

MOŽNOST PROGNOZE NAMAKANJA HME LJJA NA OSNOVI VSEBNOSTI PROLINA

Dušica MAJER¹, Nada GOGALA²

UDK/UDC 633.791: 631.67 (045)
izvirni znanstveni članek/original scientific article
prispelo/received: 15. 09. 2005
sprejeto/accepted: 26. 10. 2005

IZVLEČEK

Raziskali smo možnost prognoze namakanja na osnovi meritev vsebnosti prolina v listih hmeljnih rastlin. Raziskavo smo zasnovali kot poljski poskus v polnorodnem nasadu hmeljnih rastlin (*Humulus lupulus* L. cv. Savinjski golding). Preizkusili smo tri obravnavanja: nenamakano (kontrola), namakano in suho ter spremljali vpliv različnih obravnavanj na vsebnost prolina v listih rastlin in na vlago tal. Vsebnost prolina v listih je signifikantno narasla ob začetku vodnega stresa, vendar ni naraščala sorazmerno s stopnjo preskrbljenosti tal z vodo. Na osnovi vsebnosti prolina v listih hmeljnih rastlin lahko prognoziramo začetek namakanja, ne pa tudi stopnje vodnega stresa in stopnje preskrbljenosti tal z vodo. Tovrstna prognoza se ne ujema s trenutno veljavno metodo prognoziranja.

Ključne besede: *Humulus lupulus*, prognoza namakanja, vodni stres, prolin, vlaga v tleh

THE POSSIBILITY OF IRRIGATION PROGNOSIS BASED ON PROLINE CONTENT

ABSTRACT

The possibility of irrigation prognosis based on proline content in hop leaves was studied. The research was planned as the field experiment in a fully-developed hop garden (*Humulus lupulus* L. cv. Savinjski Golding). Three trials were tested: unirrigated (control), irrigated and dry. The effect of different trials on proline content and soil moisture was investigated. Proline content in leaves increased significantly at the beginning of water stress but it did not increase proportionally with the soil moisture supply level. Proline content in leaves of hop plants can be used to prognosticate the beginning of water stress and the beginning of irrigation, but it is not credible at prognosticating the level of water stress and the soil moisture supply level. There is no accordance between this prognosis and momentary available prognosis.

Key words: *Humulus lupulus*, irrigation prognosis, water stress, proline, soil moisture

¹ dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija

² prof.dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, Slovenija

1 UVOD

Pomanjkanje vode je eden glavnih dejavnikov, ki zavirajo rast in razvoj rastlin, saj so neposredno ali posredno prizadeti vsi procesi v rastlini [9]. Kadar so rastline izpostavljene preobilici ali pomanjkanju vode, govorimo o vodnem stresu. Stres kot posledica pomanjkanja vode se za razliko od ostalih stresnih faktorjev razvija počasi, vendar je običajno dolgotrajnejši, zato je prilagodljivost rastlin sušnim razmeram pomembna za njihovo preživetje [6]. Zmanjšanje občutljivosti kmetijskih rastlin na vodni stres je glavni cilj agronomov, fiziologov in žlahtniteljev [7].

Rastline razvijejo različne morfološke in fiziološke mehanizme za odpornost proti vodnemu stresu. Adaptacije rastlin so lahko usmerjene v maksimalno izkoriščanje razpoložljive vode v tleh, v razvoj organov za skladiščenje vode v rastlini in v zaščito celice in tkiva pred propadom preko biokemijskih prilagoditev [2].

Med najpomembnejše fiziološke mehanizme vsekakor sodita osmoregulacija in hormonalna regulacija. Ob pomanjkanju vode v okolju pride v celicah do kopičenja topljencev, ki močno povečajo osmotski potencial in s tem tudi vodni potencial celic. Organski osmotiki so različni poliolli, ogljikovi hidrati, amonijeve substance, proste aminokisline in organske kisline [13]. Eden najpomembnejših osmotikov je prolin [8]. Količina prolina naraste zelo hitro ob pojavu vodnega stresa in se povečuje sorazmerno s stopnjo stresa, zato ga nekateri raziskovalci uporabljajo za napoved namakanja in za selekcijo na vodni stres odpornejših rastlinskih vrst [11]. Tudi nas je zanimala možnost dopolnitve prognoze namakanja s spremljanjem količine osmotikov v rastlini. To možnost smo proučevali pri hmelju. Hmelj potrebuje za optimalni razvoj v rastnem obdobju najmanj 600 mm padavin. Za slovensko klimo je značilna precej velika letna količina padavin (1300 mm), vendar je razporeditev neustrezna za optimalni razvoj hmeljnih rastlin. Pogostokrat nastopijo sušna obdobja že v maju, skoraj vedno pa tudi v juniju in juliju. Zato je namakanje hmeljskih nasadov reden ukrep, ki temelji na prognozi namakanja. Sedanja prognoza namakanja temelji le na meritvah trenutne vlažnosti tal, desorpcijskih karakteristik tal, padavin in evapotranspiracije rastlin, ne vključuje pa spremljanja fizioloških procesov v rastlini. Prognozo namakanja smo želeli dopolniti s spremljanjem vsebnosti prolina v listih rastlin. Ugotavljali smo povezavo med stopnjo preskrbljenosti tal z vodo in stopnjo vodnega stresa v rastlini, ki smo ga ocenili na osnovi vsebnosti prolina v listih rastlin. Predvidevali smo, da bodo tudi hmeljne rastline odreagirale na manjšo stopnjo preskrbljenosti tal z vodo z večjo vsebnostjo prolina.

O vplivu vodnega stresa na fiziološke procese v hmeljni rastlini je znano, da fotosintetska aktivnost storžkov sovпада z izgubami vode iz storžkov pri različnih osvetlitvah. Izgube vode so posledica odzivnosti rež na storžkih [11]. Ob vodnem stresu se zmanjšajo vodni potencial listov hmeljnih rastlin, stomatarna prevodnost, intenzivnost fotosinteze, rast in razvoj rastlin [10]. O osmoregulaciji ob vodnem stresu oziroma osmotikih v hmeljnih rastlinah ni podatkov. Ugotavljanje stresne odzivnosti hmeljnih rastlin je pomembno za dopolnitev prognoze namakanja hmelja na področjih, kjer je razporeditev padavin neugodna za optimalni razvoj hmeljnih rastlin. Raziskave v tej smeri so pomembne tudi za iskanje prilagodljivejših hmeljnih kultivarjev za premagovanje vodnega stresa.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Zasnova poskusa

Poskus smo zasnovali na hmelju (*Humulus lupulus* L.) cv. Savinjski golding. Kultivar Savinjski golding je klasičen, aromatičen, srednje zgođen kultivar s plemenito grenčico in aromo. Storžki vsebujejo od 0,7 do 0,9 ml eteričnih olj/100 g. Razmerje med α -humulenom in β -kariofilenom je okrog 3,5, povprečno vsebujejo storžki 5,5 % alfa kislin [5].

Poskus je potekal dve leti v polnorodnem nasadu hmelja na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo v Žalcu v Savinjski dolini. Savinjska dolina leži v vlažno zmerno toplem pasu s povprečno 146 padavinskimi dnevi na leto in s povprečno letno količino padavin 1196 mm (povprečje zadnjih dvajset let). Razporeditev padavin na tem območju je pogosto neugodna za hmeljne rastline. Obdobja, ki so glede preskrbljenosti hmeljnih rastlin z vodo najbolj kritična, so večinoma v vseh letih sušna.

Tla na poskusnem polju sodijo v skupino distričnih rjavih tal na produ in pesku. Poljski poskus je bil zastavljen v naključnih blokkih s tremi obravnavanji v treh ponovitvah: namakane parcele, nenamakane (kontrolne) parcele in suhe parcele. Namakane parcele smo zalivali na osnovi obstoječe prognoze namakanja, nenamakane parcele pa so bile izpostavljene naravnim razmeram in so dobile le toliko vode kot je bilo padavin v tem obdobju. Suhe parcele smo pokrili s streho iz nepropustne folije in tako rastlinam odvzeli vir meteorske vode. Rastline smo pokrili v začetku julija, ko je za Savinjski golding najbolj kritično obdobje glede pomanjkanja vode tako za količino pridelka (17. julij - 22. julij) kot za količino alfa kislin (25. junij - 19. julij) [4]. V prvem letu smo pokrili parcele 17. julija, v drugem letu pa 09. julija.

Površina osnovne parcele je bila 20,8 m x 16,8 m. Medvrstna razdalja na parcelah je 2,4 m, razdalja med rastlinami v vrsti je 1,3 m.

2.2 Prognoza namakanja in vlažnost tal

Prognoza namakanja je temeljila na izračunani stopnji preskrbljenosti tal z vodo, merjeni evapotranspiraciji, količini padavin, spremljanju trenutne vlažnosti tal ter določitvah desorpcijskih karakteristik tal. Stopnjo preskrbljenosti tal z vodo smo določili na osnovi trenutne vlažnosti tal, točke venenja in razpoložljive vode v tleh. Stopnja preskrbljenosti pod 50 % je kritična za hmeljne rastline in pomeni nujno namakanje. Za določanje poljske kapacitete in točke venenja smo uporabili standardne metode [12]. Meritve evapotranspiracije in količine padavin smo opravili vsak dan na evapotranspiracijski postaji na posestvu.

Trenutno vlažnost tal smo ugotavljali vsak tretji dan po gravimetrični metodi [12]. Vzorčili smo s sondo iz globin 0-20 cm in 20-40 cm.

2.3 Vsebnost prolina v listih

Vsebnost prolina smo merili v povprečnih vzorcih listov, ki smo jih nabirali v obdobju razraščanja in storžkanja rastlin. Vzorčili smo dvakrat tedensko z zgornje, srednje in spodnje tretjine rastlin, vedno na istih rastlinah. Količino prolina smo določili spektrofotometrično [1].

2.4 Statistične analize

Rezultate smo statistično vrednotili z analizo variance. Pri računanju F-testov smo upoštevali 95 % verjetnost ($p = 0,05$) ter ustrezne stopnje prostosti. Najmanjšo značilno razliko smo ugotavljali s pomočjo LSD testa pri $p = 0,05$. Na slikah so prikazani rezultati, kjer je vsaka vrednost povprečje treh ponovitev s standardno napako ($\pm$ standardna napaka).

3 REZULTATI

Stopnja preskrbljenosti tal z vodo se je na pokritih parcelah v obeh letih opazno zmanjševala od prvega do zadnjega merjenja (slika 1 in 4). V avgustu se je vlažnost tal v obeh letih zmanjšala celo do točke venenja.

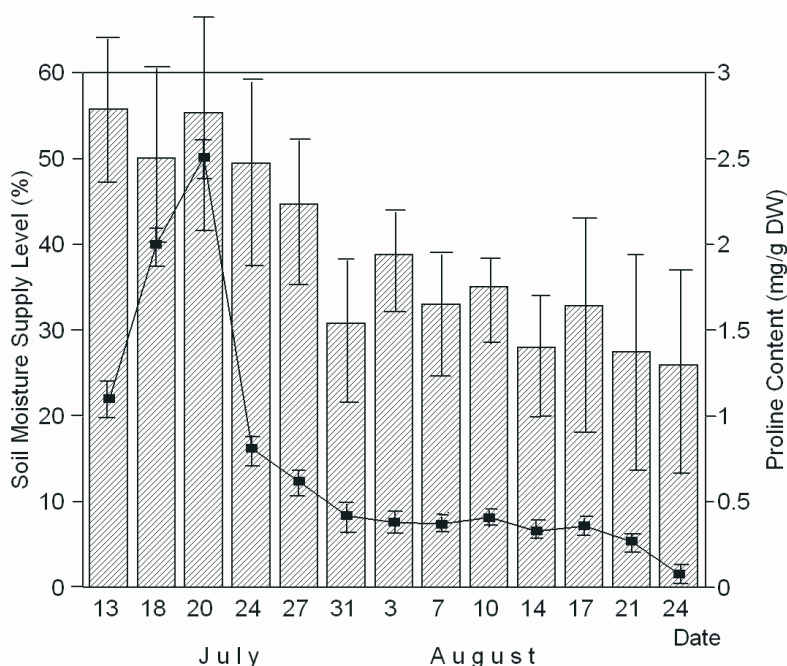
Med namakanimi in kontrolnimi parcelami glede stopnje preskrbljenosti tal z vodo v nobenem letu ni bilo bistvenih razlik. Razlike so se izrazile v obdobju suše (druga polovica julija), ko je na kontrolnih parcelah (slika 2 in 5) stopnja preskrbljenosti tal z vodo padla pod minimalno stopnjo (50 %), na namakanih (slika 3 in 6) pa je ostala stopnja preskrbljenosti ves čas nad minimalno.

Razlike v stopnji preskrbljenosti tal z vodo so bile pri zadnjem merjenju v obeh letih tudi statistično značilne. Najmanjša statistično značilna razlika je bila v prvem (29,156 %) in drugem letu (11,980 %) presežena med pokritimi in kontrolnimi parcelami ter med pokritimi in namakanimi parcelami.

Dinamika vsebnosti prolina v hmeljnih rastlinah je bila precej podobna v obeh letih. Vsebnost prolina se je na pokritih parcelah takoj po začetku različnih obravnavanj opazno povečala, vendar se je že po nekaj dneh ponovno zmanjšala. Konec julija je bila na vseh obravnavanjih nižja kot ob prvem merjenju. Razlike ob zadnjem merjenju v avgustu so bile v obeh letih statistično neznačilne.

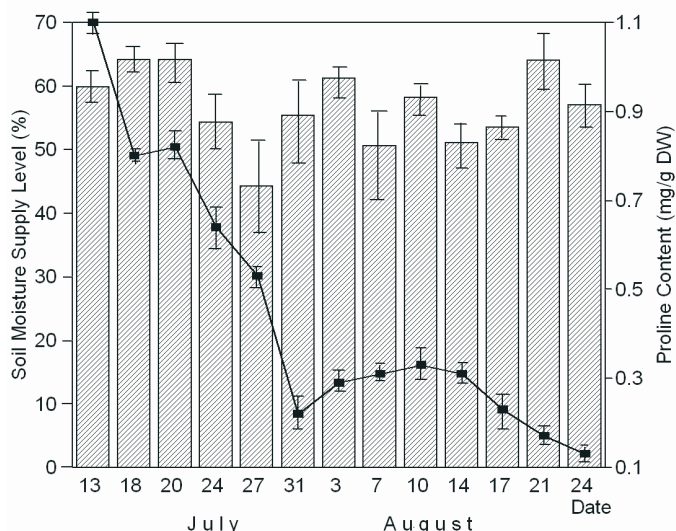
V prvem letu smo maksimalne vsebnosti prolina (2,51 mg/g suhe snovi) ugotovili 20. julija pri pokritih rastlinah. Po tem datumu je vsebnost prolina v listih pokritih rastlin močno upadla. Pri namakanih in kontrolnih rastlinah se je vsebnost prolina od začetka do konca julija ves čas zniževala. V avgustu se je nadaljevalo zmanjševanje količine prolina v listih rastlin na vseh obravnavanjih. Vsebnost prolina se je (kljub velikemu pomanjkanju vode v tleh) tudi v listih pokritih rastlin stabilizirala (slika 1). V juliju (razen 24. in 27. julija) so bile razlike med obravnavanji še statistično značilne. Minimalna statistično značilna razlika je bila 13. julija ($LSD=0,131$ mg/g) in 31. julija ($LSD=0,058$ mg/g) presežena pri vseh treh obravnavanjih. V ostalih terminih v juliju so bile razlike značilne le med pokritimi in kontrolnimi parcelami ter pokritimi in namakanimi parcelami. Statistično značilne razlike med vsemi obravnavanji ($LSD=0,083$ mg/g) smo ugotovili tudi še v začetku avgusta, ob zadnjem merjenju na koncu avgusta (24. avgust) pa razlike med obravnavanji niso bile več statistično značilne.

Tudi v drugem letu so se po začetku različnih obravnavanj pojavile statistično značilne razlike. Maksimalne vsebnosti prolina (0,69 mg/g suhe snovi) smo namerili 11. julija na pokritih parcelah (slika 4). Na ta datum je bila minimalna statistično značilna razlika (0,113 mg/g) presežena med pokritimi in kontrolnimi ter pokritimi in namakanimi parcelami, med nenamakanimi in namakanimi parcelami ni bilo statistično značilnih razlik. Po tem datumu se je vsebnost prolina v listih pokritih rastlin zmanjšala. Pri zadnjem merjenju v avgustu (22. avgust) so bile vsebnosti prolina v listih precej podobne po obravnavanjih in so se gibale med 0,28 mg/g suhe snovi pri kontrolnih rastlinah (slika 5) do 0,30 mg/g suhe snovi pri namakanih rastlinah (slika 6) in 0,31 mg/g suhe snovi pri pokritih rastlinah (slika 4). Tudi v tem letu so bile razlike na koncu statistično neznačilne.



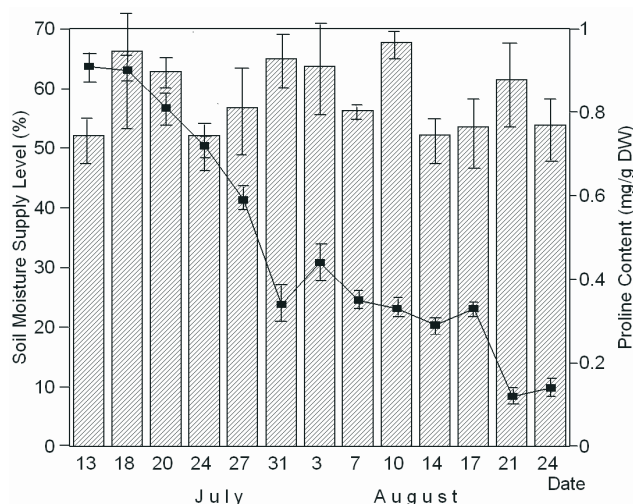
Slika 1: Stopnja preskrbljenosti tal z vodo in vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin na pokritih parcelah v prvem letu. Stolpci predstavljajo stopnjo preskrbljenosti tal z vlago, točke predstavljajo vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin. Vsaka vrednost je povprečje ($\pm$ standardna napaka) treh ponovitev.

Figure 1: Soil moisture supply level and proline content in leaves of hop plants on covered plots in the first year. Bars represent soil moisture supply level, points represent proline content in leaves of hop plants. Each value is the mean ($\pm$ SE) of three replicates.



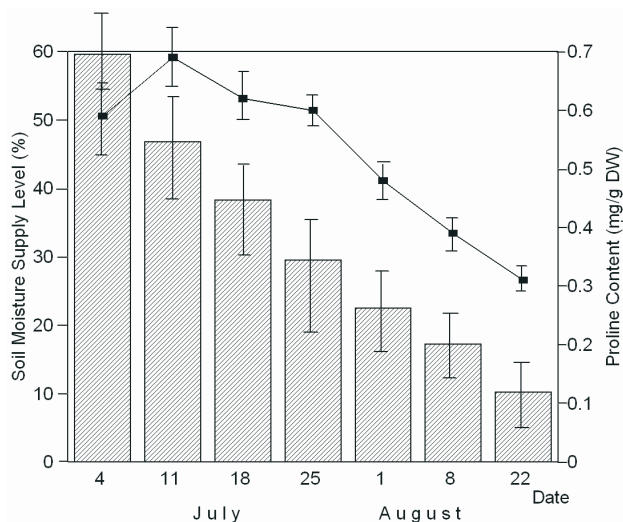
Slika 2: Stopnja preskrbljenosti tal z vodo in vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin na kontrolnih parcelah v prvem letu. Stolpci predstavljajo stopnjo preskrbljenosti tal z vlago, točke predstavljajo vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin. Vsaka vrednost je povprečje ($\pm$ standardna napaka) treh ponovitev.

Figure 2: Soil moisture supply level and proline content in leaves of hop plants on control plots in the first year. Bars represent soil moisture supply level, points represent proline content in leaves of hop plants. Each value is the mean ($\pm$ SE) of three replicates.



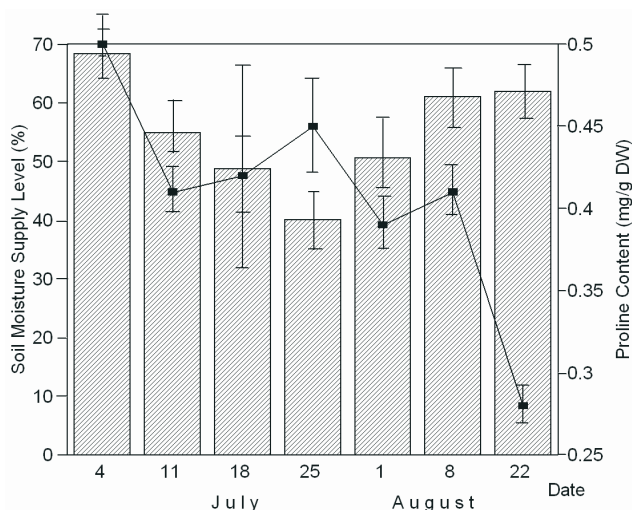
Slika 3: Stopnja preskrbljenosti tal z vodo in vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin na namakanih parcelah v prvem letu. Stolpci predstavljajo stopnjo preskrbljenosti tal z vlago, točke predstavljajo vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin. Vsaka vrednost je povprečje ($\pm$ standardna napaka) treh ponovitev.

Figure 3: Soil moisture supply level and proline content in leaves of hop plants on irrigated plots in the first year. Bars represent soil moisture supply level, points represent proline content in leaves of hop plants. Each value is the mean ($\pm$ SE) of three replicates.



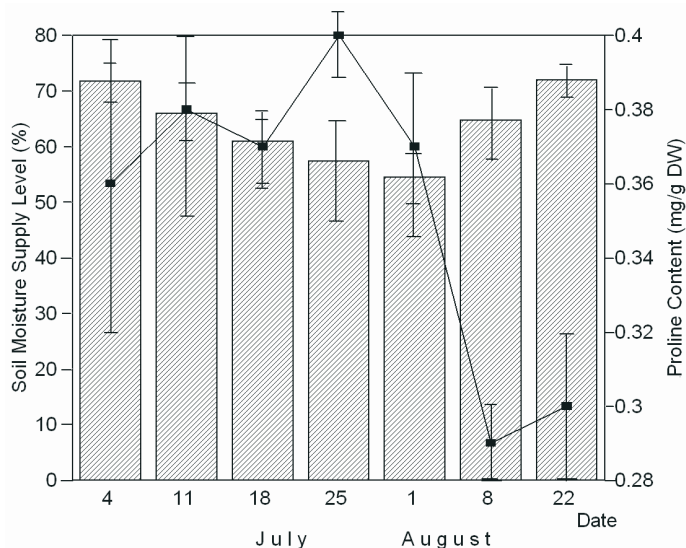
Slika 4: Stopnja preskrbljenosti tal z vodo in vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin na pokritih parcelah v drugem letu. Stolpci predstavljajo stopnjo preskrbljenosti tal z vlago, točke predstavljajo vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin. Vsaka vrednost je povprečje ($\pm$ standardna napaka) treh ponovitev.

Figure 4: Soil moisture supply level and proline content in leaves of hop plants on covered plots in the second year. Bars represent soil moisture supply level, points represent proline content in leaves of hop plants. Each value is the mean ($\pm$ SE) of three replicates.



Slika 5: Stopnja preskrbljenosti tal z vodo in vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin na kontrolnih parcelah v drugem letu. Stolpci predstavljajo stopnjo preskrbljenosti tal z vlago, točke predstavljajo vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin. Vsaka vrednost je povprečje ($\pm$ standardna napaka) treh ponovitev.

Figure 5: Soil moisture supply level and proline content in leaves of hop plants on control plots in the second year. Bars represent soil moisture supply level, points represent proline content in leaves of hop plants. Each value is the mean ($\pm$ SE) of three replicates.



Slika 6: Stopnja preskrbljenosti tal z vodo in vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin na namakanih parcelah v drugem letu. Stolpci predstavljajo stopnjo preskrbljenosti tal z vlago, točke predstavljajo vsebnost prolina v listih hmeljnih rastlin. Vsaka vrednost je povprečje ($\pm$ standardna napaka) treh ponovitev.

Figure 6: Soil moisture supply level and proline content in leaves of hop plants on irrigated plots in the second year. Bars represent soil moisture supply level, points represent proline content in leaves of hop plants. Each value is the mean ($\pm$ SE) of three replicates.

4 RAZPRAVA

Različna obravnavanja so statistično značilno vplivala na stopnjo preskrbljenosti tal z vodo. Opazne so bile predvsem razlike med količino vode v tleh na pokritih in namakanih parcelah ter na pokritih in kontrolnih parcelah. Vsebnost prolina ni naraščala sorazmerno s stopnjo vodnega stresa oziroma z naraščajočo sušo, kot je znano iz podatkov v literaturi [1]. Hmeljne rastline so precej dobro prenašale vodni stres, saj je bila njihova odzivnost razmeroma šibka. Vsebnost prolina v listih pokritih rastlin se je kmalu po pokritju parcel statistično značilno povečala, vendar se je kmalu ponovno znižala in se v avgustu stabilizirala. Kljub nadaljevanju različnih obravnavanj, so bile vsebnosti na koncu poskusa podobne po obravnavanjih, razlike pa statistično neznailne. Manjša stopnja preskrbljenosti tal z vodo ni več vplivala na povečano vsebnost prolina kot smo pričakovali. V prvem letu je bila v poljskem poskusu vsebnost prolina največja pri 55,3-odstotni stopnji preskrbljenosti tal z vodo, najmanjša pa pri 25-odstotni stopnji preskrbljenosti, ko se vlažnost tal bliža že točki venenja in je potrebno namakanje. V drugem letu je bila vsebnost prolina največja, ko je bila stopnja preskrbljenosti tal z vodo 46,8-odstotna, pri 10,2-odstotni preskrbljenosti tal z vodo pa je bila vsebnost prolina v listih najmanjša.

V prvem letu se je vsebnost prolina v poljskem poskusu povečala za največ 1,7-krat, v drugem letu pa le za 1,2-krat. To je majhno povečanje v primerjavi z nekaterimi vrednostmi iz literature, kjer navajajo pri nekaterih rastlinskih vrstah tudi do 60-kratno povečanje [3]. Vzrok za razmeroma slabo odzivnost na stres je verjetno tudi v slabši možnosti kontrole razmer na polju. Parcele smo sicer pokrili in na ta način rastline umetno izpostavili suši, vendar učinek ni bil enak kot v primeru naravne suše. Rastline so nekaj vode lahko še vedno dobile s sosednjih površin in tudi iz zraka.

S povečanjem vsebnosti prolina so rastline reagirale na začetku poskusa ob nenadnem in hitrem zmanjšanju količine vode v tleh, kasneje pa so se količine prolina ponovno zmanjšale. Vsebnost prolina je bila dober pokazatelj začetka vodnega stresa ne pa tudi stopnje vodnega stresa in stopnje preskrbljenosti tal z vodo. Na osnovi teh rezultatov lahko ugotovimo, da lahko na osnovi vsebnosti prolina v listih hmeljnih rastlin prognoziramo začetek vodnega stresa in začetek namakanja, ne moremo pa prognozirati stopnje vodnega stresa in stopnje založenosti tal z vodo.

V drugem letu poskusa smo ugotovili tudi vpliv različnih obravnavanj v preteklem letu. Rastline na parcelah, ki so bile v prvem letu poskusa pokrite, so bile v drugem letu precej nižje in slabše razvite od rastlin na ostalih obravnavanjih.

Kljub temu, da je Savinjski golding eden izmed najbolj občutljivih hmeljnih kultivarjev na sušo, je bila odzivnost rastlin na sušni stres, merjena z vsebnostjo prolina, razmeroma slaba. To pomeni, da so pri tem kultivarju za obrambo pred sušnim stresom verjetno pomembnejši drugi fiziološki parametri. Zato bomo dobljene rezultate dopolnili z raziskavami ostalih fizioloških mehanizmov regulacije odpornosti na vodni oziroma sušni stres. Prihodnje raziskave bodo usmerjene predvsem v ugotavljanje hormonalne regulacije vpliva vodnega stresa pri hmeljnih rastlinah in osmoregulacije pri različnih kultivarjih hmelja.

5 LITERATURA

1. Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., Rapid determination of free proline for water-stress studies.- Plant and soil (1973)39, p. 205-207.
2. Fitter, A.H., Hay, R.K.M., The Water Relations of Plants and Soils. In: Environmental physiology of plants.- Academic Press, San Diego, (1987), p.124-184.
3. Grousse, C., Bournoville, R., Bonnemain, J.L., Water Deficit-Induced Changes in Concentrations in Proline and Some Other Amino Acids in the Phloem sap of Alfalfa.- Plant Physiologie (1996)1, p. 109-113.
4. Hacin, J., Vpliv temperature in padavin na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju, in : Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju (*Humulus lupulus* L.).- Biotehniška fakulteta, Ljubljana, (1989), s.70-74.

5. Kralj, D., Žolnir, M., Zupanec, J., Dolinar, M., Oset, F., Značilnosti slovenskih hmeljnih kultivarjev.- Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec, (1994), Žalec.
6. Larcher, W., Plants under stress, in : Physiological Plant Ecology.- Springer, Berlin, (1995), p.322-330.
7. Lawlor, D.W., Upreti, D.C., Effects of Water Stress on Photosynthesis of Crops and the Biochemical Mechanism, in: Abrol Y.P., Mohanty P., Govindjee (Eds.) Photosynthesis: Photoreactions to Plant Productivity.- Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, (1993), p.420-449.
8. Lösch, R., Plant Water Relations.- Progress in Botany, Springer, Berlin, (1991), p.35-54.
9. Miller, R.J., Bell, D.T., Koeppe, D.E., The Effects of Water Stress on Some Membrane Characteristics of Corn Mitochondria.- Plant Physiology (1971)48, p. 229-231.
10. Neve, R.A., Irrigation.- Chapman and Hall, eds. Hops, (1991), p. 62-65.
11. Peat, W.E., Thomas G.G., The photosynthetic activity of the developing hop cone.- Annals of applied biology (1974)3, p. 319-324.
12. Resulović, H., Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta, in: Priručnik za ispitivanje zemljišta.- Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd, (1971), s. 28-30, 55-57, 92-95.
13. Yancey, P.H., Clark, M.E., Hand, S.C., Bowlus, R.D., Somero, G.N., Living with water stress: Evolution of osmolyte systems.- Science (1982)217, p. 1214-1222.