

VPLIV RAZLIČNIH NAČINOV NAMAKANJA NA KAKOVOST HMELJA (*Humulus lupulus* L.)

Boštjan NAGLIČ¹, Rozalija CVEJIČ², Damijana KASTELEC³, Špela
ŽELEZNIKAR⁴ in Marina PINTAR⁵

Originalni znanstveni članek / original scientific article

Prispelo / received: 25. 10. 2019

Sprejeto / accepted: 10. 12. 2019

Izvleček

V prispevku smo ovrednotili vpliv različnih načinov namakanja na kakovost pridelka hmelja (vsebnost α -kislin). Dvoletni poljski poskus je bil izveden v split plot zasnovi in je vključeval dva tehnična načina namakanja (namakanje na vrhu žičnice in po grebenu) ter različne količine namakanja: polno (100 % ETc), deficitno (80 % ETc) in nenamakano. Namakanje se je izvajalo po napovedi Agencije RS za okolje (ARSO). Rezultati so pokazali, da je bil pridelek α -kislin na poskusnih parcelah večji v letu 2017 kot v 2018. Statistično značilne razlike v pridelku hmelja so bile le med obravnavanimi leti, ne pa med obravnavanji z različno postavitvijo namakalne opreme in količino namakanja. Vremenske razmere v nobenem od poskusnih let niso bile primerne za določanje vpliva polnega in deficitnega namakanja na kakovost pridelka hmelja.

Ključne besede: hmelj, *Humulus lupulus*, namakanje, vodenje namakanja

QUALITY RESPONSE OF HOP (*Humulus lupulus* L.) TO DIFFERENT IRRIGATION APPROACHES

Abstract

In the paper the influence of optimal and deficit drip irrigation on the quality of hop yield (α -acid content) is evaluated. The two-year field trial was conducted in a split plot design and included two technical irrigation methods (irrigation at the top of the hop trellis and on the ridge) and different amounts of irrigation water (full,

¹ Dr., univ. dipl. inž. agr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: bostjan.naglic@ihps.si

² Dr., univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

³ Prof. dr., univ. dipl. meteorol.; mag. kmet. znanosti., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: damijana.kastelec@bf.uni-lj.si

⁴ Mag. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: spela.zeleznikar@bf.uni-lj.si

⁵ Prof. dr., univ. dipl. inž. agr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, e-pošta: marina.pintar@bf.uni-lj.si

deficit, and non-irrigation). Irrigation was carried out according to the Slovenian Environment Agency (ARSO) forecast. The results showed that the yield of α -acids on the experimental plots was higher in 2017 compared to 2018. Statistically significant differences in hop yield quality were observed only during two considered years and not between treatments with different technical irrigation methods and the amount of applied water. The weather conditions were not optimal in any of the experimental years to determine the impact of full and deficit irrigation on the quality of hop yield.

Key words: hops, *Humulus lupulus*, irrigation, irrigation scheduling

1 UVOD

Globina korenin hmelja je lahko 2,4 m ali več. Za potrebe namakanja v Sloveniji pri hmelju upoštevamo globino korenin 40 cm, kjer hmelj črpa 90 % vode (Majer, 2000) in se po fenofazah ne spreminja, saj je hmelj trajnica. Pri hmelju je zadostna količina vode v tleh pomembna za količino in kakovost pridelka. Pomanjkanje vode v tleh, ki je lahko tudi posledica nestrokovnega namakanja hmelja, se lahko odraža še v naslednjih dveh rastnih obdobjih in sicer v manjšem pridelku, neenakomernem dozorevanju, neenakomerni velikosti storžkov ter manjši količini lupulina, ki predstavljajo glavno tržno vrednost hmelja. Škoda v nenamakanih nasadih je še posebej značilna v mlajših nasadih ali v nasadih na plitkih tleh in tleh z majhno vodnozadrževalno sposobnostjo (Evans, 2003). Količina in kakovost pridelka sta v kompleksni povezavi s časom in količino dodane vode. Hmelj porablja manj vode na začetku rastne sezone, poraba se nato povečuje do polne razvitosti in je bolj odvisna od količine listne mase rastoče rastline hmelja kot od vremenskih razmer (Middleton, 1963; Williams in Brown, 1959, cit. po Majer, 2000).

V Sloveniji se namaka 794 ha hmeljišč (Zgodovina namakanja v Sloveniji, 2019) od skupno 1596 ha vseh hmeljišč (IHGC, 2019). Namakanje hmelja včasih da zelene rezultate (Slavik in Kopecky, 1997, cit. po Svoboda in sod., 2008)), včasih pa ne (Thompson, 1967 (cit. po Majer, 2000); Zattler in Maier, 1968 (cit. po Majer, 2000); Brooks, 1961 (cit. po Majer, 2000)). Pretirano zgodnje namakanje lahko škoduje koreninam, saj lahko povzroča hmeljevo peronosporo in koreninske gnilobe (Evans, 2003; Zepp in sod., 1995). Prvo kritično obdobje je v času cvetenja (prva polovica julija) in drugo med rastjo storžkov (od druge polovice julija do prve polovice avgusta) (Rybaček, 1991). Dovoljeno znižanje vode oz. količina vode, pri kateri rastlina začuti sušni stres, je 0,5 oz. 50 % razpoložljive vode v tleh (Allen in sod., 1998).

Na Češkem so v 7 let trajajoči raziskavi na genotipu hmelja K-31 primerjali uspešnost napovedi namakanja z uporabo meteorološkega in fiziološkega pristopa. Ugotovili so, da je na vsebnost α -kislín pomembno vplivalo leto pridelave, ne pa

toliko sama varianta namakanja, ki so jo preizkušali (Sasin, 1990). Hacin in sod. (1989) so poročali, da je namakanje sicer imelo pozitiven vpliv na pridelek pri več sortah hmelja, a je na povečanje vsebnosti α -kislin pozitivno vplivalo le pri sorti Savinjski golding. Pri raziskavah, ki sta jih izvedla Simončič in Knapič (2004) pri določanju celokupnega deleža α -kislin med obravnavanji nista ugotovila statistično značilnih razlik. Kišgeci (1974) je primerjal učinke različnih načinov vodenja namakanja (brez namakanja, namakanje na osnovi količine vode v zgornjih 60 cm tal, namakanje na osnovi kritičnih obdobj razvoja rastlin, namakanje na osnovi fizioloških pokazateljev) na kakovost pridelka hmelja. Ugotovil je, da ima namakanje na osnovi vlažnosti tal pozitiven vpliv na vsebnost α -kislin, namakanje na osnovi fizioloških pokazateljev pa negativen vpliv na kakovost pridelka. V Nemčiji so Graf in sod. (2016) zaključili, da je namakanje imelo pozitiven vpliv na kakovost hmelja le v najbolj sušnem letu trajanja poskusa.

Enakomerno dodajanje majhnih obrokov vode skozi celotno sezono rasti hmelja lahko ima negativen vpliv na količino in kakovost pridelka. Rastline hmelja namreč relativno dobro prenašajo pomanjkanje vode v tleh in bodo na dobrih globokih tleh, ob ustrezni časovni razporeditvi dodane vode z namakanjem (npr. namakanje v začetku rastne sezone in spet v začetku julija in avgusta), razvile kvaliteten in obilen pridelek. V primeru, da je gladina podzemne vode visoko (t.j. od 120 do 150 cm) pod površino tal, lahko med rastno sezono zadosti večini potreb hmelja po vodi in znatno zmanjša potrebo po namakanju (Evans, 2003; Kišgeci, 1974). Hmelj lahko nekaj vode sprejme tudi skozi liste oz. nadzemne dele, in sicer 5000 rastlin preko noči z roso sprejme 3465–8870 l vode in na ta način krije 20 % dnevnih potreb po vodi.

V Sloveniji imamo s strokovno pravilnim izvajanjem in uravnavanjem kapljičnega namakanja hmelja malo izkušenj. Pri strokovno pravilnem vodenju namakanja se zaradi habitusa rastline pri hmelju pojavlja še nekaj dodatnih izzivov. Čeprav imamo K_c (faktor rastline) vrednosti relativno dobro določene in imamo razmeroma dobre podatke o ETo (referenčna evapotranspiracija), pa predvsem za kapljično namakanje pri hmelju nimamo jasno določene najboljše metode določitve, koliko segajo rastline hmelja v medvrstno razdaljo in kako pri tem upoštevati »V« obliko nasada oz. projekcijo krošnje.

Namen tega prispevka je ovrednotiti vpliv optimalnega in deficitnega kapljičnega namakanja hmelja na kakovost pridelka oz. vsebnost α -kislin.

2 MATERIAL IN METODE

Dvoletni poljski poskus se je izvajal v Spodnji Savinjski dolini, na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu (46°14'48,44"N, 15°9'41,46"E) na nadmorski višini 255 m. Tla na poskusu se uvrščajo v glineno ilovnata do ilovnata.

Za določitev vodnozadrževalnih lastnosti tal so bili odvzeti neporušeni vzorci tal na vsakem od treh obravnavanih blokov. Iz treh krivulj je bila izrisana povprečna krivulja, na osnovi katere sta se določili poljska kapaciteta tal za vodo (PK) in točka venenja (TV) (preglednica 1). Vodnozadrževalne krivulje so bile narejene s sistemom Hyprop (UMS, 2018). PK je bila določena pri vrednosti matričnega potenciala -33 kPa, TV pa je bila modelirana s Hyprop sistemom.

Preglednica 1: *Tekstura tal, točka venenja (TV) in poljska kapaciteta tal (PK) za vodo za lokacijo poskusa namakanja hmelja na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu*

Lokacija meritve	Globina odvzema (cm)	% peska	% melja	% gline	Teksturni razred	PK (vol %)	TV (vol %)
IHPS SN9	0-20	30,9	41,5	27,6	GI-I	38,8	28,2
	20-40	29,9	40,1	30	GI		

Poskusna lokacija se je nahajala znotraj mej velikega namakalnega sistema Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec. Vodni vir je predstavljala podzemna voda. Za namen izvajanja poskusa smo od primarne cevi do razdelilne konzole položili sekundarno $\varnothing 60$ cev, ki smo jo za diskastim filtrom (Irritec) razdelili na štiri odcepe – za vsak način namakanja svoj odcep. Na konzoli je bil vsak odcep sestavljen iz elektromagnetnega ventila (Irritec) z možnostjo regulacije pretoka, vodomera (Maddalena DS-TRP) in manometra. Elektromagnetni ventili vseh odcepov so bili povezani z baterijskim programatorjem (Hunter Node 400), ki je omogočal avtomatizacijo namakanja (slika 1).

Razvod dovodnih cevi $\varnothing 25$, ki je potekal od razdelilne konzole do kapljičnih namakalnih cevi, je bil speljan po vrhu žičnice na višini 7 m. Pri parcelah, kjer se je kapljično namakanje izvajalo na vrhu žičnice, so bile na dovodno cev s T-spojki priključene kompenzacijske kapljične namakalne cevi Irritec Multibar $\varnothing 16$, s pretokom kapljača 2,1 l/h in 60 cm razdalje med kapljači. Kapljične cevi so bile z obešali obešene na dodatno nosilno žico, ki je bila nameščena na vrhu žičnice nad vrstami hmelja.

Pri kapljičnem namakanju po grebenu so bile na dovodno cev na vrhu žičnice preko T-spojk do površine tal spuščene dovodne cevi $\varnothing 16$, na katere so bile priključene kapljične namakalne cevi.

Lokacija, kjer se je izvajal poskus, ima zmerno celinski padavinski režim. Največ padavin pade poleti, in sicer v obliki ploh in neviht. V letu 2017 smo na območju Žalca v treh poletnih mesecih (junij, julij, avgust) zabeležili le 214 mm dežja, kar je 166 mm manj kot znaša dolgoletno povprečje. V letu 2018 smo v treh poletnih

mesecih (junij, julij, avgust) zabeležili 356 mm dežja, kar je 31,2 mm manj kot znaša dolgoletno povprečje (preglednica 2).



Slika 1: Razdelilna konzola za namakanje hmelja

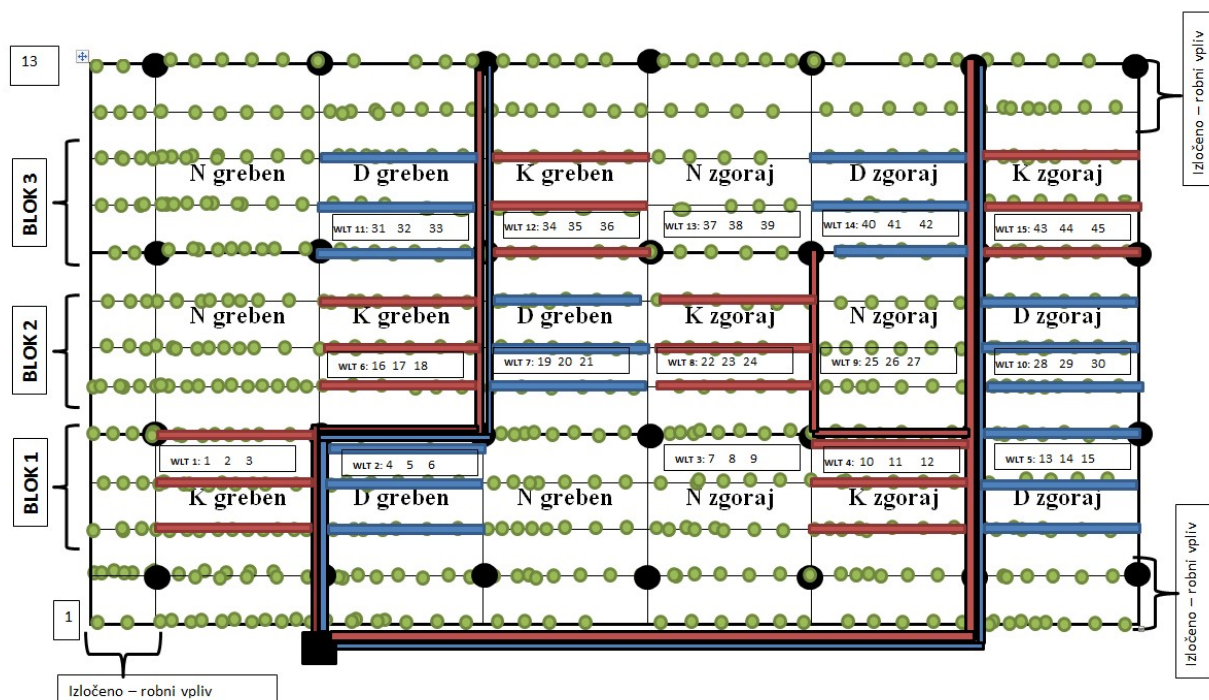
Preglednica 2: Mesečne padavine med vegetacijo za lokacijo Žalec: povprečne mesečne padavine (mm) v obdobju 1971–2000 in mesečne padavine (mm) v letih 2017 in 2018

	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Skupaj
1961 - 2010	81,3	92,7	130,4	129,3	127,5	112,4	674
2017	126	38	102	39	73	225	603
2018	62,2	113,8	119,2	135,8	101,2	74,8	607

Podzemna voda je na območju dna Spodnje Savinjske doline zelo plitvo pod površjem. Nivo gladine podtalnice v Spodnji Savinjski dolini niha med 0,88 m in 3,57 m pod površjem. Povprečna globina do nivoja podzemne vode je 2,8 m, kar je zelo malo. Globina podzemne vode se lahko ob obilnejših deževjih dvigne tudi do površja (Milavec in Verbovšek, 2012). Za območje dna je značilna enotna geološka zgradba, prekrivajo ga kvartarne usedline, ki so večinoma sedimenti z medzrnsko poroznostjo (večinoma prod) in so zelo dobro prepustne. Sorta Bobek, ki je bila vključena v poskus, je srednje zgodna, ki je optimalno zrela od 25. avgusta do 1. septembra (Čeh in sod., 2012).

Poskus je bil izveden v split plot poskusni zasnovi (slika 2, preglednica 3). Ponovitev je predstavljal en blok z dvema glavnima parcelama (dva tehnična načina namakanja: cev s kapljači je položena na greben, cev s kapljači je pritrjena na žičnico nad hmeljem), vsaka glavna parcela je bila razdeljena na tri podparcele

(količina namakanja: nenamakano, namakano 100 % po napovedi ARSO (Agencija RS za okolje), namakano 80 % po napovedi ARSO).



Slika 2: Shema in izvedba poskusa v nasadu hmelja, Žalec. Legenda: greben – Kapljična cev položena po grebenu oz. površini tal, zgoraj – Kapljična cev položena po vrhu žičnice (na višini cca 7m), K – polno kapljično namakanje (100 % ETc), D – deficitno kapljično namakanje (80 % ETc), N – nenamakano.

Imeli smo 6 obravnavanj (2 tehnična načina namakanja × 3 načini namakanja), pri čemer je nenamakano zgoraj enako kot nenamakano na grebenu, zato je poimenovanj v preglednici 3 le pet. Vsako obravnavanje je bilo ponovljeno na treh parcelah: 6 obravnavanj × 3 bloki (ponovitve) = 18 parcel (blok je obsegal tri vrste hmelja). Poimenovanje in opis obravnavanj je v preglednici 3. Vsaka parcela je imela 3 vrste hmelja dolžine 10,4 m (27 rastlin).

Preglednica 3: Poimenovanje in opis obravnavanj v poskusu hmelja na poskusnem polju Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.

Oznaka	Način namakanja	Pokrivanje ETc (potencialna evapotranspiracija rastline) opis (%)		Lokacija namakalne opreme
NN	nenamakano			
NKP_zgoraj	kapljično	polno*	100	na vrhu žičnice
NKD_zgoraj	kapljično	deficitno**	80	na vrhu žičnice
NKP_greben	kapljično	polno*	100	položeno na greben
NKD_greben	kapljično	deficitno**	80	položeno na greben

Opomba: * po napovedi Agencija Republike Slovenije za Okolje; ** preračunano v skladu z napovedjo ARSO

Nastop fenofaz, ki so pomembne pri namakanju hmelja in je v njih rastlina lahko tudi različno občutljiva na sušo, je za sorto Bobek prikazan v preglednici 4.

Preglednica 4: Fenofaze hmelja sorte Bobek v letu 2017 in 2018 na lokaciji Žalec in občutljivost na sušo

Faza			Datum nastopa fenofaze		Občutljivost na sušo
Št. faze v TriN	BBCH	Opis faze	v letu 2017	v letu 2018	
1	9	Pojav prvih poganjkov	07. 04.	22. 04.	srednja
2	11	Prvi par listov je razgrnjen	09. 05.	04. 05.	srednja
3	21	Prvi par stranskih poganjkov	26. 05.	30. 05.	majhna
4	38	Rastlina je dosegla vrh opore	09. 06.	15. 06.	majhna
5	61	Začetek cvetenja	29. 06.	05. 07.	velika
6	71	Pojav storžkov	31. 07.	30. 07.	velika
7	79	Storžki - končna velikost	21. 08.	20. 08.	velika
8	89	Zrelost storžkov, pobiranje pridelka	05. 09.	03. 09.	majhna

Na ARSO smo tekom namakalne sezone javljali podatke o poteku fenofaz hmelja, ki so pomembne za namakanje. Na osnovi tega se je modelirala vodna bilanca za 'polno' namakanje na lokaciji poskusa in tudi prognoza (napoved) namakanja za pet dni v naprej. Trajanje namakanja smo nato določili glede na karakteristike kapljičnih namakalnih cevi (razdalje med kapljači in pretok), glede na površino rastlinskega pokrova oz. glede na to, koliko je krošnja hmelja segala v medvrstni prostor na vsaki strani, ter napoved, ki jo je izdal ARSO. Pri trajanju kapljičnega namakanja smo upoštevali 8 % izgube vode. Pri deficitnem kapljičnem namakanju smo upoštevali 80 % količine dodane vode glede na polno namakanje.

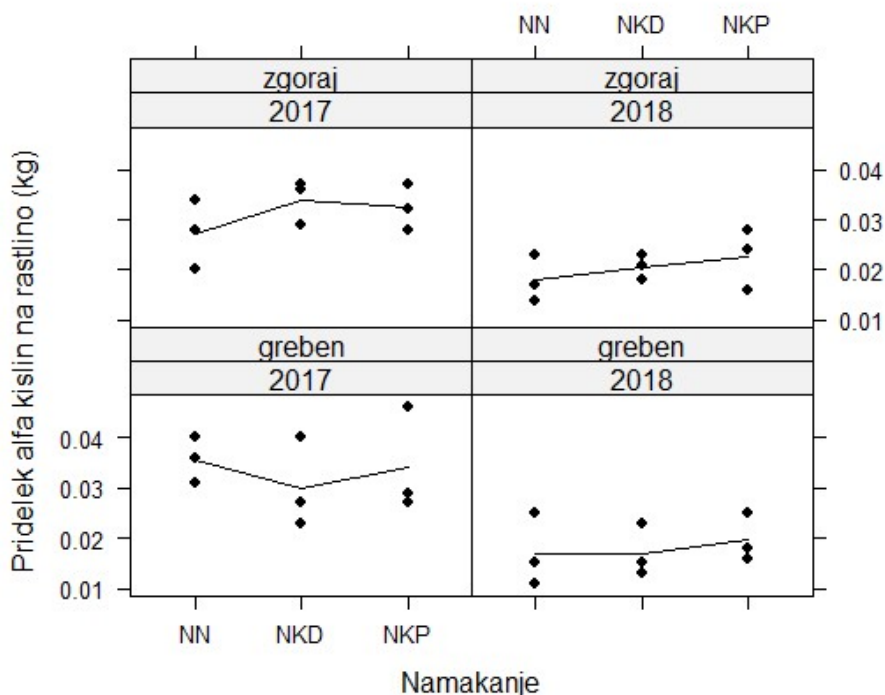
V storžkih smo določali sestavo sekundarnih metabolitov hmelja, ki so pokazatelji njegove uporabnosti in določajo njegovo ceno na trgu. V primeru hmeljnih smol smo se osredotočili na α -kislino, ki smo jih določali s tekočinsko kromatografijo z UV detekcijo po standardni metodi Analytica EBC.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Zaradi problemov z dobavo namakalne in merilne opreme je bil poskus v letu 2017 vzpostavljen pozno v namakalni sezoni. V letu 2018 so bile zaradi specifične pridelave hmelja kapljične namakalne cevi na greben položene šele 6. 6. 2018. Zaradi pogostih padavin in nasičenih tal so namreč zaostajala redna tehnološka opravila, med njimi osipanje hmelja, ki ogrne zemljo k rastlini. S tem se fiksira trte, prekrije in zaduši plevela ter omogoči rast nadomestnih (adventivnih) korenin. Hmelj je bil tako osut šele 5. 6. 2018, pred tem pa polaganje cevi ni smiselno, saj

greben v vrsti hmelja še ni v celoti formiran, prav tako pa bi osipanje zasulo že položene kapljične cevi.

S slike 3 je razvidno, da sta način in količina namakanja imela proti pričakovanjem majhen vpliv na kakovost pridelka v posameznem letu izvajanja poskusa. Pridelek hmelja sorte Bobek običajno vsebuje od 3,5 do 7,8 % α -kislin (ut. %) (Šuštar-Vozlič in sod., 2002).

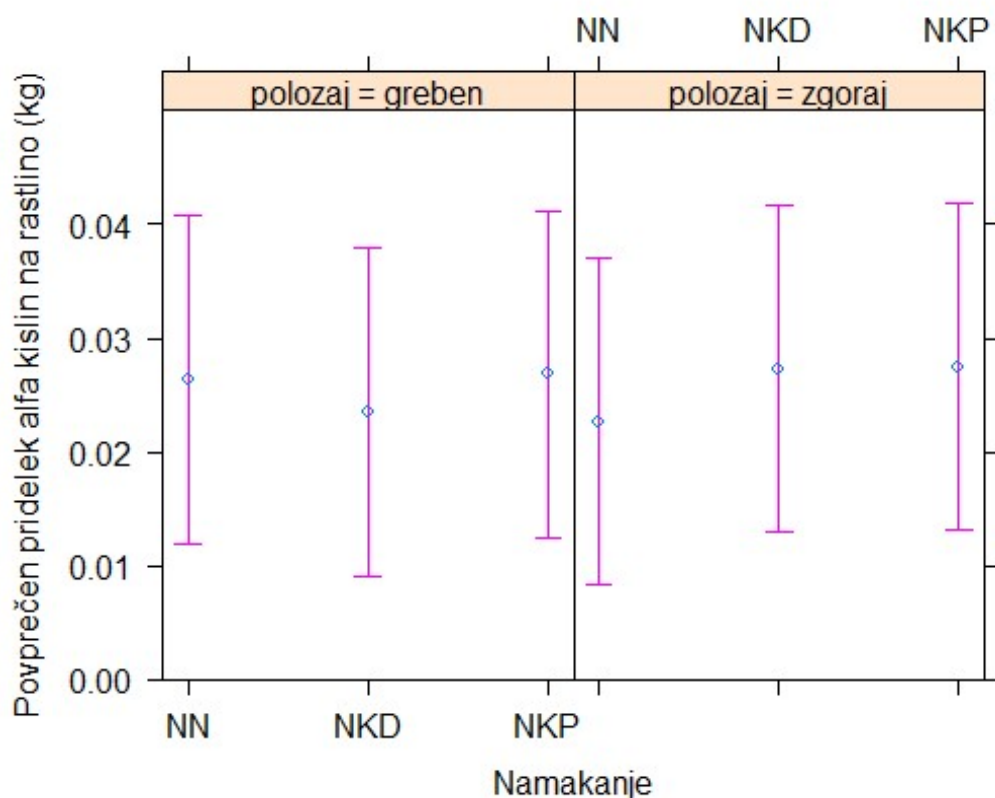


Slika 3: Pridelek α -kislin v suhi snovi storžkov hmelja (kg/rastlino) glede na način in količino namakanja v letih 2017 in 2018. Legenda: NN – nenamakano zgoraj, NKD – deficitno kapljično namakanje, NKP – polno kapljično namakanje. Črta povezuje povprečja po obravnavanjih

Povprečne vrednosti α -kislin v suhi snovi (SS) pridelkov (storžkov) hmelja pri vseh obravnavanjih so v letu 2017 znašale od 3,4 do 4,6 %, v letu 2018 pa od 3,1 do 4,0 %. Za namen analize podatkov smo izračunali pridelke α -kislin v pridelku suhe snovi storžkov na rastlino (kg), za kar smo povprečen pridelek na posamezni parceli pomnožili s povprečno vsebnostjo α -kislin (%) v SS pridelka ter preračunali na posamezno rastlino. V povprečju so količine α -kislin v pridelku hmelja za vsa obravnavanja v letu 2017 znašala 0,032 kg/rastlino, v letu 2018 pa 0,019 kg/rastlino. Nižje povprečne vsebnosti količin α -kislin so po posameznih obravnavanjih v letu 2018 jasno razvidne iz slike 3. Povprečni pridelki α -kislin na rastlino so bili v letu 2017 pri vseh obravnavanjih višji kot v letu 2018. V letu 2017 je bil najvišji povprečni pridelek α -kislin na rastlino dosežen pri obravnavanju NN (nenamakano) greben, najnižji pa pri NN zgoraj (na vrhu žičnice). V letu 2018 je bil najvišji povprečen pridelek α -kislin na rastlino dosežen pri obravnavanju NKP

(polno kapljično namakanje) zgoraj, najnižji pa pri obravnavanjih NN greben in NKD (deficitno kapljično namakanje) greben.

Analiza pridelka α -kislin v storžkih hmelja je v obeh letih izvajanja poskusa pokazala, da ni statistično značilnih razlik v povprečni vsebnosti α -kislin glede na način (greben ali zgoraj) in količino namakanja (polno, deficitno ali nenamakano) (slika 4).



Slika 4: Povprečna količina α -kislin v suhi snovi storžkov hmelja (kg/rastlino) s pripadajočimi 95 % intervali zaupanja glede na način in količino namakanja ocenjen na podlagi dvoletnega poskusa v letih 2017 in 2018. Legenda: NN – nenamakano zgoraj, NKD – deficitno kapljično namakanje, NKP – polno kapljično namakanje

Predvidevamo, da bi se pričakovane razlike pokazale v letih z manj padavinami. Vremenske razmere (razporeditev in količine dežja) v nobenem od poskusnih let niso bile primerne za določanje vpliva polnega in deficitnega namakanja na kakovost pridelka hmelja.

Kakovost pridelka hmelja je v obravnavanih letih proti pričakovanjem, saj je bilo leto 2018, zaradi količine padavin, primernejše za pridelavo hmelja in bi pričakovali večji pridelek α -kislin. Predvidevamo, da je razlog takšnih rezultatov zastajanje vode v hmeljišču, predvsem v kolesnicah, zaradi pogostih padavin v letu 2018. Zastajanje vode je bilo prisotno kljub bistveno manjšim količinam porabljene vode za namakanje kot je bilo predvideno po napovedi ARSO.

4 ZAKLJUČKI

V splošnem je bila količina α -kislin v suhi snovi pridelka hmelja na poskusnih parcelah večja v letu 2017 kot v letu 2018, kar je proti pričakovanjem, saj je bilo leto 2018 zaradi količine padavin optimalno za pridelavo hmelja. Predvidevamo, da je razlog takšnih rezultatov neoptimalna razporeditev padavin tekom rastne sezone, kar je privedlo v letu 2018 do zastajanja vode v hmeljišču, predvsem v kolesnicah. Prav tako se sorta hmelja Bobek po naših predvidevanjih slabo odziva na prekomerno vlažnost tal, predvsem v prvih dveh tretjinah rastne sezone. Statistično značilne razlike v pridelku α -kislin so bile le med obravnavanimi leti ne pa med obravnavanji z različno postavitvijo namakalne opreme (na žičnico, ali na greben) in količino namakanja (polno ali deficitno).

Vremenske razmere v nobenem od poskusnih let niso bile optimalne za določanje vpliva polnega in deficitnega namakanja na kakovost pridelka hmelja.

Zahvala. Pripravo prispevka sta finančno podprli Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru ciljnega raziskovalnega projekta Natančnost napovedovanja namakanja (TriN, V4–1609).

5 VIRI

- Allen R, Pereira L. S, Raes D, Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and drainage paper No. 56. Rome, FAO, 300 s.
- Brooks S. N., Horner, C. E. Hop Production. U.S.D.A. Agric. Information Bulletin No. 240; 1961: 20-22.
- Čeh, B., Čerenak, A., Čremožnik, B., Ferant, N., Friškovec, I., Knapič, M., Košir, I. Jože, Leskošek, Gregor, Livk, Joško, Dušica M., Naglič, B., Oset Luskar, M., Pavlovič, M., Radišek, S., Rak Cizej, M., Rovar, A., Zmrzлак, M., Žolnir, M., Žveplan, S. 2012. Hmelj od sadike do storžkov: zbirka vsebin za izobraževanje za Nacionalno poklicno kvalifikacijo (NPK) Hmeljar/hmeljarka. Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije. 135 s.
- Evans R. Hop management in water-short periods. EM4816, Drought Advisory; 2003.
- Graf T. Tröpfchenbewässerung im Hopfenbau - Feldversuche, Physiologie und Rhizosphäre, (Drip irrigation in hop production - field trials, physiology and rhizosphere), Doctoral dissertation, Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan. 2016
- Hacin J. Prispevek k poznavanju vpliva dejavnikov okolja na rast in razvoj ter na pridelek in vsebnost alfa kislin pri hmelju. Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 1989, str.70-74
- IHGC Economic Commission Summary Report, November, 2019 (<http://ihgc.org/>)
- Kišgeci J. Vodni režim biljaka hmelja u različitim uslovima navodnjavanja i mineralne ishrane. Doktorska disertacija, Novi Sad; 1974.
- Majer D. Vodni stres pri hmeljnih rastlinah ali O pomenu vode za življenje rastlin, o stresu pri rastlinah, o namakanju in o vplivu vodnega stresa na hmeljne rastline. Žalec:

- Hmeljarsko združenje Slovenije; Ljubljana: Ministrstvo za znanost in tehnologijo; Celje: Probi MM, 2000.
- Meier, U. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants BBCH Monograph
- Middleton J.E. Irrigation needs of hops. Washington Agricultural Experiment Stations, Institute of Agricultural Sciences, Washington State University, Stations Circular 417. 1963.
- Milavec, K., Verbovšek, T. 2012. Večkriterijsko vrednotenje vodonosnika Spodnje Savinjske doline za pridobivanje toplotne energije. V: Ciglič, R., Perko, D., Zorn, M., (ur.). Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2011–2012. Ljubljana, Založba ZRC SAZU, str. 33–43
- Šuštar-Vozlič J., Čerenak A., Ferant N. Žlahtnjenje hmelja in hmeljni kultivarji. In: Priročnik za hmeljarje. Majer, D. (eds). Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Žalec, 2002, str. 21-30
- Rybacek V. Hop production. Developments in Crop Science Volume 16, Elsevier, Amsterdam, New York; 1991: 211-219.
- Sasin A. Evaluation and determination of irrigation requirements in the Piestany production region. Chmelarstvi. 1990: 63(5): 72-73.
- Simončič A, Knapič M. The influence of different irrigation and fertilisation systems on weed development and hop yield = Vpliv različnih postopkov namakanja in gnojenja na pridelek hmelja ter razvoj plevelov. Hmeljarski bilten, 2004, letn. 11, str. 5-15.
- Slavik L., Kopecky J. Efficacy of hop irrigation under year with different precipitation levels. Chmelarstvi. 1997; 70: 44-46.
- Svoboda P., Hniličková H., Hnilička F. Changes in yield and quality of hop depending on the irrigation. Cereal Res. Commun. 2008; 36: 891-894.
- Thompson F.C., The influence of various factors on the a-acid content of hop cones. University of London, Wye College, Department of Hop Research, Annual Report. 1967: 38-39.
- UMS Hyprop. 2018. The University of Manchester. Multiphase flow and porous media. <https://personalpages.manchester.ac.uk/staff/nima.shokri/LabFacilities.html>
- Williams H., Brown J.F. Hop irrigation. Progress report. University of London, Wye College, Department of Hop Research, Annual Report. 1959: 70-81.
- Zattler F., Maier J., Über den Einfluss künstlicher Bodenbewässerung auf Ertrag und Qualität des Hopfens. Hopfen-Rundschau. 1968; 6: 2-7.
- Zepp G, Smith S, Harwood J. Hops: an economic assessment of the feasibility of providing multiple-peril crop insurance - Prepared by the Economic Research Service, USDA, for the Consolidated Farm Service Agency, Office of Risk Management; 1995.
- Zgodovina namakanja v Sloveniji. Agrometeorološki portal Slovenije. http://agromet.mko.gov.si/index.asp?ID=Namakanje/default_zgodovina.asp (29. jan. 2019)