

Secinājumi

1. Starp šķirnēm konstatētas būtiskas ($p < 0.001$) atšķirības pēc visiem analizētajiem graudu un pārstrādes frakciju krāsas mērījumiem.
2. No graudiem ar gaišāku pilngraudu frakcijas jeb grauda aleirona krāsu ir iespējams iegūt gaišākas krāsas skrotēto produktu, par ko liecina būtiska cieša pozitīva korelācija starp šīm pazīmēm ($r=0.758$; $p < 0.01$).
3. Graudu un to pārstrādes frakciju krāsas izvērtējums ar kolorimetru ir izmantojams miežu graudu un to pārstrādes frakciju raksturošanai pārtikas virzienam.

Pateicība. Pētījums veikts ar Valsts pētījumu programmas projekta AgroBioRes (Nr.10-4/VPP-7/3) finansējumu.

Izmantotā literatūra

1. Abdel-Aal E. M., Young J. C., Rabalski I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple and red cereal grains. *Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 54, p. 4696–4704.
2. Aoki E. *et al.* (2013). Breeding of a new six-row hulled barley cultivar ‘Hurushirane’ with proanthocyanidin-free gene. *Breeding Research*, Vol. 15 (3), p. 105–209.
3. Baik B. K., Ullrich S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, Vol. 48, p. 233–242
4. Jende-Strid B. (1978). Mutations effecting flavonoid synthesis in barley. *Carlsberg Res. Communication*, Vol. 43, p. 265–273.
5. Kim M. J. *et al.* (2007). Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *J. Agric Food Chem.*, Vol 55(12), p. 4802–4809.
6. Li C. D. *et al.* (2003). Quantitative trait loci controlling kernel discoloration in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, Vol. 54, p. 1251–1259.
7. Shewry P. R., Ulrich S. E. (2014). *Barley chemistry and technology*. AACC International. 322 p.
8. Whan A. P., Smith A. B., Cavanagh C. R. *et al.* (2014). Grain scan: a low cost, fast methods for grain size and colour measurements. *Plant Methods*, Vol. 10, p. 1–10.

AUGSNES MINERĀLAIS SLĀPEKLIS UN MĒSLOŠANAS REKOMENDĀCIJAS

Ināra Līpenīte, Aldis Kārklīšs, Antons Ruža

Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lauksaimniecības fakultāte
inara.lipenite@llu.lv

Ievads

Slāpeklim kā vienam no galvenajiem augu barības elementiem ir ļoti būtiska nozīme augu barošanās procesā, biomasas veidošanā un augkopības produkcijas kvalitātes nodrošināšanā. No augu barības elementiem ražas veidošanai slāpeklis proporcionāli tiek patērēts visvairāk. Tā nozīme nav pārvērtējama. Taču svarīgākais jautājums ir slāpekļa izmantošanas efektivitātes paaugstināšana, jo globāli raugoties, slāpekli izmanto tikai apmēram 50% līmenī, bet daudzviet arī krietni mazāk. Augu slāpekļa vajadzības nodrošināšanā jau daudzus gadus desmitus galvenā loma ir slāpekļa minerālmēsliem, taču tas kā zināms nav vienīgais slāpekļa avots. Ilgtspējīga lauksaimniecība un vides kvalitātes saglabāšana nav iedomājama bez visu iespējamo slāpekļa resursu apzināšanas un slāpekļa aprites izpratnes paplašināšanas (Smil, 1999; Dobermann, 2005). Ir pareizi jānovērtē, kāds ir kultūraugu nodrošinājums ar to augšanai, attīstībai un ražas veidošanai nepieciešamo slāpekli. Slāpekļa mēslošanas normatīvu izstrādē ir svarīgi pareizi novērtēt augsnes slāpekļa resursus – tieši to augu barības elementa daļu, kas veģetācijas perioda laikā būs augiem pieejamā veidā. Pētījumos (Curtin, Campbell, 2008) noskaidrots, ka slāpekļa nodrošinājumu vislabāk raksturo labilo organisko slāpekli saturošo savienojumu daudzums augsnē, t. i., tā augsnes organiskās vielas komponente, kas nav fizikāli saistīta augsnē un visvieglāk pakļaujas mikrobioloģisko procesu iedarbībai. Tomēr tās kvantitatīva noteikšana nav radusi plašu

pielietojumu. Pēdējā laikā daudz biežāk kultūraugu slāpekļa nodrošinājuma izvērtēšanai tiek praktizēta augsnes minerālā slāpekļa krājumu noteikšana.

Minerālā slāpekļa savienojumi augsnē

Mēslošanas rekomendāciju izstrādē un slāpekļa mēslošanas normu noteikšanā daudzviet pasaulē jau kopš pagājušā gadsimta septiņdesmitajiem gadiem par svarīgu indikatoru uzskata minerālā slāpekļa ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ vai tikai $\text{NO}_3\text{-N}$) saturu augsnē, kas veidojas slāpekli saturošas augsnes organiskās vielas mineralizācijas procesā, vai arī nonāk augsnē no iestrādātā mēslojuma un nedaudz arī no atmosfēras. Minerālo slāpekļa savienojumu daudzums augsnē ir neliels. Pēc N. T. Makdonalda un citu pētnieku datiem, KCl izvilkumā, ko izmanto nitrātu un amonija slāpekļa noteikšanai, pāriet tikai aptuveni 0.08% no augsnes kopējā slāpekļa (McDonald *et al.*, 2014). Izmantojot metodes, kas paredzētas potenciāli izmantojamā slāpekļa noteikšanai, rezultāts ir lielāks. Tā bioloģiski (aerobā inkubācija) noteiktais augiem izmantojamā slāpekļa daudzums sastāda 5.3%, ekstrakcijā ar karstu KCl šķīdumu tiek noteikti 1.12%, ar KMnO_4 oksidējošo ekstrahentu skābā vidē 3%, veicot augsnes hidrolīzi bāziskā vidē pat 7.7% no augsnes kopējā slāpekļa daudzuma. Tāpēc par augiem izmantojamā minerālā slāpekļa noteikšanas metodēm, laikiem un iegūto rezultātu interpretāciju dažādu autoru viedokļi atšķiras. Parasti minerālā slāpekļa saturu nosaka fizioloģiski neitrālu sāļu šķīduma izvilkumā. Biežāk lietotā ir augsnes ekstrakcija ar 1 M (2 M) KCl šķīdumu, 0.01 M CaCl_2 šķīdumu, 1% K_2SO_4 šķīdumu pie augsnes un ekstrahenta attiecības 1 : 2.5–5. Augsnes izvilkumā nitrātu un amonija slāpekļa saturu parasti nosaka fotometriski. Ņemot vērā augsnes tilpummasu, rezultātu izsaka kā minerālā slāpekļa saturu (kg ha^{-1}) noteiktā augsnes slānī.

Slāpekļa mēslošanas rekomendāciju izveides principi

Kultūraugu slāpekļa mēslošanas rekomendāciju sistēmas nosacīti var iedalīt 3 grupās:

- 1) rekomendācijas, kas balstītas galvenokārt uz augsnes analīzēm,
- 2) rekomendācijas, kas balstītas uz augu analīzēm,
- 3) rekomendācijas, kas balstītas uz simulācijas modeļiem.

Pirmās sistēmas parasti ņem vērā minerālā slāpekļa saturu augsnē ziemas beigās un dažreiz arī slāpekļa mineralizāciju veģetācijas perioda laikā. Otrā veida rekomendāciju sistēmas vairāk piemērotas un tiek izmantotas slāpekļa papildmēslojuma normu noteikšanai. Simulācijas modeļi ņem vērā procesus, kas notiek augsnē kultūraugu veģetācijas periodā, slāpekļa uzņemšanu un akumulāciju augos, kā arī citus apstākļus, kas ietekmē augu barošanos. Kombinējot kopā ar augsnes analīzēm, modeļi var nodrošināt precīzākas rekomendācijas un prognozēt arī slāpekļa neizmantoto pārpalikumu pēc ražas novākšanas (Neeteson, 1990; Geypens, Vandendriessche, 1996).

Kā atzīmē A. Rutkovska un M. Fotima (A. Rutkowska and M. Fotyma 2011), pirmsākumi augsnes minerālā slāpekļa datu izmantošanai mēslošanas rekomendāciju izstrādei sākās pēc minerālā slāpekļa savienojumu krājumu dinamikas izpēti augsnes profilā un īpaši pēc lineāras sakarības noteikšanas starp optimālo slāpekļa mēslošanas normu (N_{norma}) un minerālā slāpekļa krājumiem (N_{min}) augsnē kultūraugu sakņu zonā veģetācijas sākumā:

$$N_{norma} = a - b \cdot N_{min} \quad (1)$$

Tā, piemēram, Lietuvā (Staugaitis *et al.*, 2007) noteikts, ka laukaugu ražas vislabāk korelē ar augsnes minerālā slāpekļa saturu, mazāk cieši ar nitrātu slāpekļa saturu, bet visvājāk ar amonija slāpekļa saturu. Visciešākā korelācija konstatēta ar minerālā slāpekļa saturu, kas noteikts augsnes 0–60 cm slānī, tāpēc arī slāpekļa mēslošanas rekomendācijas tiek veidotas, balstoties uz minerālā slāpekļa daudzumu šajā slānī, kas noteikts pavasarī. Citos pētījumos, pielietojot augsnes nitrātu slāpekļa satura datus, lauka izmēģinājumos noteikta laba korelācija ar N iznesi ar kartupeļu ražu un secināts, ka nitrātu slāpekļi ir labs augsnes slāpekļa nodrošinājuma raksturotājs (Sharifi *et al.*, 2007; 2008). Izmēģinājumos ar cukurbietēm (Bilbao *et al.*, 2004) konstatēts, ka augsnes nitrātu slāpekļa noteikšanas rezultāti cukurbietu veģetācijas perioda sākumā ir devuši iespēju precīzi noteikt optimālo slāpekļa mēslošanas normu. Šajā gadījumā apstākļi ir bijuši labvēlīgi, lai neveidotos nitrātu izskalošanās zudumi. Savukārt vairākās citās publikācijās (Belanger *et al.*, 2001; McTaggart, Smith, 1993) atzīts, ka minerālā slāpekļa krājumu noteikšana pavasarī nespēj dot

pilnvērtīgu informāciju par mineralizācijas procesu un potenciālo slāpekļa nodrošinājumu, īpaši reģionos ar palielinātu nokrišņu daudzumu.

Slāpekļa indeksa metode

Minerālā slāpekļa krājumi augsnē ir atkarīgi no mineralizācijas procesa gaitas, kuru ietekmē dažādi augsnes un ārējās vides faktori, tāpēc dažādiem kultūraugiem pie atšķirīgas agrotehnikas, augsnes īpašībām, agroklimatiskajiem apstākļiem sakarība starp optimālo mēslošanas normu un minerālā slāpekļa saturu prasa ieviest korekcijas. Beļģijā (Van Cleemput *et al.*, 2008) izstrādāta tā saucamā slāpekļa indeksa metode. Slāpekļa indeksa sistēmā bez minerālā slāpekļa daudzuma tiek ietverti arī citi faktori (līdz pat 18), vadoties no konkrētā lauka vēstures.

$$N_{index} = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{16} + X_{17} + X_{18} \quad (2)$$

Faktorus (X_n , kg ha⁻¹ N) var sagrupēt šādi:

- X_1 – minerālais slāpeklis augsnē līdz vidējam sakņu dziļumam veģetācijas perioda sākumā;
- $X_2 \dots X_9$ – faktori, kas atbildīgi par augsnes organiskās vielas mineralizāciju un arī citu organisko materiālu veidi: zaļmēslojums, augu atliekas, kūtsmēsli, komposti;
- $X_{10} \dots X_{18}$ – negatīvie faktori, kas ietekmē slāpekļa pieejamību augiem: augsnes sablīvēšanās, neatbilstoša augsnes reakcija, N izskalošanās u. c.

Rekomendējamo slāpekļa mēslošanas normu ($N_{rekoment}$) un N indeksu (N_{index}) saista lineāra sakarība:

$$N_{rekoment} = a - b \times N_{index} \quad (3)$$

Šādā veidā iespējams iegūt precīzākas mēslošanas rekomendācijas, nekā vadoties vienkārši pēc augsnes minerālā slāpekļa krājumiem (Van Cleemput *et al.*, 2008).

Augsnes minerālā slāpekļa nodrošinājuma līmeņu metode

Uz augsnes minerālā slāpekļa krājumu novērtējumu balstīta slāpekļa mēslošanas rekomendāciju sistēma arī Polijā (Rutkowska, Fotyma, 2009; 2011). Kā atzīst autori, minerālā slāpekļa saturs augsnē, kas noteikts pavasarī, dod iespēju optimizēt slāpekļa minerālmēslošanas normas, lai gan šis rādītājs jākalibrē atbilstoši audzētajiem kultūraugiem un augsnes apstākļiem. Ja sākotnēji bija pieņemts, ka 1 kg augsnes minerālā slāpekļa atbilst 1 kg slāpekļa minerālmēslošanai, tad tālākos pētījumos tika noteikta augsnes minerālā slāpekļa izmantošanās vērtība, lai augsnes aramkārtas slānī noteikto minerālā slāpekļa daudzumu pielīdzinātu minerālmēslošanas slāpeklim. Šis pārrēķina koeficients ir robežās no 0.6 līdz 1.1. Taču tā kā koeficients nav universāls, tad lielās augšņu un agroklimatisko apstākļu daudzveidības situācijā ir atrasts cits risinājums. Līdzīgi kā fosforam, kālijam un citiem augu barības elementiem, arī augsnes minerālajam slāpeklim ir izstrādāti nodrošinājuma līmeņi augsnē. Šāds augšņu grupējums izveidots, balstoties uz minerālā slāpekļa monitoringa datiem, kas aptver ap 95000 augsnes paraugu analīžu rezultātus. Tie sagrupēti, ņemot vērā augsnes granulometrisko sastāvu. Grupējuma piemēra ilustrāciju skat. tabulā.

Tabula

Augšņu grupējums pēc minerālā slāpekļa krājumiem 0–90 cm augsnes slānī pavasarī (Rutkowska, Fotyma, 2011)

Granulometriskais sastāvs	Minerālais slāpeklis augsnē, kg ha ⁻¹				
	ļ. zems	zems	vidējs	augsts	ļ. augsts
Ļoti viegls	< 41	42–57	58–76	77–107	> 108
Viegls	< 58	59–79	80–104	105–145	> 132
Vidējs	< 58	59–79	80–104	105–145	> 146
Smags	< 60	61–82	83–109	110–150	> 151

Pētījuma autori atzīmē, ka mēslošanas rekomendācijām nedaudz piemērotāks ir augšņu grupējums pēc nitrātu slāpekļa, jo nitrāti ir tieši pieejami augiem, savukārt amonija slāpeklim

priekšroku dod tikai specifiskas augu grupas, turklāt amonija joni saistās augsnes adsorbcijas kompleksā. Augsnes minerālā slāpekļa nodrošinājumam pretējā secībā izvietojas kultūraugu slāpekļa vajadzības grupas. Tā augsnē ar ļoti zemu minerālā slāpekļa saturu būs nepieciešama augstākā slāpekļa mēslojuma norma. Pie vidēja nodrošinājuma kultūraugam tiek paredzēta slāpekļa standartnorma, bet atkarībā no minerālā slāpekļa nodrošinājuma līmeņa augsnē, tā tiek koriģēta.

Lielbritānijā izstrādātā slāpekļa mēslošanas rekomendāciju metode (Fertilizer manual ..., 2010) balstās uz augšņu grupējumu pēc augsnes slāpekļa nodrošinājuma, kas tiek noteikts katram laukam katru gadu. Autori pieņem, ka augsnes slāpekļa nodrošinājumu ietekmē:

- 1) N pārpalikums no priekšauga mēslošanai lietotajiem minerālmēsliem;
- 2) N pārpalikums no priekšaugam un iepriekšējās sezonās kultūraugiem lietotajiem organiskajiem mēsliem;
- 3) augsnes tips un augsnes organisko vielu saturs;
- 4) N zudumi, izskalojoties nitrātiem, vai gaistošu savienojumu veidā;
- 5) N daudzums, kas veidojas, mineralizējoties augsnes organiskajām vielām un priekšauga atliekām.

Slāpekļa pārpalikumu raksturo augsnes minerālā slāpekļa daudzums veģetācijas perioda beigās. Tas var būt mazs, ja priekšaugam lietotais slāpekļa mēslojums ir bijis atbilstošs kultūrauga vajadzībai noteikta ražas līmeņa (mērķražas) sasniegšanai, vai arī tas ir bijis nepietiekams. Taču minerālā slāpekļa augsnē var būt vairāk, ja iegūtā raža zemāka par mērķražu, kultūraugu skārušas slimības, sausums u. tml. Rudenī šo neizlietotā minerālā slāpekļa daudzumu var samazināt, audzējot starpkultūras, un jo agrāk tās iesēj, jo vairāk slāpekļa tiek patērēts. Pēc starpkultūru iearšanas slāpekļi pakāpeniski mineralizējas daudzu gadu garumā. Noskaidrots, ka mineralizētā slāpekļa daudzums, kas sezonas laikā veidojas minerālaugsnēs, ir niecīgs, taču organiskajās augsnēs mineralizācija var būtiski ietekmēt slāpekļa nodrošinājumu, tāpat kā gadījumos, kad augsnē tiek iestrādātas ar slāpekli bagātas augu atliekas (piem., cukurbiešu lapas).

Augsnes slāpekļa nodrošinājums ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$) Lielbritānijas metodikā tiek iedalīts 7 līmeņos jeb indeksos. Slāpekļa nodrošinājuma indeksu nosaka, izmantojot normatīvu tabulu, pēc tam, kad ir novērtēts augsnes slāpekļa nodrošinājums, izmantojot vienu no divām metodēm: lauka novērtējuma metodi vai mērījumu metodi.

Lauka novērtējuma metode balstās uz specifisku lauka informāciju par priekšaugu, minerālmēsli un kūtsmēsli lietošanu priekšaugam, augsnes tipu, nokrišņu daudzumu ziemas periodā. Augsnes paraugu ņemšana un analīze nav nepieciešama, indeksu atrod pēc speciālām normatīvu tabulām. Vispārīgums tiek izdarīts, pieņemot, ka visiem priekšaugiem slāpekļa norma ir bijusi tuva rekomendētajai, bet slāpekļa daudzums, kas iestrādāts ar kūtsmēsliem kopš priekšauga novākšanas vai veģetācijas laikā, netiek ņemts vērā.

Mērījumu metode pamatojas uz visu saimnieciskās darbības rezultātā augsnē uzkrāto augiem izmantojamo slāpekļa resursu noteikšanu pēc šādas sakarības: minerālais slāpekļis ($\text{NH}_4\text{-N}$ un $\text{NO}_3\text{-N}$) augsnē + augu masā līdz paraugu ņemšanas laikam uzkrātais slāpekļis + mineralizējamā slāpekļa daudzums. Galvenā procedūra ir augsnes paraugu noņemšana minerālā slāpekļa satura noteikšanai un analīžu veikšana. Augos uzkrāto slāpekļa daudzumu nosaka, izmantojot normatīvus par augu biežību vai garumu. Mineralizējamā (potenciāli pieejamā) slāpekļa daudzums minerālaugsnē parasti ir niecīgs un netiek ņemts vērā. Organiskām augsnēm to vajag noteikt eksperimentāli. Sasummējot minētos slāpekļa daudzumus, pēc normatīvu tabulas nosaka augsnes slāpekļa nodrošinājuma indeksu. Ja pēc augsnes paraugu noņemšanas ir lietoti kūtsmēsli, tad no tiem izmantojamo slāpekļa daudzumu aprēķina atsevišķi un ņem vērā, izmantojot attiecīgās mēslošanas normu tabulas (Fertilizer manual ..., 2010).

Slāpekļa bilances metode

Vairākās valstīs, piemēram, Francijā un ASV, optimālo slāpekļa mēslošanas normu noteikšanai izmanto slāpekļa bilances metodi, ko ar nelielām modifikācijām izmanto arī Beļģijā un Nīderlandē. Bilances sastāvdaļas ir, no vienas puses, slāpekļa vajadzība noteiktas kultūrauga ražas iegūšanai plus minerālā slāpekļa daudzums augsnes profilā ražas novākšanas laikā, un, no otras puses, minerālā slāpekļa krājums vidēja sakņu dziļuma zonā pavasarī sējas laikā plus slāpekļa daudzums, kas izveidojas mineralizācijas procesos. Rekomendētā norma ir starpība, ko precīzē pēc

sagaidāmiem slāpekļa zudumiem. Tie atkarībā no augsnes granulometriskā sastāva tiek pieņemti 5–20% apmērā (Van Cleemput *et al.*, 2008).

Iepriekšminētais princips ir izmantots arī metodei, ko praktizē Ķīnā. Slāpekļa mēslošanas vajadzības noteikšana balstās uz šādu sakarību (Van Cleemput *et al.*, 2008):

$$W_{ienese} = W_{iznese} + \Delta W - (W_n - W_{n+m}) \quad (4)$$

kur W_{ienese} – slāpekļa mēslošanas vajadzība,

W_{iznese} – slāpekļa vajadzība plānotajai ražai,

ΔW – (mineralizētais N + minerālais N zemaramkārtā + N depozicija) – N zudumi,

W_n – augiem pieejamais N pirms sējas,

W_{n+m} – augiem pieejamais N pēc ražas novākšanas.

Latvijā tāpat kā daudzviet citur kultūraugu slāpekļa vajadzību nosaka pēc tā izneses ar plānoto ražu. Kā norādīts MK noteikumu Nr. 834 6.4.2.2. punktā (Noteikumi par ..., 2014), „nosakot kultūrauga vajadzību pēc slāpekļa, ņem vērā plānoto ražu un tās kvalitāti, slāpekļa iznesi attiecīgajam kultūraugam, organiskās vielas saturu augsnē, izmantošanas koeficientus no iepriekšējā gadā izmantotajiem kūstmēsliem, iestrādātajām pēcpļaujas atliekām un zaļmēslojuma, kā arī priekšauga (tauriņziežu) pēcietekmi un datus par minerālā slāpekļa saturu augsnē, atjaunojoties veģetācijai (ja šādi dati ir lauksaimnieka rīcībā)”. Lauka kultūraugiem mēslošanas normas attiecīgām ražas līmenim minerālaugsnēs un organiskās augsnēs var noteikt, izmantojot mēslošanas normatīvu tabulas (Lauka kultūraugu ..., 2013), kurās apkopotā informācija un mēslošanas normu korekcijas izstrādātas, ņemot vērā augstākminēto noteikumu prasības. Minerālā slāpekļa diagnostika dod iespēju koriģēt pirmā slāpekļa papildmēslojuma normas ziemājiem pēc veģetācijas atjaunošanās pavasarī. Valsts augu aizsardzības dienests, veicot augsnes minerālā slāpekļa monitoringu, informē par minerālā slāpekļa krājumiem augsnē un vēlamajām mēslošanas normu korekcijām.

Secinājumi

Slāpekļa mēslošanas rekomendāciju izstrādē jāņem vērā augsnes minerālā slāpekļa krājumi un to dinamika veģetācijas perioda laikā. Tas dotu iespēju racionāli un efektīvi izmantot slāpekļa resursus, kā arī novērst neizmantojama slāpekļa uzkrājumu veidošanos augsnē, kas rada potenciālu vides piesārņošanas risku.

Pateicība. Publikācija sagatavota Valsts pētījumu programmas Nr. 2014.10–4/VPP–7/5 projekta „Augsnes ilgtspējīga izmantošana un mēslošanas risku mazināšana (AUGSNE)” ietvaros.

Izmantotā literatūra

1. Belanger G., Walsh J. R., Richards J. E., Milburn P. H., Ziadi N. (2001). Predicting nitrogen fertilizer requirements of potatoes in Atlantic Canada with nitrate determination. *Canadian Journal of Soil Science*, Vol. 81, p. 535–544.
2. Bilbao M., Martinez J. J., Delgado A. (2004). Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in Mediterranean climate. *Agronomy Journal*, Vol. 96, p. 18–25.
3. Curtin D., Campbell C. A. (2008). Mineralizable nitrogen. *In: Soil Sampling and Methods of Analysis*. Eds. M. R. Carter, E. G. Gregorich. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 599–606.
4. Dobermann A. R. (2005). Nitrogen use efficiency – state of art. Paper presented at the IFA International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, Frankfurt, Germany, 28–30 June, 2005. *Agronomy and Horticulture – Faculty Publications*. Paper 316. <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/316>
5. *Fertilizer Manual* (RB209). 8th edition. DEFRA. Published by TSO and available from www.tsoshop.co.uk, 2010, 257 p.
6. Geypens M., Vandendriessche H. (1996). Advisory systems for nitrogen fertilizer recommendations. *Plant and Soil*, Vol. 181, p. 31–38.
7. *Lauku kultūraugu mēslošanas normatīvi* (2013). Sast. A. Kārklīņš, A. Ruža. Jelgava : LLU, 55. lp.

8. McDonald N. T., Watson C. J., Lalor S. T. J., Laughlin R. J., Wall D. P. (2014). Evaluation of soil tests for predicting nitrogen mineralization in temperate grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 78, p. 1051–1064.
9. McTaggart I. P., Smith K. A. (1993). Estimation of potentially mineralisable nitrogen in soil by KCl extraction. *Plant and Soil*, Vol. 157, p. 175–184.
10. Neeteson J. J. (1990). Development of nitrogen fertilizer recommendations for arable crops in the Netherlands in relation to nitrate leaching. *Fertilizer Research*, Vol. 26, p. 291–298.
11. *Noteikumi par ūdeņu un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem*. LR MK noteikumi Nr. 834. Rīgā 2014. g. 23. decembrī.
12. Rutkowska A., Fotyma M. (2009). Calibration of soil test for mineral nitrogen in Poland. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 40, p. 987–998.
13. Rutkowska A., Fotyma M. (2011). Mineral nitrogen as a universal soil test to predict plant N requirements and ground water pollution – case study for Poland. *In: Principles, Application and Assessment in Soil Science*. Dr. Burcu E. Ozkaraova Gundor (Ed.). InTech, p. 333–350.
14. Sharifi M., Zebarth B. J., Burton D. L., Grant C. A., Porter G., Cooper J. M., Leclerc Y., Moreau G., Arsenault W. (2007). Evaluation of laboratory-based measures of soil mineral nitrogen and potentially mineralizable nitrogen in soil. *Plant and Soil*, Vol. 301, p. 203–214.
15. Sharifi M., Zebarth B. J., Burton D. L., Grant C. A., Porter G. A. (2008). Organic amendment history and crop rotation effects on soil nitrogen mineralization potential and soil nitrogen supply in a potato cropping system. *Agronomy Journal*, Vol. 100, p. 1562–1572.
16. Smil V. (1999). Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 13, p. 647–662.
17. Staugaitis G., Vaisvila Z., Mazvila J., Arbaciauskas J., Adomaitis T., Fullen M. A. A. (2007). Role of soil mineral nitrogen for agricultural crops: Nitrogen nutrition diagnostics in Lithuania. *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 53 (3), p. 263–271
18. Van Cleemput O., Zapata F., Vanlauwe B. (2008). Use of trace technology in mineral fertilizer management. *In: Guidelines on Nitrogen Management in Agricultural Systems*. Training course series No 29. IAEA, Vienna. p. 19–126.

PULVERVEIDA UN GRANULĒTA VERMIKOMPOSTA IETEKME UZ KARTUPEĻU RAŽU

Aivars Pogulis
ZS „Pilsumi”

aivars.pogulis@inbox.lv

Ievads

Kultūraugu audzēšanas tehnoloģijā arvien vairāk pielieto vermikompostu, jo īpaši bioloģiskās lauksaimniecības ražošanas sistēmā. Arī bioloģiskajā lauksaimniecībā tiek izmantota moderna lauksaimniecības tehnika un agregāti. Lai mehanizēti varētu iestrādāt vermikompostu, izmantojot kombinētās sējmašīnas un stādāmās mašīnas, tas tiek granulēts, lai uzlabotu mēslojuma birstamību.

Pēc slieku darbības sākotnēji iegūtais vermikomposts ir vairāk vai mazāk irdena masa ar dažāda izmēra drupatām un gabaliem, tā ir lipīga masa, ar augstu mitruma saturu (60–75%), kuru bez papildu apstrādes var izkliedēt tikai ar kādu no organisko mēslojumu izkliedētājiem. Taču vermikomposta devas salīdzinājumā ar citiem organiskajiem mēslošanas līdzekļiem (piemēram, pakaišu kūstmēsli) ir jālieto ievērojami mazāk. Izkliedsējā vermikomposta devas ir 5–12 reizes mazākas nekā ar pakaišu kūstmēsliem. Kā parāda līdzšinējā zinātnisko pētījumu un praktiskā pieredze, lokālajā iestrādē salīdzinājumā ar izkliedsēju vermikomposta devas var samazināt vēl par 8–12 reizēm. Lai iestrādātu vermikompostu reizē ar kartupeļu sastādīšanu devā līdz 1000 kg, iespējams izmantot kombinētās kartupeļu stādāmās mašīnas, taču ar tām nav iespējams vienmērīgi un kvalitatīvi izsēt pulverveida formas vermikompostu, kuru šobrīd tirgū piedāvā ļoti plašā sortimentā. Lai uzlabotu vermikomposta birstamību, pulverveida formas produkts apstrādes procesā papildus tiek sagatavots arī kā granulas (Pogulis, 2012; 2014a, b).