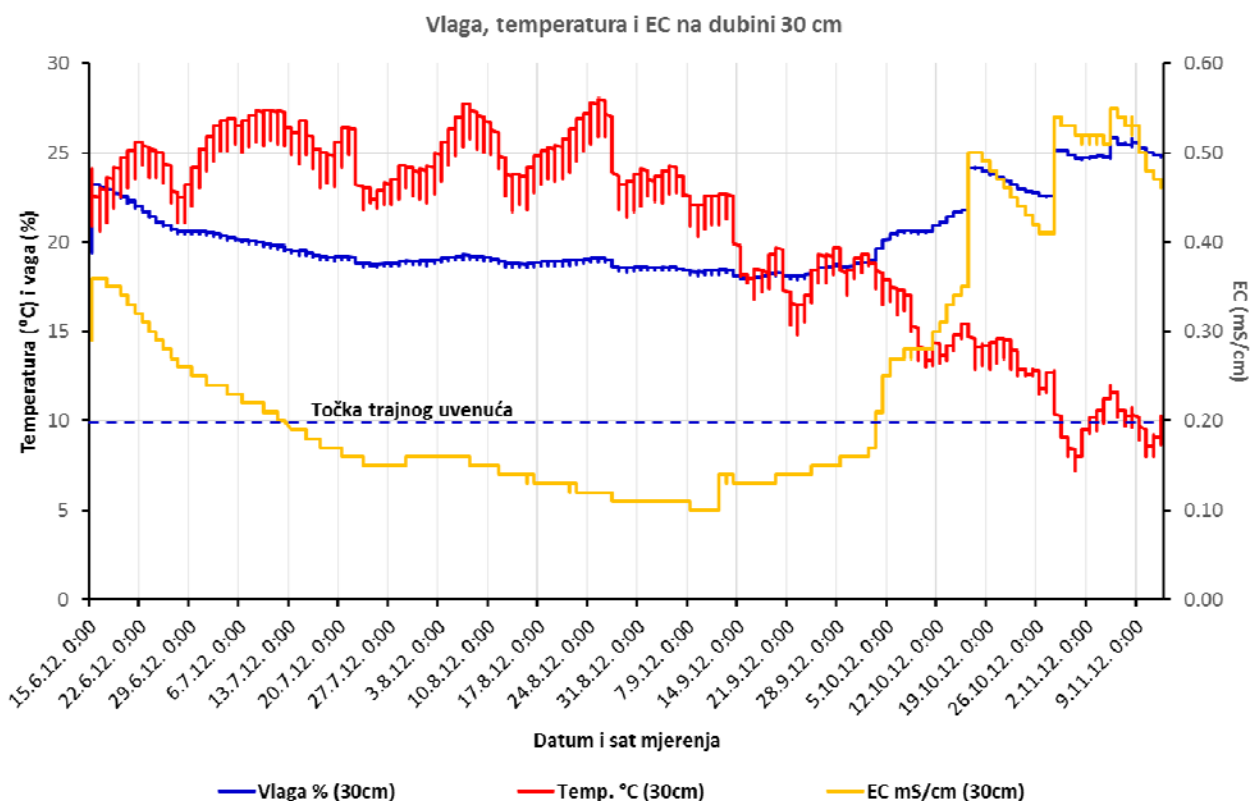
Grafikon 1. Temperatura i vlaga tla na 60 cm u intervalu 15.06.2012.-21.06.2013. (8901 mjerenja)

Rezultati s raspravom

Za pouzdano utvrđivanje razine temperaturnog stresa kod kukuruza i procjenu štete od vrućine potrebno je analizirati vlažnost tla, sklop i starost biljaka (kritične faze su svilanje/oprašivanje i nalijevanje zrna), trajanje visoke temperature i hibridnu tolerantnost (genetsku i fiziološku adaptabilnost).

Vlažnost i temperaturu tla mjerena je na 30 i 60 cm dubine (graf. 1. i 2.), a kako vlaga nije bila utvrđena niti u jednom trenutku ispod točke trajnog uvenuća (~12 %), suša i nije bila tako žestoka kao što se smatra, odnosno nije bila uzrokom niskog prinosa kukuruza koji bio znatno ispod očekivanih 10 t/ha

suhog zrna. Naime, prinos pet hibrida kukuruza na istraživanoj parceli bio je između 4 i 5 t ha⁻¹ suhog zrna kukuruza.



Grafikon 2. Temperatura i vlaga tla na 30 cm u intervalu 15.06.2012.-12.11.2013. (3609 mjerenja)

Tablica 2. Prosječne mjesečne vrijednosti temperature i oborina (Osijek; izvor DHMZ) u vegetaciji kukuruza

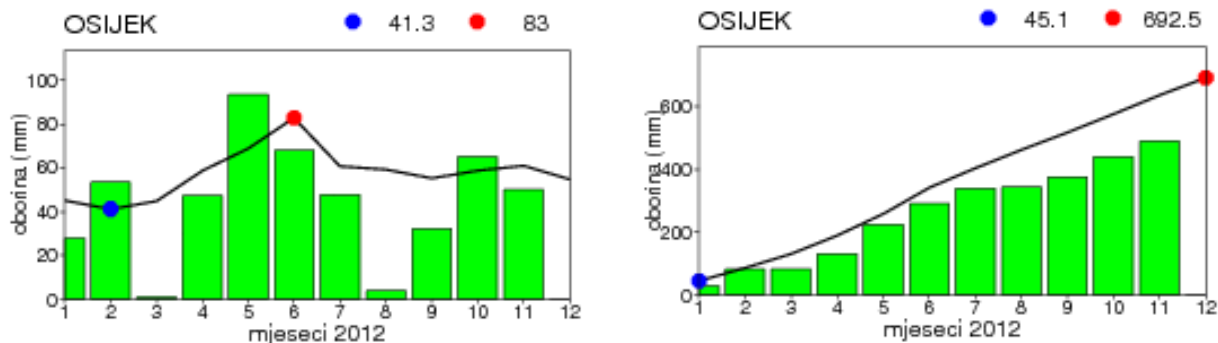
Pokazatelj	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad
Temperatura zraka							
Srednja [°C]	11,5	16,5	19,8	21,6	20,8	16,7	11,2
Aps. maksimum [°C]	30,9	36,0	39,6	40,3	38,9	37,1	30,5
Oborina							
Količina [mm]	58,8	69,1	83,0	60,9	59,4	55,2	58,8

Odstupanje od prosječnih mjesečnih vrijednosti količine oborina za Osijek (tab. 2.; višegodišnji prosjek) prikazan je grafikonom 2. (po mjesecima i kumulativno). Budući da je vrlo mala količina oborina pala u ožujku i kolovozu (graf. 3a) pa je, u odnosu na prosjek, nedostatak vode nastupio tek od kolovoza do kraja godine (graf. 3b).

Međutim, nasuprot relativno malog nedostatka vlage u tlu, u kritičnim fazama formiranja prinosa kukuruza (dva tjedna prije i četiri nakon oprašivanja), temperatura tla je bila izuzetno visoka, podjednako na 30 i 60 cm dubine, sve do sredine rujna uz jače izraženu dnevnu amplitudu (~3°C) na većoj dubini mjerenja (graf. 1.).

Kukuruz je biljka s C4 tipom fotosinteze koja učinkovito koristi CO₂ i uzgaja se od tropske do umjerene klime (čak do 58° sjev. geografske širine). Istraživanja pokazuju da je optimalna dnevna temperatura za kukuruz između 20 i 23°C, a noćna između 16 do 23°C. Kukuruz može kratkotrajno izdržati visoku temperaturu od 44°C, ali se već na 37°C zapažaju oštećenja lišća (*Johnson and Herrero, 1981*), dok je optimalna temperatura znatno niža, između 25 i 32°C. Također, kad je u tlu dovoljno vlage, temperatura ispod 36,5°C neće značajno utjecati na visinu prinosa, ali će temperatura zraka viša od 34,5°C, naročito kad

je relativna vlažnost zraka niska, smanjiti vijabilnost polena (sposobnost oprašivanja) i otežati oprašivanje (*Bean and Kenny, 2011*). Važno je naglasiti kako i visoke noćne temperature (iznad 22,0°C) intenziviraju procese disanja što može značajno smanjiti prinos kukuruza zbog ubrzanog sazrijevanja uz slab intenzitet nalijevanja zrna (*Outlook Report, 2012*).



Grafikon 3. Mjesečne vrijednosti oborina za Osijek u 2012. god. (izvor DHMZ)

Veći (ili dulji) deficit vode uzrokuje stres koji se u agronomiji izražava **stresnim indeksom za vodu** (**CWSI = crop water stress index**), a brojčano se kreće od 0 (najveća transpiracija) do 1 (dulje vrijeme bez transpiracije). Relativna ili trenutna transpiracija (T) podijeljena s najvećom mogućom transpiracijom (Tp) povezana je s CWSI izrazom: $T/T_p = 1 - CWSI$. Biljke imaju dovoljno vode sve dok je CWSI 0,1 do 0,15, a iznad te vrijednosti dolazi do pada prinosa (*Vukadinović, 1999*).

Zaključci

Rezultati mjerenja vlage i temperature tla pod kukuruzom, na području Gat-a, od 15.06. do 09.06.2012. na dubini od 30 i 60 cm ukazuju na dugotrajni temperaturni, ali ne i vodni stres, jer je sadržaj raspoložive vode u tlu (u volumnim postocima) bio znatno iznad točke trajnog uvenuća.

Budući da nije mjerena temperatura zraka i njegova relativna vlažnost na proizvodnoj parceli, podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda za grad Osijek upućuju na vrlo toplo ljeto 2012. god., te smatramo da je toplinski stres pojačan „atmosferskom“ sušom i vrlo slabom oplodnjom kukuruza što je rezultiralo prepolovljenim prinosom zrna kukuruza.

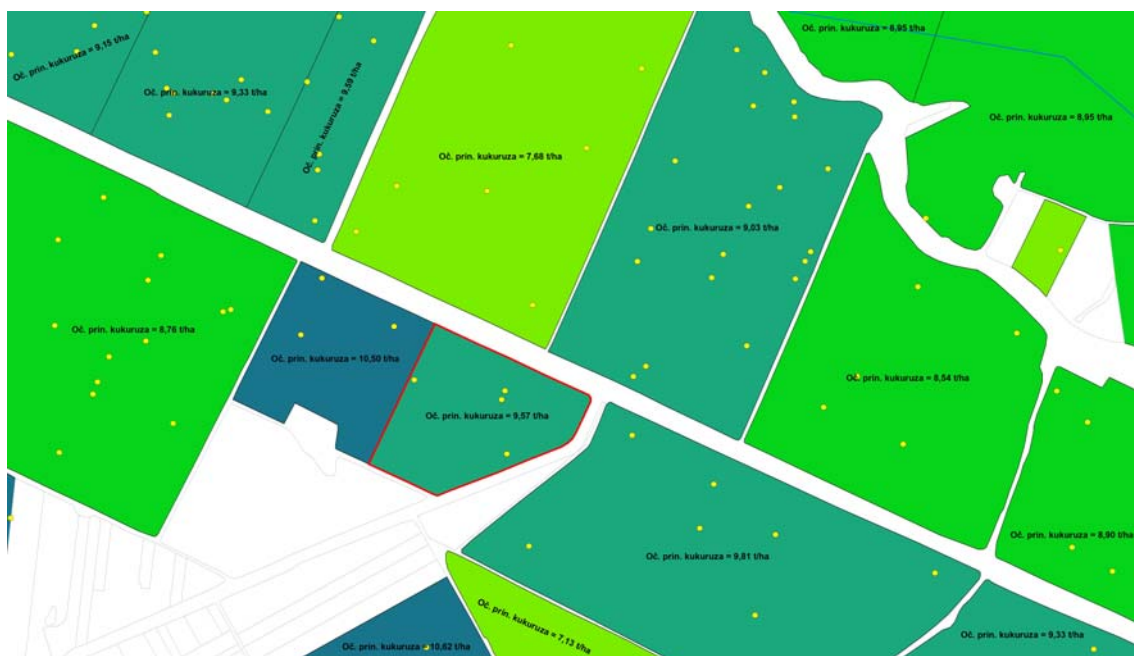
Ovaj rad je prilog boljem razumijevanju šteta u biljnoj proizvodnji koje su posljedica visokih temperatura u duljem vremenskom periodu i ne ide u prilog masovnijoj primjeni navodnjavanja, barem ne za usjeve. Naime, hipoteza da će se većim navodnjavanjem riješiti problem niskih prinosa usjeva je ovim istraživanjem dovedena u pitanje jer su utvrđene dovoljne zalihe raspoložive vode u zoni korijena, ali uz istovremeno ekstremno visoke temperature, pa se podbačaj prinosa usjeva treba većim dijelom pripisati toplotnom stresu u 2013. godini.

Literatura

1. Bean, B. and Kenny, N. (2011): Managing Heat and Water Stressed Corn in the Texas Panhandle. Texas AgriLife Extension Agronomist and Irrigation Specialist, respectively, <http://texaseden.org/disaster-resources/wp-content/uploads/2011/07/managing-heat-water-stressed-corn.pdf>
2. DHMZ (2012): Srednje mjesečne vrijednosti klimatoloških elemenata. <http://www.dhmz.htnet.hr>
3. Državni hidrometeorološki zavod: <http://www.dhmz.htnet.hr/klima/klima.php?id=mjes>
4. Hawkins, E., Fricker, T.E, Challinor, A.J., Ferro, C.A.F., Ho, C.K.* and Osborne, T.M. (2012):* Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. *Glob Chang Biol.* 2013 March; 19(3): 937–947.
5. Johnson, R.R., and Herrero, M.P. (1981): Corn Pollination under moisture and high temperature stress. p. 66–77. In H.D. Loden and D. Wilkinson (ed.) *Proc. 36th Annual Corn and Sorghum Industry Res. Conf.*,

Chicago. 9–11 Dec. 1981. American Seed Trade Assoc., Washington, DC.

6. Outlook Report (2012): Nighttime Heat Stress Impact on Corn Crop.
<http://www.climate.com/2012outlook/nighttime-heat-stress>
7. Vukadinović, V. (1999): Ekofiziologija.
<http://ishranabilja.com.hr/literatura/ekofiziologija/ekofiziologija.pdf>
8. Vukadinović, V. (2012): ALR public kalkulator. http://tlo-i-biljka.eu/kalkulatori/ALR_v8.0_hr.html



Slika 1. Lokacija senzora (Veliškovci-Gat) na Arkod podlozi s procjenom očekivane visine prinosa kukuruza obzirom na relativnu pogodnost tla za usjeve.



Slika 2. Mjerenje temperature i vlage tla