

PREGLED UČINKOVITOSTI DELOVANJA APNENEGA DUŠIKA NA KORISTNE IN PATOGENE MIKROORGANIZME V TLEH

Andrej ŠUŠEK¹, Paulina ŠUŠEK²

¹Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerza v Mariboru,

²Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Wien

IZVLEČEK

Apneni dušik (kalcijev cianamid) je najstarejše dušično mineralno gnojilo. Vsebuje okrog 20 % dušika in 50 % kalcija. Zaradi njegovega značilnega delovanja ga uvrščamo med specialna mineralna gnojila. Za gnojilo je značilno počasno sproščanje dušika in fitosanitarno delovanje. Veliko raziskav dokazuje, da cianamid, ki se tvori pri razgradnji gnojila, do neke mere deluje v tleh insekticidno, fungicidno, herbicidno in proti mehkužcem (polžem). Mikroorganizmi so različno dovzetni na apneni dušik. Znano je, da lahko glive iz rodov *Aspergillus* in *Penicillium* koristijo molekule cianamida kot vir dušika pri razgradnji organskih snovi v tleh. Uporaba apnenega dušika ohranja strukturna tla in preprečuje zakisanje tal. Tako se ustvarja naravno stimulatívno okolje za delovanje in razvoj koristnih mikroorganizmov, ki zatirajo oziroma omejujejo delovanje in razvoj škodljivih organizmov. Ugotovljeno je, da običajna raba apnenega dušika ohranja raznovrstnost talnih organizmov in vpliva na njihovo sestavo in množino populacij.

Ključne besede: kalcijev cianamid, Perlka[®], delovanje, mikrobiološka aktivnost

ABSTRACT

REVIEW OF EFFICIENCY OF CALCIUM CYANAMIDE ON BENEFICIAL AND PATHOGENIC MICROORGANISMS IN SOIL

Calcium cyanamide was the first artificial nitrogen fertilizer to be manufactured on an industrial scale. It contains approximately 20 % nitrogen and 50 % calcium. Due to its characteristic performance it is classified as special mineral fertilizer. The fertilizer is characterized by slow release of nitrogen and phytosanitary activity. Many studies prove that cyanamide, which is formed during the decomposition of fertilizer, works to some extent in soil, insecticidal, fungicidal, herbicidal and against molluscs (sludge). However, microorganisms are different susceptible to calcium cyanamide. It is known that fungus *Aspergillus* and *Penicillium* can use cyanamide molecules as a source of nitrogen in the decomposition of organic matter in the soil. The use of calcium cyanamide keeps the structural soil and prevents soil acidification. This creates a natural stimulating environment for the functioning and development of beneficial microorganisms, which inhibit the functioning and development of harmful organisms. It is established that the

¹ dr., Pivola 10, SI-2213 Hoče

² UZA 2 - Althanstraße 14, A-1090 Wien

usual use of lime nitrogen preserves the diversity of soil organisms and affects their composition and the plurality of populations.

Key words: calcium cyanamide, Perlka®, uses, microorganism activity

1 UVOD

Tla so dinamična mešanica različno velikih organskih in mineralnih delcev ter živih organizmov in njihovih ostankov. Rodovitnost tal je torej odvisna od njenih fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti ter njihovega medsebojnega ravnovesja.

Pri intenzivni pridelavi rastlin se rodovitnost tal zmanjšuje predvsem zaradi stalne uporaba kislih mineralnih gnojil, insekticidov, fungicidov, herbicidov ter časovno neprimerne obdelave tal ali prekomerne izsušitve oz. prekomernega namakanja. Motnje se odražajo kot nihanja v sestavi in množini talnih organizmov ter v spremenjenih kemijskih in fizikalnih lastnostih tal. V tleh, še posebej v plasti, kjer se nahaja glavna koreninskega sistema (do 30 cm globine), se število in struktura talnih mikroorganizmov neprestano spreminja (odvisno od lastnosti tal, letnega časa, intenzivne rabe tal idr.). V rodovitnih tleh so amplitude nihanja majhne, aktivnost in raznovrstnost talnih organizmov pa ostaneta visoki, zaradi česar je razvoj škodljivih organizmov omejen po naravni poti.

231

Koristni talni mikroorganizmi vplivajo na razgradnjo organskih ostankov in mineralizacijo ter tako bogatijo tla s hranili, fiksirajo atmosferski dušik, živijo v simbiotskih odnosih z rastlinami (mikoriza), razgrajujejo ostanke fitofarmaceutskih sredstev v tleh, preprečujejo razvoj škodljivih mikroorganizmov in izboljšujejo strukturo tal (pri razgradnjo organskih ostankov proizvajajo snovi, ki povezujejo talne delce v agregate).

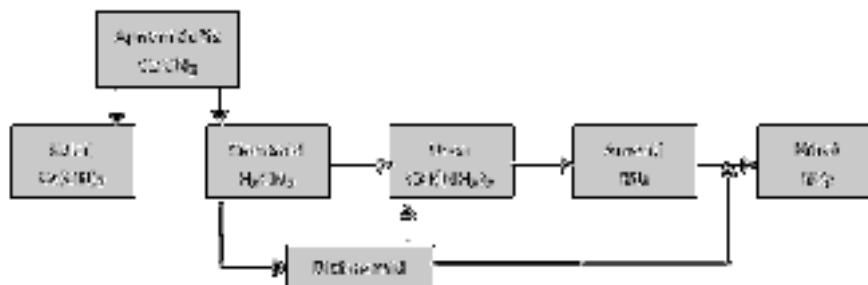
V tleh pa so tudi škodljivi mikroorganizmi, ki značilno zmanjšajo pridelek. Ti patogeni predstavljajo za pridelovalce velik izziv, saj lahko v tleh preživijo veliko let in posamezna rastlinska vrsta je lahko občutljiva na več različnih patogenih vrst.

S talno higieno izvajamo ukrepe, da preprečimo oz. omejimo razvoj škodljivih mikroorganizmov. Patogene glive v tleh preživijo kot saprofiti na organskih ostankih ali pa so prostoživeče. Danes na trgu ne obstaja pripravek s širokim spektrom delovanja, s katerim bi lahko uspešno vzdrževali talno higieno oziroma preprečili razvoj talnih bolezni in škodljivcev. Veliko raziskav dokazuje učinkovito delovanje apnenega dušika na številne bolezni tal.

2 RAZGRADNJA APNEGA DUŠIKA V TLEH

Apneni dušik je najstarejše sintetično dušikovo gnojilo. Je hidroliziran produkt kalcijevega cianamida, ki je bil prvič sintetiziran leta 1898. Fiksacija dušika je dosežena v postopku, kjer se najprej z združitvijo apnenca (kalcijev karbonat) z virom ogljika (navadno je to premog) tvori kalcijev karbid. Z dodajanjem dušika v plinasti obliki (pridobivajo ga iz zraka), se pri visokih temperaturah tvori kalcijev cianamid (CaCN_2), ki ga imenujemo tudi apneni dušik. Proizvodnja apnenega dušika poteka od leta 1909

(Dixon, 2009a). Danes ga proizvaja podjetje Alzchem v tovarni na Bavarskem (Nemčija) in se trenutno prodaja v granulirani obliki pod trgovskim imenom 'Perlka®'. Apneni dušik se razlikuje od ostalih mineralnih gnojil po tem, da se mora v tleh najprej razgraditi, da postane vir dostopnega dušika za rastline. Razgradnja apnenega dušika v tleh je odvisna od mikrobiološke aktivnosti. Talni mikroorganizmi razgrajujejo apneni dušik v posamezne spojine (slika 1).



Slika 1: Razgradnja apnenega dušika v tleh.

232

Prva vmesna oblika, ki se tvori dan ali dva potem, ko je gnojilo prišlo v stik s talno vlago, je cianamid (H_2CN_2). Le-ta je fitotoksičen in do neke mere deluje v tleh insekticidno, fungicidno, herbicidno in proti mehkužcem (polžem). Nedavno je bilo ugotovljeno, da je cianamid naraven proizvod. Kamo s sod. (2003, 2008) so dokazali, da se cianamid tvori po biološki poti pri sledečih rastlinah: akaciji (*Robinia pseudoacacia*), *Vicia villosa* subs. *villosa* in *Vicia cracca*.

V času od enega do dveh tednov (odvisno od količine potrošenega gnojila in temperatur) se cianamid popolnoma spremeni v dušikovi obliki, kot sta urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) in amonij, del pa se ga pretvori v dicianamid ($(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{N}-\text{CN}$), ki je v Evropski skupnosti registriran kot zaviralec nitrifikacije (direktiva 2003/2003; amandma iz 8. nov. 2008) (Bjälffe, 1957).

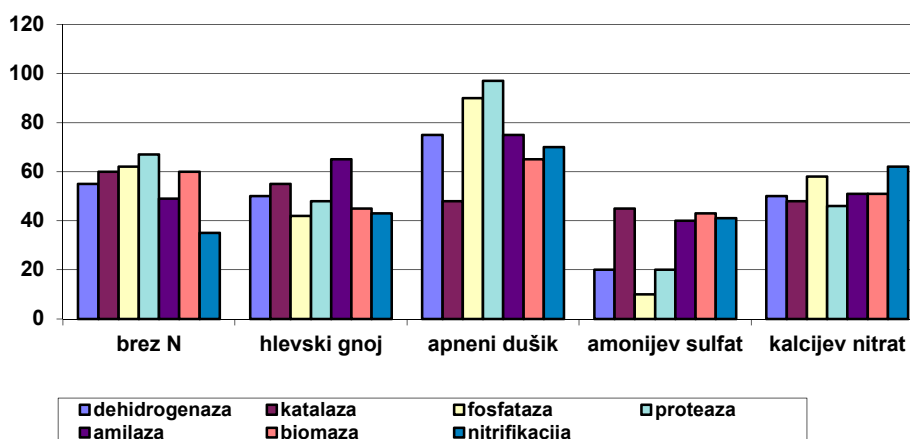
Zaradi cianamidne faze je potrebno upoštevati čakalno dobo 8-14 dni pred setvijo ali saditvijo. Dolžina čakalne dobe je odvisna od uporabljene količine gnojila ter talne vlage in talne temperature, ki vplivata na mikrobiološko aktivnost v tleh (Cornforth, 1971).

3 VPLIV APNEGA DUŠIKA NA MIKROBIOLOŠKO AKTIVNOST IN RODOVITNOST TAL

Pri gnojenju z apnenim dušikom se ugotavlja več učinkov, ki vplivajo na biološko aktivnost tal: ohranja nevtralen pH tal in izboljšuje strukturo tal, pospešuje razgradnjo rastlinskih ostankov, vpliva na močno povečanje skupnega števila talnih mikroorganizmov, poveča encimsko aktivnost mikrobov, izboljša mikrobnost raznolikost, rezultira se v zatiranje talnih škodljivih mikroorganizmov.

Že zelo zgodnje raziskave dokazujejo, da se mikrobná aktivnost v tleh povečuje, če gnojimo z apnenim dušikom (Ashby 1905, Allison 1924, Mukeri 1932). Ugotovljeno je, da se biološka aktivnost tal, ki je merjena z encimsko aktivnostjo poveča, če uporabljamo apneni dušik. Poleg rastlin tudi mikroorganizmi v okolje izločajo encime, ki v tleh katalizirajo predvsem koristne in redkeje škodljive kemijske reakcije. Bosch in Amberger (1983) iz Tehnične univerze v Münchnu sta pri ocenjevanju stalnega poskusa, ki je trajal prek 50 let z različnimi dušikovimi gnojili (hlevski gnoj, KAN, apneni dušik, amonijev sulfat, kalcijev nitrat) prišla do rezultatov, kjer so bili parametri rodovitnosti tal (aktivnost sedmih encimov) na parcelah, ki so jih gnojili z apnenim dušikom največji (slika 2).

233



Slika 2: Parametri plodnosti tal. Aktivnost sedmih encimov v tleh, ki so bila v času 53 let gnojena z različnimi N-oblikami (izraženo v enotah aktivnosti - AE).

Prost in vezan kalcijev oksid, ki se sprošča iz apnenega dušika, ohranja tla alkalna. Zaradi tega se povečuje delovanje mikroorganizmov in posledično sproščanje dušika, ki poteka postopoma zaradi prisotnosti dicianamida.

Do podobnih rezultatov sta prišla Crowther in Richardson (1932), ki sta ugotovila povečano rodovitnost v tleh, kjer se je več let zapored uporabljaj apneni dušik. Prikazala sta pomembnost učinka apnjenja in uporabe gnojila, kjer imamo sestavljene dušikove in kalcijeve atome znotraj posamezne molekule gnojila na rodovitnost tal. Počasnejšo stopnjo nitrifikacije in posledično tvorbo nitratov pri uporabi apnenega dušika, v primerjavi z amonijevim sulfatom, je ugotovil tudi Verona (1969).

Junwei in sod. (2013) poročajo o vplivu apnenega dušika na število in raznolikost mikroorganizmov. Poskus je potekal v laboratoriju. Uporabljena so bila tla, na katerih je potekla intenzivna vrtnarska proizvodnja, in so bila okužena z glivo, ki povzroča verticilijsko uvelost (*Verticillium* sp.). Proučevali so naslednja obravnavanja: kontrola (vrtnarska tla), tla z apnenim dušikom ali z riževo slamo ali z apnenim dušikom + riževo slamo. Posamezna obravnavanja so inkubirali pri 25 °C in v različnih časovnih obdobjih, ugotavljali število bakterij in gliv (preglednic 1 in 2).

Iz rezultatov raziskave je razvidno, da uporaba apnenega dušika učinkovito poveča število bakterij in zmanjšala količino gliv. Intenzivno razmnoževanje bakterij je še posebno izrazito 3. dan inkubacije. Dodajanje slame vpliva na povečano razmnoževanje bakterij le kratek čas. Dodajanje slame in apnenega dušika skupaj pa vpliva na veliko močnejše in daljše bakterijsko delovanje. Največ kolonij bakterij ($135,8 \times 10^7$ g/tal) se je razmnožilo v tleh z apnenim dušikom in slamo ter jih je bilo tudi 30. dan inkubacije za kar 46 krat več v primerjavi s kontrolo (preglednica 1).

Nasprotno delovanje pa je ugotovljeno pri talnih glivah. Apneni dušik zmanjša skupno število gliv v tleh do 67 %. Tudi po 30 dneh je število gliv ostalo za 61,2 % nižje kot pri kontroli. Dodajanje slame v tla vpliva na močno razmnožitev gliv. Z dodajanjem apnenega dušika in slame pa je razmnoževanje gliv omejeno (preglednica 2).

Preglednica 1: Število bakterij v tleh (št. kolonij $\times 10^7$ g/tal) po posameznih obravnavanjih glede na termin vrednotenja.

Obravnavanje	Termin vrednotenja				
	1. dan	3. dan	7. dan	15. dan	30. dan
Kontrola	1,3	3,5	2,2	2	0,7
Apneni dušik	3,8	4,1	7,2	3,5	5,8
Slama	37,9	64	9,8	9,6	5,7
Apneni dušik + slama	76,4	135,8	49,6	55,5	32,2

234

Preglednica 2: Število gliv v tleh (št. kolonij $\times 10^7$ g/tal) po posameznih obravnavanjih glede na termin vrednotenja.

Obravnavanje	Termin vrednotenja				
	1. dan	3. dan	7. dan	15. dan	30. dan
Kontrola	13,9	19,1	12,6	16,3	8,5
Apneni dušik	4,6	3,9	2	5,7	3,3
Slama	7,2	74	25,7	40	27,4
Apneni dušik + slama	5,7	5,9	2,6	4,6	5,7

Uporaba apnenega dušika in apnenega dušika skupaj z riževno slamo je očitno povečala razmerje med bakterijami in glivami. Rezultati analiz so prav tako pokazali, da je uporaba apnenega dušika spremenila strukturo bakterij in gliv v tleh. Pojavile so se nekatere nove vrste, nekatere obstoječe vrste pa so bile zavrte. Ugotovljeno je, da se indeks raznovrstnosti in število bakterij zmanjša z aplikacijo apnenega dušika v zgodnji fazi (8 dni po nanosu), vendar se v poznejši fazi (20 dni po aplikaciji) ponovno poveča raznolikost in število bakterij v tleh.

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 škodljivih mikroorganizmov (Dixon, 2009b).

Številni talni mikroorganizmi so naravno sposobni negativnih medvrstnih razmerij z drugimi mikroorganizmi, rastlinami in živalmi, ki pri pridelavi gojenih rastlin povzročajo škodo. Koristni mikroorganizmi lahko škodljive organizme zatirajo na različne načine: tako da z njimi tekmujejo za virom hrane, jih parazitirajo, proizvajajo antibiotike in druge snovi (toksine), ki zatirajo škodljive organizme (Raaijmakers s sod. 2010).

Apneni dušik prav tako vpliva na povečanje izmenljivega kalcija v tleh, kar so dokazali Murakami in sod. (2002). Število koristnih bakterij, kot so bakterije za fiksacijo dušika, se povečuje v tleh, ki jih gojimo z apnenim dušikom. Fiksacija dušika je bila do 50 % večja na parcelah s sojo, ki smo jo gnojili z apnenim dušikom v primerjavi z negnojjenimi parcelami (Tewari s sod. 2004).

4 ZATIRANJE ŠKODLJIVIH TALNIH MIKROORGANIZMOV

Gnojilo apneni dušik ima tudi fungicidne učinke. Veliko raziskav dokazuje učinkovito delovanje cianamida (ki se tvori pri razgradnji) na številne bolezni tal. Na testni postaji v Belgiji (Fruittelt v Sint-Truidenu) in testni postaji za kmetijstvo in hortikulturno v Sachsen (Nemčija) dokazujejo, da apneni dušik zmanjša do 90 % število spor škrlupa in hruševne rjave pegavosti v nasadih. O delovanju na fuzarijsko uvelost jagod (*Fusarium oxysporum*), jagodno koreninsko gnilobo (*Rhizoctonia* sp.) in uvenelost jagod (*Verticillium* sp.) poročajo Lijing in sod. (2007); na zatiranje golšavosti kapusnic (*Plasmodiophora brassicae*) (zelja, cvetače, brokoli, ohrovt idr.) poroča več avtorjev (Dixon in Williamson 1984, Klasse 1996, Tremblay s sod. 2005). Bletsos (2005, 2006) poroča, da apneni dušik popolnoma zatire uvenelost jajčevcev (povzročajo jo gliva *Verticillium dahliae*) in priporoča uporabo apnenega dušika namesto metil-bromida (razkuževalca tal, katerega uporaba je prepovedan v EU od leta 2005).

5 SKLEPI

Rodovitna tla so tista, ki imajo visoko biološko raznolikost talnih organizmov (od deževnikov do mikroorganizmov) in kjer poteka aktivna razgradnja organskih ostankov in mineralizacija. Ugotovljeno je, da uporaba apnenega dušika ohranja raznovrstnost talnih organizmov in vpliva na njihovo sestavo in množino populacij. Prav tako ima kolobar trajen vpliv na mikrobne lastnosti tal oziroma njeno rodovitnost. Rezultati analiz dokazujejo pomembnost dodatnega vnašanja organskih in mineralnih snovi v tla, ki služijo kot vir energije talnim mikroorganizmom. Sestava in množina mikrobnih populacij pa je odvisna tudi od fizikalnih (tekstura, struktura tal) in kemičnih (pH, pufernost..) lastnosti tal. Uporaba apnenega dušika ohranja strukturalna tla in preprečuje zakisanje tal (v kislih tleh je razvoj določenih škodljivih mikroorganizmov povečan). Tako se ustvarja naravno stimulatívno okolje za delovanje in razvoj koristnih mikroorganizmov, ki zatirajo oziroma omejujejo delovanje in razvoj škodljivih

organizmov. Apneni dušik povečuje rodovitnost tal in podpira naravne procese zatiranja rastlinskih patogenih organizmov.

6 LITERATURA

- Allison, F. E. 1924. The effect of Cyanamid and related compounds on the number of microorganisms in soil. *Journal of Agricultural Research* 28 (11): 1159-1166.
- Ashby, S. F. 1905. Note on the fate of calcium cyanamide in the soil. *Journal of Agricultural Science*, 1: 358-360.
- Bjälfsve, G. 1957. The nitrification of calcium cyanamide and its effects on the soil microflora. *Annals of the Agricultural College of Sweden* 23 : 423-456.
- Bletsos, F.A., 2005. Use of grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide soil fumigation and their effects on growth, yield, quality and fusarium wilt control in melon. *J. Phytopathol.* 153: 155–161.
- Bletsos, F.A., 2006. Grafting and calcium cyanamide as alternatives to methyl bromide for greenhouse eggplant production. *Sci. Hortic* 107: 325–331.
- Bosch, M, Amberger, A. 1983. 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). *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 146: 714-724.
- Cornforth, I. S. 1971. Calcium cyanamide in agriculture. *Soils and Fertilisers.* 34(5): 463-468.
- Crowther, E. M., Richardson, H. L. 1932. Studies on calcium cyanamide. 1. The decomposition of calcium cyanamide in the soil and its effects on germination, nitrification and soil reaction. *Journal of Agricultural Science* 22 (2): 300-334.
- Dixon, G. R. 2009a. Calcium cyanamide – 100 years of successful integrated control. *Plant Protection Science* 45 (1): 37-38.
- Dixon, G. R. 2009b. *Plasmodiophora brassicae* in its environment. Chapter 3 In: *Plasmodiophora brassicae* (Clubroot) – a plant pathogen that alters host growth and productivity. Urednik: G. R. Dixon, Special Edition *Journal of Plant Growth Regulation.* 28 (3): 193-303.
- Dixon, G. R., Williamson, C. J. 1984. Factors affecting the use of calcium cyanamide for control of *Plasmodiophora brassicae*. Strani 238-244. *Proceedings of Better Brassicas '84 Conference, St Andrews September 1984, Scottish Crop Research Institute, Dundee DD2 5DA*
- JunWei M., WanChun S., QingFa H., QiaoGang Y, Qiang W, JianRong F. 2013. Effects of cyanamide fertilizer on microbial community structure of continuous cropping soil. *Agriculture and Life Sciences*, 39(3): 281-290
- Kamo, T., Endo, M., Sato, M., Kasahara, R., Yamaya, H., Hiradate, S., Fujii, Y., Hirai, N., Hirota, M. 2008. Limited distribution of natural cyanamide in higher plants: occurrence in *Vicia villosa* subsp. *varia*, *V. cracca*, and *Robinia pseudoacacia*. *Phytochemistry* 69(5):1166-72.
- Kamo, T., Hiradate, S., Fujii, Y. 2003. First isolation of natural cyanamide as a possible allelochemical from hairy vetch *Vicia villosa*. *J. Chem. Ecol.* 29: 275-283.
- Klasse, H.J., 1996. Calcium cyanamide – an effective tool to control clubroot – a review. *Acta Hortic.* 407: 403–409.
- Lijing, W., Tongle H., Lijing J, Keqiang C. 2007. Inhibitory efficacy of calcium cyanamide on the pathogens of replant diseases in strawberry. *Front. Agric. China* 1(2): 183–187.
- Mukeri, B. K. (1932). Studies on calcium cyanamide. II. Microbiological aspects of nitrification in soils under varied environmental conditions. *Journal of Agricultural Science* 22 (2): 335-347.
- Murakami, H., Tsushima, S., Kuroyanagi, Y., Shishido, Y. 2002. Reduction of resting spore density of *Plasmodiophora brassicae* and clubroot disease severity by liming. *Soil Science and Plant Nutrition* 48 (5): 685-691.
- Raaijmakers, J. M., Paulitz, T. C., Steinberg, C., Alabouvette, C., Moënne-LOccoz, Y. 2010. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant and Soil:* 321 (1-2): 305-339.

- Shi, K., Wang, L., Zhou, Y-H. Yu, Y-L., Yu, J-Q. 2009. Effects of calcium cyanamide on soil microbial communities and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. *Chemosphere* 75: 872-877.
- Tewari, K., Suganuma, T., Fujikake, H., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Takahashi, Y., Ohyama, T. 2004. Effect of deep placement of N fertilisers and different inoculation methods of bradyrhizobia on growth, N-fixation activity and N-absorption rate of field-grown soybean plants. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190(1): 46-58.
- Tremblay, N., Bélec, C., Coulombe, J., Godin, C. 2005. Evaluation of calcium cyanamide and liming for control of clubroot disease in cauliflower. *Crop Prot.* 24: 798–803.
- Verona, O. 1969. The effects of calcium cyanamide on some groups of lower fungi. *Landwirtsch. Forsch.* 23: 50.