

## VPLIV APNENEGA DUŠIKA NA RAST IN RAZVOJ HMELJA, REAKCIJO TAL IN TALNO MIKROFLORO

Barbara ČEH<sup>1</sup>, Sebastjan RADIŠEK<sup>2</sup>, Bojan ČREMOŽNIK<sup>3</sup> in Andrej ŠUŠEK<sup>4</sup>

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / received: 20. 10. 2020

Sprejeto / accepted: 7. 12. 2020

### Izvleček

Gnojilo apneni dušik (AD), ki ga kemično imenujemo kalcijev cianamid ( $\text{CaCN}_2$ ), vsebuje 19,8 % dušika in 50 % CaO. Dušik se nahaja v cianamidni obliki, ki se pri razgradnji v tleh postopoma pretvori do rastlinam dostopne amonijske oblike dušika ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ). Pri tem se tvori tudi dicianamid ( $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{N}-\text{CN}$ ), ki je zaviralec nitrifikacije. Dušik tako ostaja dlje časa v amonijski obliki in v območju korenin. Znan je tudi pozitiven vpliv AD na vzdrževanje pH tal in na talno mikrofloro. V začetni fazi hidrolize in nepravilni uporabi pa lahko povzroči tudi fitotoksičnost. V poskusu smo želeli ugotoviti vpliv AD na rast in razvoj hmelja, določiti njegovo potencialno fitotoksičnost, ovrednotiti vpliv na pridelek in vsebnost nitratov v storžkih, ter časovno ustrezno umestiti to gnojilo v program gnojenja hmelja. Fitotoksičnost se je pokazala v primeru rastlin v ukorenišču in v loncih pri odmerkih 800 in 1000 kg/ha AD. V poljskem poskusu smo aplicirali po 400 kg/ha AD in to v nobeni kombinaciji ni povzročilo fitotoksičnosti. Nakazal se je pozitiven vpliv AD na preprečevanje zakisanja tal, medtem ko vpliva na talno mikrofloro nismo zaznali. Glede na količino pridelka ob hkratnem podatku, da gnojilo AD deluje pozitivno na mikrobiološko dejavnost tal, sta se nakazali dobri kombinaciji obravnavanji GO3 (AD ob rezi + 2× KAN) in GO6 (AD ob rezi + 1× urea + 1× KAN). Gnojilo AD (400 kg/ha) je bolje aplicirati v marcu ob rezi in ne šele v maju. Glede vsebnosti nitratov v storžkih je bolje, da za tretje dognojevanje uporabimo KAN in ne uree ali AD.

**Ključne besede:** *Humulus lupulus*, gnojenje, dušik, pridelek, mikrobiološka aktivnost tal

<sup>1</sup> Dr., Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija, e-pošta: barbara.ceh@ihps.si

<sup>2</sup> Dr., isti naslov, e-pošta: sebastjan.radisek@ihps.si

<sup>3</sup> Dipl. inž. agr. in hort., isti naslov, e-pošta: bojan.cremoznik@ihps.si

<sup>4</sup> Izr. prof. dr., Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru, e-pošta: andrej.susek@um.si

## INFLUENCE OF CALCIUM CYANAMIDE ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF HOP, SOIL REACTION AND SOIL MICROFLORA

### Abstract

Calcium cyanamide ( $\text{CaCN}_2$ ) is a nitrogen fertilizer which contains 19.8 % nitrogen and 50 % CaO. Nitrogen, which is in the cyanamide form, is gradually converted to plant-accessible ammonium ( $\text{NH}_4$ ) $_2$ CO $_3$  when decomposed in the soil. Dicyanamide ( $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C} = \text{N} - \text{CN}$ ) which is a nitrification inhibitor is also formed. For this reason nitrogen remains for a longer time in the ammonium form and therefore in the root zone. The positive effect of calcium cyanamide (AD) on the maintenance of soil pH and on soil microflora is also known, while in the initial phase of hydrolysis in an improper use it can cause phytotoxicity. In the experiments, we wanted to determine the impact of AD on the growth and development of hop, determine its potential phytotoxicity, evaluate its impact on the yield and nitrate content in hop cones, and place this fertilizer in the hop fertilization program. Phytotoxicity was detected in the case of plants in the low trellis and in pots at rates of 800 and 1000 kg/ha AD. In the field experiment, 400 kg/ha AD was applied and this did not cause phytotoxicity in any combination. A positive impact of AD on soil pH maintenance was indicated, but no significant influence to soil microflora. As superior fertilization combinations in terms of hop yield AD at hop cutting in the spring + 2 × KAN and AD hop cutting in the spring + 1 × urea + 1 × KAN were indicated. AD (400 kg/ha) is better to be applied in March during pruning compared to May application. Regarding the nitrate content in the cones, it is better to use KAN for the third top dressing and not UREA or AD.

**Key words:** *Humulus lupulus*, fertilization, nitrogen, yield, soil microbiological activity

### 1 UVOD

Apneni dušik (AD), ki ga kemično imenujemo kalcijev cianamid ( $\text{CaCN}_2$ ), je bil prvič sintetiziran leta 1898. Uvršča se med najstarejša dušična mineralna gnojila. Vsebuje 19,8 % dušika in 50 % CaO (Hall, 1905). Zaradi njegovega značilnega delovanja ga uvrščamo v skupino specialnih, počasi delujočih gnojil. Na počasno sproščanje dušika vpliva več dejavnikov: (1) dušik se nahaja v cianamidni obliki, ki za rastline ni dostopna, zato se mora prej v tleh razgraditi; (2) razgradnja poteka pod vplivom talnih mikroorganizmov in njihove aktivnosti, na katero pa vplivajo talne razmere (temperatura, vlaga, pH idr.); (3) pri razgradnji apnenega dušika se tvori dicianamid ( $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C} = \text{N} - \text{CN}$ ), ki je v Evropski skupnosti registriran kot zaviralec nitrifikacije (direktiva 02003/2003; amandma iz 8. nov. 2008) (Bjälffve, 1957; Cornforth, 1971; Dixon in Williamson, 1985). Dicianamid deluje na nitrifikacijske bakterije (*Nitrosomonas*), ki pretvarjajo amonijski dušik v nitritnega.

Dušik tako ostaja dalj časa v amonijski obliki v primerjavi z ostalimi običajnimi dušičnimi gnojili (Lan in sod., 2013). Zaradi amonijske oblike, ki se veže na talne delce, je zavarovan pred izpiranjem in zato dalj časa ostaja v območju korenin (Pleysier in sod., 1987; Villsmeier in Amberger, 1978; Rathsack, 1978). Sproščanje dušika se podaljša za 6 do 8 tednov.

V gnojilu je več kot 50 % kalcija, od katerega je 1/3 v obliki kalcijevega oksida (CaO), 2/3 pa vezanega v kalcijev cianamid. Ob stiku s talno vlago AD razpade na cianamid in kalcijev hidriksid (Ca(OH)<sub>2</sub>), ki postane dostopen rastlinam. Kalcij ima pomemben vpliv na rast rastlin, saj ima pomembno vlogo pri rasti celic in je pomemben element, ki vpliva na sestavo celične stene. Pomanjkanje kalcija v tleh zmanjša dostopnost fosforja, bora in molibdena. Prost in vezan kalcijev oksid ohranja tla strukturna in preprečuje zakisanost tal (v kislih tleh je razvoj določenih škodljivih mikroorganizmov povečan) Dixon (2009; 2012). Vpliv apnenega dušika na pH tal ugotavlja tudi Miranda (1975), v poskusih, ki so potekali 15 let (1958–1972) na Portugalskem, kjer so primerjali vpliv različnih dušikovih gnojil (amonijev nitrat, amonijev sulfat, apneni dušik, kalcijev nitrat in ureo ter negnojeno površino) na reakcijo tal. V tem dolgotrajnem poskusu so parcele gnojene z apnenim dušikom ostale značilno bolj alkalne v primerjavi s parcelami, ki so bile gnojene z ostalimi gnojili, ki so povečala zakisanost tal. Poskus je potekal na območju, kjer je bila letna količina padavin 1100 mm. Uporaba apnenega dušika se je izkazala v večjem zadrževanju izmenljivega kalcija v primerjavi z ostalimi vključenimi gnojili. S tem se ustvarja naravno stimulatívno okolje za delovanje in razvoj koristnih mikroorganizmov, ki zatirajo oziroma omejujejo delovanje škodljivih organizmov.

Poleg ugodne hranilne vrednosti in počasnega sproščanja hranil številni avtorji poročajo o vplivu apnenega dušika na mikrobiološko dejavnost v tleh (Müller, 1955) in s tem na rodovitnost tal. Že raziskave Alison (1924) in Mukeri (1932) dokazujejo, da apneni dušik značilno poveča število mikroorganizmov v tleh. Bosch in Amberger (1983) iz Tehnične univerze v Münchnu navajata, da je biološka aktivnost tal, ki je merjena z encimsko aktivnostjo, povečana, če uporabljamo apneni dušik. Prav tako pa Shi in sod. (2009) ugotavljajo, da so mikroorganizmi različno dovzetni na apneni dušik. Znano je, da lahko glive vrste *Aspergillus* in *Penicillium* koristijo molekule cianamida kot vir dušika pri razgradnji organskih snovi (celuloze) v tleh. Zaradi tega se bodo ti mikroorganizmi v prisotnosti cianamida v tleh razmnožili, povečala se bo biodiverziteteta in njihova množina, s tem pa bodo po naravni poti preprečevali razvoj talnih patogenih gliv in plesnivk (Klasse, 1999; Dixon, 2017). Nekatere rastlinske vrste kot kuštrava grašica (*Vicia villosa*) ali akacija (*Robinia pseudoacacia*), same sintetizirajo cianamid v listih za zaščito pred boleznimi in pred konkurenčnimi rastlinami.

V literaturi lahko najdemo veliko objav o vplivu apnenega dušika na pridelek in manjšo vsebnost dušika v rastlinah oz. njegovo kakovost. Na inštitutu za hortikulturo v Wellesbournu v Veliki Britaniji so ugotovili, da so rastline zelja, gnojene z apnenim dušikom, dosegle za skoraj 20 % večjo maso glave. Povečanje pridelka se opaža tudi pri drugih kapusnicah, kakor tudi pri krompirju, korenju idr. Na testni postaji na Spodnjem Saškem so v dvoletnem poskusu na krompirju ugotovili 10 % povečanje pridelka. Na testni postaji Rebstain (St. Gallen, Švica) so v triletnem poskusu na korenju ugotovili povečanje tržnega pridelka za 10 %, če so rastline gnojili z AD v primerjavi z običajnim NPK gnojilom. Di Gioia in sod. (2017) poročajo, da se je vsebnost nitratov v rastlinah solate zmanjšala od 18 do 21 %, če so bile gnojene z AD v primerjavi z običajnimi gnojili. Do podobnih rezultatov so prišli tudi Willumsen in McCall (1997), Venter (1978) ter Venter in Fritz (1979).

Pri razgradnji apnenega dušika se tvori cianamid, ki pa je ob nepravilni uporabi lahko fitotoksičen tudi za rastline. V času od enega do dveh tednov se cianamid v tleh popolnoma spremeni v dušikovi obliki urea in amonij, zato se nevarnost fitotoksičnosti preneha. Zaradi cianamidne faze je potrebno upoštevati čakalno dobo pred setvijo oz. sajenjem mladih rastlin. Čakalni čas je odvisen od uporabljene količine gnojila, talne vlage in talne temperature. Pri gnojenju odraslih rastlin hmelja se priporoča dodajanje apnenega dušika kot prvi obrok dognojevanja z dušikom. Pomembno je, da gnojilo po trošenju ostane enakomerno razporejeno na površini tal oz. da se prepreči njegovo premeščanje v primeru močnih površinskih vod. Če se gnojilo trosi na zaskorjena tla, kjer se granule lahko sperejo in se koncentrirajo v depresijah, se zaradi prevelike koncentracije gnojila na površino, nevarnost fitotoksičnosti poveča.

Znano je, da se rodovitnost tal pri intenzivni pridelavi rastlin zmanjšuje predvsem zaradi stalne uporabe kislih mineralnih gnojil (amonsulfat, urea, AN idr.), fitofarmaceutskih sredstev, časovno neprimerne obdelave tal, prekomerne izsušitve ali prekomernega namakanja. Namen poskusa je bil proučiti uporabnost apnenega dušika pri gojenju hmelja. Želeli smo proučiti naslednje vplive: (1) določiti vpliv apnenega dušika na rast in razvoj hmelja ter določiti potencialno fitotoksičnost apnenega dušika; (2) ovrednotiti njegov vpliv na pridelek in vsebnost nitratov v storžkih; (3) ugotoviti časovno ustrezno umestitev tega gnojila v program gnojenja; (4) vpliv na reakcijo tal in talno mikrofloro.

## 2 MATERIAL IN METODE

### 2.1 Poljski poskus

Bločni poljski poskus v treh ponovitvah smo postavili v letih od 2017 do 2019 v hmeljiščih IHPS s sorto hmelja Bobek (2017) oziroma Celeia (2018 in 2019).

Proučevali smo osem različnih gnojilnih obravnavanj (GO), ki so bila sestavljena kot kombinacije gnojil apneni dušik (AD), urea in KAN. Gnojilo apneni dušik je bilo umeščeno za prvo dognojevanje (aplikacija pred rezjo hmelja ali konec maja) oziroma za vsa tri dognojevanja (preglednica 1). Vključeni sta bili kontroli – vsa tri dognojevanja z ureo oziroma vsa tri dognojevanja s KAN. Pri vseh obravnavanjih smo dušik razdelili na tri obroke in pri vsakem skupno pognojili enako količino dušika (180 kg/ha N). Velikost osnovne parcele je bila okrog 250 m<sup>2</sup>, torej je bila površina pod celotnim poskusom 6000 m<sup>2</sup>.

**Preglednica 1:** Termini gnojenja in gnojilna obravnavanja v poskusu v letih 2017 do 2019

Termin gnojenja	Gnojilna obravnavanja (GO)							
	GOK1 <sup>1</sup>	GOK2 <sup>2</sup>	GO3	GO4	GO5	GO6	GO7	GO8
Pred rezjo (marec)	/	/	400 kg/ha AD	/	400 kg/ha AD	400 kg/ha AD	/	/
Konec maja	185 kg/ha KAN	110 kg/ha urea	/	400 kg/ha AD	/	/	400 kg/ha AD	400 kg/ha AD
Sredina junija	300 kg/ha KAN	170 kg/ha urea	260 kg/ha KAN	260 kg/ha KAN	150 kg/ha urea	150 kg/ha urea	150 kg/ha urea	350 kg/ha AD
Začetek julija	185 kg/ha KAN	110 kg/ha urea	110 kg/ha KAN	110 kg/ha KAN	65 kg/ha urea	110 kg/ha KAN	65 kg/ha urea	150 kg/ha AD
skupaj N	pri vseh obravnavanjih se je dodalo 180 kg/ha N							

<sup>1</sup>GOK1: obravnavanje 1 se je uporabilo kot kontrolno obravnavanje, kjer smo uporabili gnojilo KAN.

<sup>2</sup>GOK2: obravnavanje 2 se je uporabilo kot kontrolno obravnavanje, kjer smo uporabili gnojilo urea.

Hmelj sorte Bobek, na katerem je potekal poskus (GKY:512856, GKX:122502), je bil sajen leta 2009, hmelj sorte Celeia (GKY:512054, GKX:123032) pa leta 2013. V preglednici 2 so prikazani rezultati analize tal pred postavitvijo poskusov. Nasad sorte Bobek je bil spomladi leta 2017 gnojen s hlevskim gnojem v količini 15 t/ha, med letom pa se ni uporabljalo nobeno gnojilo, ki bi vsebovalo fosfor ali kalij, le gnojila po protokolu poskusa (preglednica 1). Hmelj sorte Celeia je bil spomladi leta 2018 gnojen s hlevskim gnojem v količini 15 t/ha, jeseni 2018 in jeseni 2019 pa s kalijevim kloridom v količini 200 kg/ha. Po tretjem obsipanju (julija) so bile v obeh poskusih posejane podorine.

**Preglednica 2:** Parametri analize tal v poskusnih hmeljiščih pred postavitvijo poskusa

Sorta hmelja	pH v KCl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100 g tal)	Razred preskrbljenosti	K <sub>2</sub> O (mg/100 g tal)	Razred preskrbljenosti	Organska snov (%)
Bobek	6,4	31,5	D	37,8	D	4,1
Celeia	6,3	39	D	21	C	2,6

## 2.2 Meritve v poljskem poskusu

Med rastno sezono smo opazovali rast in razvoj rastlin, morebitne znake fitotoksičnosti na rastlinah, merili mikrobiološko aktivnost tal, pH tal in vsebnost rastlinam dostopnega dušika v tleh, vrednotili pridelek ter analizirali vsebnost nitratov v storžkih po parcelah (preglednica 3).

### *Preglednica 3: Opravila na poskusu v letih 2017 do 2019*

<b>Datum</b>	<b>Opravilo</b>
22. 3. 2017	Na ustrezne parcele aplicirali gnojilo apneni dušik (AD)
23. 5. 2017	
16. 6. 2017	Na ustrezne parcele aplicirali gnojila AD, KAN in urea
4. 7. 2017	Vzorčenje tal za Nmin in pH
5. 7. 2017	Dognojevanje pri obravnavanjih, kjer je bilo to predvideno
1. 8. 2017	Namakanje z bobnastim namakalnikom v količini 30 mm
10. 8. 2017	Vzorčenje tal za mikrobiološko aktivnost, Nmin in pH
5. 9. 2017	Obiranje poskusa, tehtanje pridelka po parcelah, odvzem vzorcev storžkov za analizo na vsebnost vlage in nitratov
21. 4. 2018	Prvi obrok AN po rezi na predvidenih parcelah
18. 5. 2018	Prvo dognojevanje pri ostalih obravnavanjih, kjer je bilo predvideno. To je nekoliko prej kot običajno, saj je v tem letu hmelj prehiteval z rastjo.
6. 6. 2018	Drugo dognojevanje izvedli nekoliko prej kot običajno, saj je hmelj že dosegel višino 4 m.
2. 7. 2018	Vzorčenje tal za analizo na Nmin in pH, takoj za tem dognojevanje z dušikom po predvidenem planu
13. 8. 2018	Vzorčenje tal za pH in mikrobiološko aktivnost
6. 9. 2018	Obiranje poskusa, tehtanje pridelka po parcelah, odvzem vzorcev storžkov za analizo na vsebnost vlage in nitratov
1. 10. 2018	Vzorčenje tal za analizo na Nmin
25. 4. 2019	Prvi obrok z AN po rezi na predvidenih parcelah
25. 5. 2019	Prvo dognojevanje v okviru obravnavanj, kjer je predvideno prvo dognojevanje v tem času
22. 6. 2019	Dognojevanje pri ustreznih obravnavanjih
8. 7. 2019	Vzorčenje tal za Nmin in pH ter dognojevanje; predviden za začetek julija pri ustreznih obravnavanjih
27. 8. 2019	Vzorčenje za Nmin in pH ter mikrobiološko aktivnost
10. 9. 2019	Obiranje poskusa, tehtanje pridelka po parcelah, odvzem vzorcev storžkov za analizo na vsebnost vlage in nitratov

Razen opisanega gnojenja z dušikom smo poskus oskrbovali enako za vsa obravnavanja v skladu z načeli dobre agronomske prakse. Vsakič smo po trošenju dušikovih gnojil kultivirali območje celotnega poskusa oziroma gnojila zadelali v tla z obsipanjem hmelja pri tretjem dognojevanju. Meritve višine rastlin smo izvajali na 6 rastlinah na posameznem obravnavanju v enem bloku s teleskopskim metrom. Vzorčenje tal za analize Nmin in pH so se izvajale na vseh parcelah, torej

na vseh treh ponovitvah vsakega obravnavanja (skupno 24 parcel). Globina vzorčenja tal je bila 0–25 cm, vzorčil pa se je medvrstni in vrstni prostor, in sicer na 20 različnih mestih, ki so skupaj predstavljala en vzorec. Za vrednotenje pridelka je bilo na posamezni parceli vsakega obravnavanja analiziranih 30 rastlin sredinske vrste.

Mikrobiološko aktivnost tal smo merili na osnovi določanja splošne populacije gliv in bakterij. Pri tem smo vzorčenja tal izvedli v mesecu avgustu, teden dni pred obiranjem pridelka. Vzorčili smo vsako parcelo s sondo za vzorčenje tal (tip 04.01.SA, Eijkelkamp, Nizozemska) v globini 5–20 cm. Pred vbodom sonde smo odstranili površinskih 5 cm tal, ki je najbolj izpostavljen zunanjim razmeram. Za en vzorec (1 kg) smo skupaj opravili 10 vbodov po grobovih – v vrstnem prostoru ob 10 rastlinah sredinske vrste. Vzorci so bili do nadaljnjega procesiranja hranjeni pri temperaturi 4 °C, vendar ne več kot 2 dni. Mikrobiološko aktivnost smo določali z metodo serijskih redčitev na specifičnih gojiščih. Za analizo celokupnih bakterij smo uporabili osnovo TSA (tryptic soy agar) gojišče, za določanje gliv pa PDA (krompirjev dekstrozni agar) gojišče z ustreznimi selekcijskimi dodatki (Larkin in sod., 1993). Inkubacija bakterijskih analiz je trajala 4 dni pri temperaturi 25 °C, medtem ko pri glivah 7 dni pri sobni temperaturi. Rezultate analiz smo izrazili v enotah CFU/g tal.

### 2.3 Vremenske razmere v času poljskega poskusa

V letu 2017 smo zabeležili pomanjkanje padavin že v zimskih mesecih, ki se je nato tekom vegetacije samo še stopnjevalo. Od aprila do junija leta 2017 smo v Žalcu zabeležili 266 mm padavin. Največ dežja je padlo v aprilu (126 mm), v maju 38 mm, v juniju 102 mm. Pomanjkanje padavin smo beležili tudi v juliju (39 mm) in avgustu (73 mm). V aprilu smo bili priča velikim temperaturnim nihanjem. Prva dekada aprila je bila ekstremno topla. V Žalcu je povprečna dekadna dnevna temperatura za 4,1 °C preseгла vrednost dolgoletnega povprečje. Tudi prva polovica druge dekade aprila je bila topla, nato pa se je ohladilo. Od druge polovice maja do obiranja je bila povprečna temperatura ves čas nad dolgoletnim povprečjem. Poletje je zaznamovalo več vročinskih valov (kar 34 vročih dni) s kratkimi osvežitvami. To je bilo eno najtoplejših poletij od leta 1961. Posledice suše so konec druge dekade junija že ogrožale rast in razvoj kmetijskih rastlin.

V letu 2018 je bilo v prvih treh mesecih za 109 mm več padavin kot znaša dolgoletno povprečje (276 mm). Marec 2018 je bil eden izmed najhladnejših v zadnjih letih. Obdobje april – junij pa je zaznamovalo toplo vreme z veliko padavinami, predvsem v obliki pogostih nalivov in neurji s točo. Toplo in vlažno vreme v začetku vegetacije je vplivalo na zelo hiter fenološki razvoj hmelja. Tudi poletje je bilo bogato s padavinami. V obdobju junij – avgust smo zabeležil kar 380 mm dežja. Temperature so bile zelo blizu dolgoletnega povprečja (20,4 °C). Kljub

toplemu vremenu je avgusta padlo 109 mm dežja. Prvi dve dekadi avgusta sta bili zelo sušni, kar je lahko vplivalo na mikrobiologijo tal.

V letu 2019 je bilo v obdobju januar–marec malo padavin (139 mm, kar je 138 mm manj kot v letu 2018). Tudi snežna odeja je bila skromna. Pomanjkanje padavin se je nadaljevalo tudi v mesecu marcu (42,8 mm dežja). V aprilu je bilo toplo, s sorazmerno enakomerno razporejenimi padavinami, kar je spodbudilo rast in razvoj hmelja. V maju je bilo zelo hladno in deževno (povprečna temperatura zraka le 12,6 °C, za 2,7 °C nižja od vrednosti dolgoletnega povprečja; 159 mm dežja, 68 mm nad dolgoletnim povprečjem). Meteorološko poletje (junij – avgust) je bilo toplo (povprečna temperatura zraka v vseh treh mesecih višja od vrednosti dolgoletnega povprečja) in sorazmerno bogato s padavinami (388 mm dežja).

## 2.4 Poskusa za določanje fitotoksičnosti

*Poskus 1.* Z namenom ovrednotenja potencialne fitotoksičnosti smo opravili poskus izpostavitve rastlin različnim odmerkom apnenega dušika (AD) v letu 2017. Rastline smo gnojili z odmerki od 200 do 1000 kg AD/ha (odmerki 0, 20, 40, 60, 80, 100 g/m<sup>2</sup> apnenega dušika). Poskus je potekal na sortah Styrian Wolf in Celeia, in sicer v ukorenišču z rastlinami, ki so bile vzgojene iz ukoreninjenih sadik CSA in ne-ukoreninjenih sadik CSB (30 rastlin/odmerek/vrsto sadike). Rastline smo ustrezno posameznem obravnavanju 3-krat v vegetaciji dognojevali. Po vsakem dognojevanju smo gnojilo ročno zadelali v tla na globino 5-10 cm. V poskusu smo 10 dni po vsakem dognojevanju opravili vizualni pregled z namenom določanja morebitnih fitotoksičnih reakcij na rastlinah.

*Poskus 2.* Kot dopolnitev poskusa 1 smo na obeh sortah opravili tudi lončni poskus na rastlinah (10 rastlin/odmerek), vzgojenih iz ukoreninjenih sadik CSA. Pri tem smo izvedli gnojenje z enkratnim odmerkom gnojila glede na volumen lončkov (1 l) v koncentracijah, ki so simulirali naslednje odmerke: 0,01 % (= 200 kg/ha apnenega dušika), 0,02 % (= 400 kg/ha apnenega dušika), 0,03 % (= 600 kg/ha apnenega dušika), 0,04 % (= 800 kg/ha apnenega dušika) in 0,05 % (= 1000 kg/ha apnenega dušika). Pojav fitotoksičnosti smo vizualno ocenili teden dni po aplikaciji gnojila.

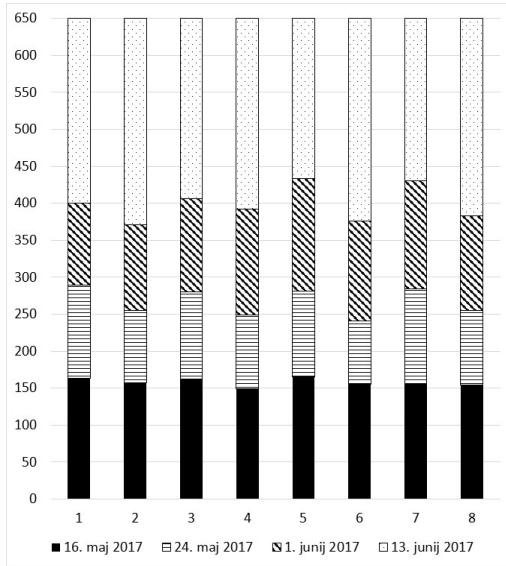
## 3 REZULTATI Z RAZPRAVO

### 3.1 Analiza vpliva apnenega dušika na rast rastlin in potencialno fitotoksičnost

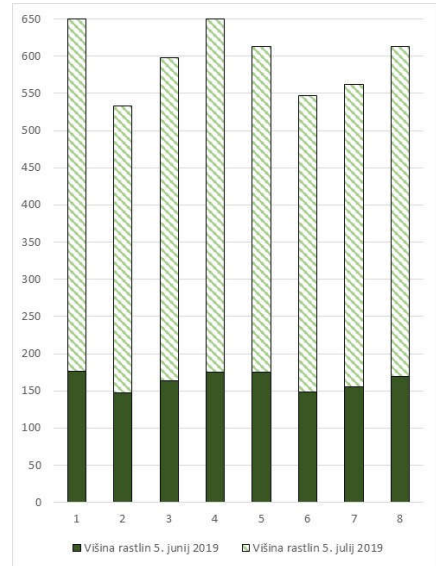
V opazovanih letih v poljskem poskusu v razvoju rastlin ni bilo zaznati razlik med obravnavanji, prav tako ne drugih morfoloških znakov, ki bi nakazovali vpliv apnenega dušika na njihovo rast. Rastline so se nekoliko razlikovale v začetku



vegetacije le v višini, a so do sredine junija pri vseh obravnavanjih dosegle višino žičnice. Ne moremo torej reči, da je na višino rastlin po obravnavanjih vplival dotedanji način gnojenja z dušikom (sliki 1 in 2).



**Slika 1:** Višina rastlin hmelja sorte Bobek v poskusu glede na obravnavanje (1 do 8) in termin meritve (v cm) v letu 2017



**Slika 2:** Višina rastlin hmelja sorte Celeia glede na termin meritve in obravnavanje (v cm) v letu 2019

V poskusu določanje fitotoksičnosti so vizualna spremljanja v ukorenišču pokazala blago rumenenje spodnjih primarnih listov pri odmerkih 800 in 1000 kg/ha AD, kar pa ni bistveno prizadelo rasti in razvoja rastlin. V primeru lončnega poskusa, ki je simuliral enake odmerke, vendar v zaprtem sistemu lončka, smo podobno kot v ukorenišču zaznali fitotoksičnost le pri odmerkih 800 in 1000 kg/ha AD, vendar je bila ta veliko intenzivnejša in povzročila zaustavitev rasti rastlin in izrazito odmiranje listne mase. Rastline v nadaljevanju vegetacije niso odmrle, ampak so pognale nove poganjke.

### 3.2 Vpliv gnojenja na reakcijo tal in vsebnost dostopnega dušika v tleh

V letu 2017 se povprečna vrednost pH tal (tako 4. julija kot 10. avgusta) med obravnavanji ni značilno razlikovala; pH bil je relativno visok, in sicer med 7,0 in 7,1 (preglednica 4). V letu 2018 se pH tal in količina rastlinam dostopnega dušika v tleh nista dokazljivo razlikovala med obravnavanji pri nobenem od terminov vzorčenja (preglednica 5). Pri vseh obravnavanjih je bil pH nekoliko nizek za pridelavo hmelja. V letu 2019 so bile vrednosti pH tal primerljive tako 8. julija kot

27. avgusta med vsemi ostalimi obravnavanji, razen pri GO8 (3 × v sezoni gnojilo AD), kjer je bil pH značilno višji (preglednica 6).

Pri primerjavi izmerjenega skupnega dostopnega dušika (skupni Nmin = nitratni + amonijski dušik) med obravnavanji v začetku julija 2017 ni bilo značilnih razlik, nakazane pa so višje vrednosti Nmin pri kontrolnem obravnavanju GOK2 (187 kg/ha Nmin) ter pri GO7 (206 kg/ha Nmin). Pri slednjem smo pognojili z AD šele konec maja, potem pa še pri drugem dognojevanju z UREO; iz obeh gnojil se N sprošča počasneje in je bolj ostal v tleh v sušnem obdobju. Tudi v začetku avgusta med obravnavanji ni bilo značilnih razlik. Najvišje N min vrednosti so izmerjene pri GOK1(193 kg/ha Nmin), GOK2(174 kg/ha Nmin), GO7 (175 kg/ha Nmin) in GO8 (174 kg/ha Nmin). Nižje vrednosti so bile zaznane pri obravnavanjih, kjer je bil kot zadnji obrok v začetku julija pognojen KAN v primerjavi z ureo. Povezave med pH in Nmin tako 4. julija kot 10. avgusta ni bilo. Tudi povezave med Nmin 4. 7. 2017 in Nmin 10. 8. 2017 ni bilo.

**Preglednica 4:** Rezultati analize vzorcev tal glede na parameter in datum meritve v poskusu v letu 2017 (pH ter Nmin - amonijski in nitratni N)

Gnojilno obravnavanje	Termin 4. 7. 2017		Termin 10. 8. 2017	
	pH tal	Skupni Nmin (kg/ha)	pH tal	Skupni Nmin (kg/ha)
GOK1	7,0 a*	174 a	7,0 a	193 a
GOK2	7,0 a	187 a	7,1 a	174 a
GO3	7,0 a	152 a	7,1 a	140 a
GO4	7,1 a	147 a	7,1 a	122 a
GO5	7,0 a	143 a	7,1 a	159 a
GO6	7,0 a	146 a	7,1 a	135 a
GO7	7,0 a	206 a	7,0 a	175 a
GO8	7,1 a	134 a	7,1 a	174 a

\*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema razlika ni statistično značilna ( $p=0,05$ , Duncanov test mnogoterih primerjav).

Najvišja vrednost dostopnega dušika je bila v letu 2018 izmerjena pri obravnavanju GO7 (preglednica 5). Povezava med pH tal in Nmin je bila 2. julija 2018 le neznatna ( $R^2 = 0,08$ ). Ugotovljamo, da so bile vsebnosti dostopnega dušika v letu 2018 še vedno zelo visoke v mesecu septembru (po toplem avgustu z dovolj padavin je bila mineralizacija očitno dobra), potem pa so se izgubile iz tega sloja do začetka oktobra.

**Preglednica 5:** pH tal in dostopni N v tleh (amonijski + nitratni = Nmin) na globini 0–25 cm

GO <sup>1</sup>	2. 7.	13. 8. 2018				13. 9. 2018	1. 10. 2018
	2018 pH	pH	Nitratni N (kg/ha)	Amonijski N (kg/ha)	Nmin (kg/ha)	Nmin (kg/ha)	Nmin (kg/ha) *
GOK1	5,4 a**	5,6 a	76 a	11 a	87a	87 a	37 a
GOK2	5,5 a	5,7 a	94 a	11 a	105a	90 a	36 a
GO3	5,3 a	5,6 a	88 a	12 a	100a	101 a	39 a
GO4	5,4 a	5,6 a	86 a	11 a	97a	97 a	38 a
GO5	5,4 a	5,7 a	99 a	10 a	109a	109 a	37 a
GO6	5,5 a	5,8 a	93 a	14 a	107a	108 a	40 a
GO7	5,7 a	5,6 a	105 a	11 a	116a	116 a	38 a
GO8	5,7 a	5,6 a	99 a	13 a	112a	112 a	36 a

<sup>1</sup>GO: gnojilno obravnavanje

\*Od tega pri vseh obravnavanjih 20 kg/ha v nitratni obliki.

\*\*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema razlika ni statistično značilna (p=0,05, Duncanov test mnogoterih primerjav).

Pri analizi vsebnosti nitratnega dušika v tleh v začetku julija 2019 ugotovljamo dokazljivo višjo vrednost pri obravnavanju GO7 (pred meritvijo: AD maja + urea junija) (preglednica 6). Večja vsebnost nitratnega dušika se je sicer nakazala tudi pri kontrolnem obravnavanju GOK2, kjer smo za vsa tri gnojenja uporabili UREO. Amonijskega N je bilo v tleh od 19 do 50 kg/ha, razlike med obravnavanji niso bile dokazljive, vendar opazamo višjo vsebnost amonijskega N pri obravnavanju GOK1, kjer smo za vsa tri gnojenja uporabili gnojilo KAN. Konec avgusta med obravnavanji ni bilo razlik v dostopnem dušiku v tleh. Povezave med pH tal in dostopnim dušikom v tleh ni bilo.

**Preglednica 6:** Rezultati analize tal 8. 7. 2019 in 27. 8. 2019 glede na obravnavanje (0-25 cm tal) na pH ter Nmin (nitratni + amonijski N = Nmin)

GO	Termin 8. 7. 2019				Termin 27. 8. 2019			
	pH tal	Nitr. N (kg/ha)	Amon. N (kg/ha)	Nmin (kg/ha)	pH tal	Nitr. N (kg/ha)	Amon. N (kg/ha)	Nmin (kg/ha)
GOK1	5,2 a	81 a	50 a	131 a	5,4 a	27 a	18 a	44 a
GOK2	5,2 a	94 a	24 a	118 a	5,4 a	33 a	14 a	47 a
GO3	5,2 a	84 a	34 a	118 a	5,4 a	27 a	16 a	43 a
GO4	5,3 a	53 a	28 a	81 a	5,5 a	27 a	18 a	45 a
GO5	5,3 a	61 a	21 a	82 a	5,5 a	24 a	17 a	41 a
GO6	5,5 a	54 a	19 a	73 a	5,5 a	21 a	16 a	37 a
GO7	5,5 a	105 b	28 a	133 a	5,5 a	23 a	16 a	39 a
GO8	5,8 b	46 a	23 a	69 a	5,8 b	25 a	17 a	42 a

<sup>1</sup>GO: gnojilno obravnavanje

### 3.3 Mikrobiološka aktivnost tal

Vpliv apnenega dušika in ostalih dušičnih gnojil na celokupno populacijo gliv in bakterij v tleh smo ugotavljali z vzorčenji po opravljenih vseh terminih gnojenja oz. teden dni pred obiranjem pridelka. Rezultati so v vseh treh letih pokazali primerljiv nivo populacije gliv med posameznimi obravnavanji (preglednica 7). Izjema je obravnavanje GO4 v letu 2019, pri katerem smo ugotovili statistično značilno višjo populacijo gliv od vseh ostalih obravnavanj. Pri tem tega ne povezujemo z načinom gnojenja ali z uporabljenimi gnojili, ampak pripisujemo to vplivu vzorčenja, kjer je lahko prišlo do točkovnega zajetja dela tal z bogatejšim deležem organske mase v razpadanju. Med leti izstopajo rezultati leta 2018, ko smo pri vseh obravnavanjih zaznali približno 3–5× nižjo populacijo gliv kot v letih 2017 in 2019. Takšen odklon pripisujemo predvsem nadpovprečno vročem in suhem obdobju v zadnji dekadi julija in prvih dveh dekadah avgusta, kar je najverjetneje vplivalo na znižano mikrobiološko aktivnost tal.

V primeru bakterijske populacije prav tako nismo zaznali statističnih razlik med obravnavanji, ki bi nakazovale na neposredni vpliv posameznega tipa ali kombinacije gnojil na razvoj bakterij. Edina statistično značilna razlika med obravnavanji je bila zaznana v letu 2018 med GO1 in GO7, vendar ta rezultat pripisujemo predvsem heterogenosti tal poskusnega polja in vremenskim razmeram v letu 2018.

**Preglednica 7:** Rezultati določanja talne celokupne populacije gliv in bakterij v obdobju 2017-2019 v poskusu preskušanja različnih gnojilnih obravnavanj dušičnih gnojil

GO*	2017		2018		2019	
	Glive (CFU/g tal) x 10 <sup>4</sup>	Bakterije (CFU/g tal) x 10 <sup>6</sup>	Glive (CFU/g tal) x 10 <sup>4</sup>	Bakterije (CFU/g tal) x 10 <sup>6</sup>	Glive (CFU/g tal) x 10 <sup>4</sup>	Bakterije (CFU/g tal) x 10 <sup>6</sup>
GO1	2,5 a	33,68 a	0,55 a	20,76 b	4,11 a	47,76 a
GO2	2,8 a	7,18 a	0,61 a	9,36 ab	3,33 a	57,03 a
GO3	2,6 a	15,42 a	0,73 a	8,36 ab	3,26 a	62,7 a
GO4	3,3 a	5,61 a	0,74 a	12,03 ab	6,26 b	36,96 a
GO5	2,9 a	5,13 a	0,81 a	12,63 ab	3,61 a	54,7 a
GO6	2,7 a	8,85 a	0,83 a	12,56 ab	3,67 a	25,86 a
GO7	2,4 a	28,94 a	0,92 a	4,9 a	3,57 a	29,56 a
GO8	2,6 a	12,81 a	0,92 a	8,66 ab	3,85 a	43,53 a

\*GO – gnojilno obravnavanje (za podrobnosti glej Preglednico 1)

\*\*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema razlika ni statistično značilna (p=0,05, Duncanov test mnogoterih primerjav).

### 3.4 Pridelek hmelja in vsebnost nitratov v storžkih

V pridelku hmelja med obravnavanji so bile značilne razlike v letu 2018. Zaradi velikih razlik med ponovitvami in posledično velike variabilnosti med izmerjenimi vrednostmi, značilnih razlik v letih 2017 in 2019 ni bilo. Se pa tudi v teh letih nakazujejo pomembni trendi v velikosti pridelka (preglednica 7).

**Preglednica 7:** Priderek hmelja (kg suhe snovi) in vsebnost nitratov v storžkih glede na čas meritve in obravnavanje v poskusu v letih 2017 do 2019

GO	Pridelek (kg/ha suhe snovi)	Pridelek/rastlino (kg suhe snovi)	Nitrati v storžkih (g/kg)	2017			2018			2019		
				Pridelek (kg/ha suhe snovi)	Pridelek/rastlino (kg suhe snovi)	Nitrati v storžkih (g/kg)	Pridelek (kg/ha suhe snovi)	Pridelek/rastlino (kg suhe snovi)	Nitrati v storžkih (g/kg)	Pridelek (kg/ha suhe snovi)	Pridelek/rastlino (kg suhe snovi)	Nitrati v storžkih (g/kg)
GOK1	1792 a	0,63 a*	11,10 a	1708 a	0,53 a	10,50 a	1837 a	0,57 a	10,00 bcd			
GOK2	1897 a	0,64 a	11,27 a	1701 a	0,57 a	10,30 a	1830 a	0,60 a	11,60 d			
GO3	2150 a	0,72 a	11,78 a	1998 b	0,61 a	10,30 a	1796 a	0,55 a	7,90 a			
GO4	1720 a	0,63 a	11,35 a	1859 ab	0,56 a	9,40 a	1840 a	0,55 a	9,20 abc			
GO5	1705 a	0,56 a	12,94 a	1770 ab	0,59 a	10,70 a	1942 a	0,64 a	9,00 ab			
GO6	1523 a	0,55 a	9,69 a	1983 b	0,59 a	10,20 a	2019 a	0,63 a	9,70 abcd			
GO7	1594 a	0,62 a	9,82 a	1891 ab	0,64 a	10,50 a	1772 a	0,55 a	10,50 bcd			
GO8	1763 a	0,60 a	11,20 a	1917 ab	0,56 a	10,50 a	1975 a	0,58 a	11,20 cd			

\*GO – gnojilno obravnavanje

\*Enaka črka v stolpcu pomeni, da med obravnavanjema razlika ni statistično značilna ( $p=0,05$ , Duncanov test mnogoterih primerjav).

Glede na pridelek sta se dobro nakazali obravnavanji GO3 (AD ob rezi + 2× KAN) in GO6 (AD ob rezi + 1× urea + 1× KAN), kjer ugotovljamo sledeče:

- V sušnem in toplem letu 2017 je bil največji povprečni pridelek (2150 kg/ha) izmerjen pri obravnavanju GO3 (sicer ne značilno največji). Pridelek je bil večji za 20 % v primerjavi s kontrolnim obravnavanjem GOK1 (1792 kg/ha) in za 13 % v primerjavi s kontrolnim obravnavanjem GOK2 (1897 kg/ha).
- V letu 2018 je bil pridelek storžkov značilno večji pri GO3 (1998 kg/ha) in GO6 (1983 kg/ha) kot pri kontrolnih obravnavanjih GOK1 in GOK2. Pridelek je bil večji pri GO3 za 17 % pri GO6 pa za 16 % v primerjavi s kontrolnima obravnavanjema.
- V letu 2019 je bil največji pridelek izmerjen pri GO6 (2019 kg/ha) (sicer ne značilno največji), ki je bil za 10 % večji kot pri kontrolnih obravnavanjih.

Če analiziramo podatke vseh treh let skupaj, je pridelek obravnavanja GO3 največji (1981 kg/ha), vendar razlika z ostalimi obravnavanji ni značilna. Sledita obravnavanji GO8 (1885 kg/ha) in GO6 (1841 kg/ha).

Tako pri obravnavanju GO3 kot GO6 smo kot prvi obrok dušika potrosili AD ob rezi v količini 80 kg/ha N. Če ti dve obravnavanji primerjamo z obravnavanji GO4

(AD v maju + 2 × KAN) in GO7 (AD v maju + 2 × urea), ugotovimo, da je bolje gnojilo AD aplicirati v marcu in ne šele v maju, saj sta obravnavanji GO4 in GO7 dosegali oziroma nakazali nižje pridelke. Če primerjamo obravnavanji GO5 (AD ob rezi + 2 × urea) in GO6 (AD ob rezi + urea + KAN) ugotovimo, da je bilo za tretje dognojevanje bolje uporabiti KAN, saj se je obravnavanje GO6 v letih 2018 in 2019 izkazalo z večjim pridelkom in nižjo vsebnostjo nitratov v storžkih. Če primerjamo obravnavanji GOK2 (3× urea) in GO7 (AD v maju + 2× urea), ugotovimo da dognojevanje samo z ureo vpliva slabše na pridelek, saj se je obravnavanje GO7 kar v dveh letih (2017 in 2019) nakazalo z najslabšim pridelkom. Če primerjamo obravnavanji GOK1 (3 × KAN), GO3 (AD ob rezi + 2 × KAN) in GO4 (AD v maju + 2 × KAN) ugotovimo, da je gnojilna kombinacija AD + KAN boljša kot uporaba samo KANA v vseh treh dognojevanjih. Pomemben je tudi čas uporabe AD. Večje pridelke smo izmerili, če smo uporabili AD ob rezi. Obravnavanje GO8, sestavljeno iz vseh treh obrokov N v obliki gnojila AD, je imelo pridelek med zgornjo polovico obravnavanj v vseh letih.

V vsebnosti nitratov v storžkih v dveh letih ni bilo značilnih razlik med obravnavanji, so pa bile le-te v letu 2019, ko je bila značilno najnižja vsebnost nitratov pri obravnavanju GO3 (AD ob rezi + 2× KAN). Vendar je v tem letu imelo to obravnavanje tudi majhen pridelek, kateri je bil v prejšnjih letih pri tem obravnavanju najvišji. Dokazljivo najvišja vrednost je bila ugotovljena pri obravnavanju GOK2, kjer smo vsa tri dognojevanja opravili z ureo. Visoke vsebnosti nitratov (Sicer ni natančne meje za vsebnost nitrata v storžkih, meje so v različnih delih sveta različne, se pa večina pivovarn drži meje 10 g/kg) v primerjavi z drugimi obravnavanji opažamo v tem letu tudi pri GO7 (AD v maju + 2 × urea) in GO8 (3× AD); vsem je skupno to, da so imeli zadnji obrok dušika pognojen z gnojilom, iz katerega se N sprošča počasneje. V poletju, sorazmerno bogato s padavinami, se je predvidoma gnojilo KAN raztopilo in se absorbiralo prej v primerjavi z ureo in AD, iz katerih se je N sproščal počasneje in se pozno absorbiral v rastline.

#### 4 ZAKLJUČKI

V okviru analize rezultatov večletnega poskusa, ki je potekal v hmeljiščih IHPS na sortah hmelja Bobek (v letu 2017) in Celeia (v letih 2018 in 2019) ugotavljamo, da uporaba AD ni vplivala zaviralno na rast in razvoj rastline hmelja (letni odmerek 400 kg/ha AD), ne glede na časovno razporeditev odmerkov. Pri ugotavljanju fitotoksičnosti apnenega dušika na sortah StyrianWolf in Celeia smo zaznali rahlo fitotoksičnost, če smo uporabili AD v količini 800 oziroma 1000 kg/ha AD v ukorenišču in fitotoksično delovanje pri teh dveh odmerkih v poskusu v loncih.

pH tal je bil v tretjem letu poskusa višji na parcelah, kjer smo gnojili samo z apnenim dušikom GO8 (povečal se je s pH 5,6 v letu 2018 na pH 5,8 v letu 2019).

Rezultati poskusa nakazujejo ugotovitve Miranda (1975), da se tla ne zakisajo, če se gnoji z apnenim dušikom. Če primerjamo vrednosti v avgustu absolutno in jih primerjamo med letoma 2018 in 2019, ugotovimo, da se je pH vrednost znižala na parcelah, kjer smo uporabljali gnojili KAN (s pH 5,6 na pH 5,4) in urea (s pH 5,7 na pH 5,4).

Pri ugotavljanju vsebnosti dostopnega dušika v tleh z hitrim nitratnim testom nismo ugotovili značilnih razlik med gnojilnimi obravnavanji, razen v enem terminu (8. julij 2019) je bila v tleh značilno večja vsebnost nitrata N pri obravnavanju GO7.

Rezultati poskusa so pokazali, da različni tipi in kombinacije dušičnih gnojil umerjeni na enak celoletni odmerek (180 kg/ha) niso vplivali na bistvene spremembe v celokupni populaciji gliv in bakterij. Pri tem seveda moramo izpostaviti, da bi lahko dodatne meritve posameznih tipov gliv in bakterij kot je skupina mikrobioloških indikatorjev rodovitnosti in zdravstvenega stanja tal (npr. glive iz rodu *Trichoderma*, *Gliocladium* in bakterije iz rodov *Pseudomonas* in *Bacillus*) (Berg in sod., 2006; Fravel, 2005) pokazala pozitiven ali negativen vpliv posameznih GO na mikrobiologijo tal. Poudariti je potrebno tudi relativno kratek čas izvajanja poskusa na obeh lokacijah in primerljive pH vrednosti med vsemi GO v vseh treh letih, kar prav tako pomembno vpliva na mikrobiološko aktivnost tal (Lauber in sod., 2009).

Glede na količino pridelka ob hkratnem podatku, da gnojilo AD deluje pozitivno na mikrobiološko dejavnost tal, sta se nakazali dobri kombinaciji obravnavanji GO3 (AD ob rezi + 2× KAN) in GO6 (AD ob rezi + 1× urea + 1× KAN). Če pognojimo z AD ob rezi in za drugo dognojevanje uporabimo UREO, potem je glede pridelka in vsebnosti nitratov bolje, da za tretje dognojevanje uporabimo KAN in ne uree. Gnojilo AD (400 kg/ha) je bolje aplicirati v marcu in ne šele v maju. Gnojilna kombinacija AD + 2x KAN se je nakazala kot boljša v primerjavi z uporabo 3x KAN. Obravnavanje GO8, sestavljeno iz vseh treh obrokov N v obliki gnojila AD, je imelo pridelek med zgornjo polovico obravnavanj v vseh letih. Rezultati nakazujejo, da je glede vsebnosti nitratov uporaba gnojil urea in AD za tretje dognojevanje manj primerna. Dušik se iz uree in AD počasneje sprošča kot iz KANa, zato je bolje, da se za tretje dognojevanje uporabi KAN.

Na osnovi rezultatov poskusa ugotavljamo, da je vključevanje gnojila AD v pridelavo hmelja smiselno, saj se je v določenih kombinacijah nakazalo s pozitivnim vplivom na pridelek in ugodnim vplivom na reakcijo tal. Pri tem je potrebno poudariti, da bo potrebno smotrnost uporabe v bodoče AD analizirati tudi na nivoju ekonomike pridelave z upoštevanjem še ostalih agronomskih dejavnikov, kot so vpliv AD na preprečevanje talnih povzročiteljev bolezni in škodljivcev,

prednosti počasnega sproščanja hranil in vsebnost kalcija, ki vpliva na uravnavanje reakcije tal.

## 5 LITERATURA

- Allison F. E. The effect of Cyanamid and related compounds on the number of microorganisms in soil. *Journal of Agricultural Research*. 1924; 28 (11): 1159-1166.
- Berg G., Hallmann J. Control of plant pathogenic fungi with bacterial endophytes. V: Schulz BJE., Boyle CJC., Sieber TN, (ur), Springer-Verlag, Berlin. *Microbial Root Endophytes*, 2006. 53–69.
- Bjälffve, G. The nitrification of calcium cyanamide and its effects on the soil microflora. *Annals of the Agricultural College of Sweden*. 1957; 23: 423-456.
- Bosch M; Amberger, A. Influence of long-term fertilising with different forms of nitrogen fertiliser on pH, humic fractions, biological activity and dynamics of nitrogen of an arable brown earth (Einfluß langjähriger Düngung mit verschiedenen N-Formen auf pH-Wert, Humusfraktionen, biologische Aktivität und Stickstoffdynamik einer Acker-Braunerde). *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 1983; 146: 714-724.
- Bruggen A. H. C. Van Semenov A. M., Diepeningen A. D. Van Vos O. J. De Blok W. J. Relation between soil health, wave-like fluctuations in microbial populations and soil-borne plant disease management. *European Journal of Plant Pathology*. 2006; 115(1): 105-122.
- Cornforth, I. S. Calcium cyanamide in agriculture. *Soils and Fertilisers*. 1971; 34, 463-468.
- Di Gioia F; Gonnella M; Buono V; Ayala O; Cacchiarelli J; Santamaria P. Calcium Cyanamide Effects on Nitrogen Use Efficiency, Yield, Nitrates, and Dry Matter Content of Lettuce *Agronomy Journal*. 2017; 109(1): 354-362.
- Dixon G. R. Managing clubroot disease (caused by *Plasmodiophora brassicae* Wor.) by exploiting the interactions between calcium cyanamide fertilizer and soil microorganisms. *Journal of Agricultural Science*. 2017; 155 (4): 527543.
- Dixon G. R. Calcium cyanamide-a synoptic review of an environmentally benign fertiliser which enhances soil health. *Acta Horticulturae*. 2012; 938, 211-217.
- Dixon, G. R. (2009). Calcium cyanamide -100 years of successful integrated control. *Plant Protection Science* 45, 37-38.
- Dixon G.R., Williamson, C.J. Factors affecting the use of calcium cyanamide for Control of *Plasmodiophora brassicae*. Proceedings Better Brassicas 1984 Conference, St. Andrews. Dundee: Scottish Crop Research Institute, (now the James Hutton Institute). 1985; 238-244.
- Fravel, D. R. Commercialization and implementation of bio control. *Annual review of Phytopathology*. 2005. 43: 337-359.
- Hall A. D. Calcium cyanamide. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 1905; 1: 146-148.
- Harling R., Klasse H. J. Calcium cyanamide-a unique source of nitrogen promoting healthy growth and improving crop quality of vegetables. *Improved crop quality by nutrient management*. 1999; 233-235.
- Klasse H. J. Calcium cyanamide-a unique source of nitrogen promoting healthy growth and improving crop quality of vegetables. *Improved crop quality by nutrient management*. 1999; 233-235.



- Lan T., Han Y., Roelcke M., Nieder R., Cai Z. Effects of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) on gross N transformation rates and mitigating N<sub>2</sub>O emission in paddy soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013; 67:174-182.
- Lauber, CL, Hamady, M, Knight, R, & Fierer, N (2009). Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacterial community structure at the continental scale. *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 5111–5120
- Miranda, V. H. B. Influence of nitrogenous fertilisers upon some soil characteristics. *Landwirtschaftliche Forschung*. 1975; 29 (1): 21-27.
- Mukerji B. K. Studies on calcium cyanamide. II. Microbiological aspects of nitrification in soils under varied environmental conditions. *Journal of Agricultural Science*. 1932; 22 (2): 335-347.
- Müller, H. Untersuchungen über die Wirkung des Cyanamids im Kalkstickstoff auf pathogene und nichpathogene Mikroorganismen des Bodens. *Archive für Mikrobiologie*. 1955; 22: 285-306.
- Pleysier J.L., Arora Y., Juo A.R.S. Nitrogen leaching and uptake from calcium cyanamide in comparison to urea and calcium ammonium-nitrate in an ultisol from the humid tropics. *Fertilizer research*. 1987; 12(3): 193-199.
- Rathsack K. Die nitrificide Wirkung des Dicyanamides. *Landwirtschaftliche Forschung*. 1978; 31: 347-358.
- Shi K., Wang L., Zhou Y.H. Yu Y.L., Yu J.Q. Effects of calcium cyanamide on soil microbial communities and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Chemosphere*. 2009; 75: 872-877.
- Venter F. Einflüsse auf den Nitratgehalt von Kopfsalat (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.). *Landw. Forsch., Sonderheft*. 1978; 35: 616–622.
- Venter F., Fritz P.D. Nitrate contents of kohlrabi (*Brassica oleracea* L. var. *Gongylodes* Lam.) as influenced by fertilization. *Qualitas Plantarum — Plant Foods for Human Nutrition*. 1979; 29(1-2): 179–186
- Vilsmeier K., Amberger A. Model experiments concerning the breakdown of powdered and granulated calcium cyanamide fertilisers. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1978; 147: 68-77.
- Willumsen A.J., McCall D. Kalkkvaelfstof til salat. *Gartner tidende, arg*. 1997; 113(6): 6–7.