

# Erinevate viljelusviiside pikaajalise kasutamise mõju mulla toitainete sisaldusele

Maarika Alaru<sup>1</sup>, Anne Luik<sup>2</sup>, Viacheslav Eremeev<sup>1</sup>, Liina Talgre<sup>1</sup>, Evelin Loit<sup>1</sup>  
Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut

<sup>1</sup> taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetool

<sup>2</sup> taimetervise õppetool

**Abstract.** Alaru, M., Luik, A., Eremeev, V., Talgre, L., Loit, E. 2018. Influence of long-term cultivation of different crop production systems on soil quality. – *Agronomy* 2018.

In 2008, long-term five field crop rotation experiments comparing organic and conventional growing systems were established at the Estonian University of Life Sciences (58°22'N, 26°40'E) on *Stagnic Luvisol* soil (sandy loam surface texture, C 1.38%, and N 0.13%, pH<sub>KCl</sub> 6.0). During five-year crop rotation period five different crops followed each other in the order: barley (*Hordeum vulgare* L.) with undersown red clover, red clover (*Trifolium pratense* L.), winter wheat (*Triticum aestivum* L.), pea (*Pisum sativum* L.), potato (*Solanum tuberosum* L.). Three organic and four conventional N treatments were compared. The organic treatments were a control, one with catch crops and one with addition of fully composted cattle manure at a rate of 40 t ha<sup>-1</sup>. The four conventional farming systems differed in the amounts of mineral fertilisers used as follows: NOP0K0 (control), N50P25K95, N100P25K95, N150P25K95. The data in the present study concerned the period 2008–2017, i.e. two crop cycle periods. The effect of the treatments on the soil N, P and K content were assessed.

The content of vital macronutrients (N, P, K) in the soil has decreased in organic and conventional cropping system treatments during last 10 years. The loss of nitrogen and phosphorus was the lowest in organic system treatment where winter cover crops were used and manure was applied three times during a cropping season. Based on the nutrients mentioned the organic system enabled to save more of the soil fertility compared to the conventional system. The content of potassium decreased in all treatments. In order to limit the decrease of potassium content to a critically low level, the amount of potassium applied should be increased. It is recommended to use fertilizers based on the natural minerals allowed in organic agriculture and increase the amount of potassium applied to potato in conventional agriculture.

**Keywords:** organic and conventional farming, soil, Nitrogen, phosphorus, potassium

## Sissejuhatus

Watson jt (2002) on öelnud, et kõigi põllumajanduses kasutatavate viljelusviiside produktiivsus sõltub peamiselt mulla viljakusest. Kui võrrelda omavahel mahe- ja tavaviljelusviisi, siis näeme, et tavapärases põllumajanduses kasutatakse sageli lühiajalisi lahendusi (näiteks mineraalsete väetiste ja

herbitsiidide kasutamine). Mahepõllumajanduslikus süsteemis kasutatakse seevastu strateegiliselt erinevat lähenemisviisi, mis tugineb pikaajalistele lahendustele (ennetav, mitte reaktiivne) (Watson et al., 2002). Näiteks on maheviljeluses väga oluline õigete kultuuride valik külvikorda ja nende järjestus selles, et tagada kontroll toitainete ringluse ja säilimise üle mullas ning umbrohtude, kahjurite ja haiguste tõrje üle (Stockdale et al., 2001). Kui võrrelda tava- ja maheviljelusviisi, siis nn tavaviljeluse korral väetatakse taime, et saada võimalikult suur saak, aga maheviljeluse korral püütakse parandada mulla viljakust, tema bioloogilisi, keemilisi ja füüsikalisi omadusi (Baldwin, 2006).

Antud artiklis hinnatakse muutusi taimede põhitoiteelementide N, P ja K sisaldustes mullas, kus 10 aasta jooksul on kasutatud kas mahe- või tavaviljelust.

## Materjal ja meetodika

Pikaajaline põldkatse mahe- ja tavaviljelusviisi võrdluseks on rajatud 2008. aastal Eesti Maaülikooli taimekasvatuse ja taimebioloogia õppetooli Eerika katsepõllule (58°22'N, 26°40'E), kus muld on *Stagnic Luvisol* (liivsavi lõimisega, C 1.38%, N 0.13%, pH<sub>KCl</sub> 6.0). Katses kasutatakse 5-väljalist külvikorda, kus kultuuride järjestus on: oder (*Hordeum vulgare* L.) punase ristiku allakülviga, punane ristik (*Trifolium pratense* L.), talinisu (*Triticum aestivum* L.), hernes (*Pisum sativum* L.), kartul (*Solanum tuberosum* L.). Artiklis käsitletakse perioodi 2008–2017 e külvikorra kahte rotatsiooni.

Külvikorras olevaid kultuure väetatakse mahesüsteemis orgaaniliste ja tavasüsteemis mineraalsete väetistega. Mahesüsteemis on kolm väetisvarianti – M0 (mahe kontroll), kus ainsaks lämmastiku allikaks on külvikorras kasvatatavad õhulämmastikku siduvad liblikõielised (hernes ja ristik, mille maapealne biomass küntakse mulda), M1 (lisaks külvikorras olevatele liblikõielistele ka talvised vahekultuurid; nende poolt kogutud toitained viiakse mulda kevadel külvieelse künniga) ja M2 (külvikorras olevad liblikõielised + talvised vahekultuurid + kevadel pealtväetisena komposteerinud veisesõnnik). Komposteerinud veisesõnnikut antakse külvikorra jooksul kolm korda (kartulile, odrale ja talinisule) kokku 40 t ha<sup>-1</sup>, st 10 aasta jooksul kokku 80 t ha<sup>-1</sup>. Keemiliste analüüside tulemuste järgi on mahesüsteemi variandis M2 sõnnikuga 10 aasta jooksul mulda viidud üldlämmastiku kogus aastate keskmisena 460±38 kg N ha<sup>-1</sup>, fosfori ja kaaliumi puhul 120±14 kg P ha<sup>-1</sup> ja 340±22 kg K ha<sup>-1</sup>. Talviste vahekultuuridena on 10 aasta jooksul kasvatatud talinisu, kartuli ja herne järel vastavalt raiheina (*Lolium perenne* L.), talirukist (*Secale cereale* L.) ja talirapsi (*Brassica napus* ssp. *oleifera* var. *biennis*).

Tavasüsteemis on neli väetisvarianti – N0 (kontroll, N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>), N1 (N<sub>40-50</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>), N2 (N<sub>80-100</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>) ja N3 (N<sub>120-150</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub>). Variantides N1, N2 ja N3 anti

odrale ja talinisule vastavalt 40, 80 ja 120 ning 50, 100 ja 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Herne puhul oli väetamisrežiim tavasüsteemis kontrollvariandil N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>, väetatud variantidel aga N<sub>20</sub>P<sub>25</sub>K<sub>95</sub> ja ristikut ei väetatud e väetamisrežiim oli N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>. 10 aasta jooksul on seega väetisvariandid N1, N2 ja N3 saanud mineraalset lämmastikku vastavalt 320, 600 ja 880 kg N ha<sup>-1</sup>; fosforit ja kaaliumi on tavasüsteemi väetatud variandid saanud kokku vastavalt 200 kg P ha<sup>-1</sup> ja 760 kg K ha<sup>-1</sup>. Katselapi suurus oli 60 m<sup>2</sup> ja kõik variandid olid neljas korduses.

Maa künti 20 cm sügavuselt. Tavasüsteemis kasutati pestitsiide umbrohtude, haiguste ja putukate tõrjeks 1–4 korda vastavalt vajadusele, maheüsteemis kasutati umbrohu tõrjeks kevadist äestamist.

Mulla proovid võeti igal aastal aprilli keskel 0–25cm sügavuselt ja õhukuivad proovid sõeluti läbi 2-mm sõela. Mulla ja sõnniku proovidest määrati ammoniumlaktaat meetodil (edaspidi AL meetodil) (Egner et al., 1960) taimete omastatava fosfori- ja kaaliumisisaldus ning CNS elementaaranalüsaatoril (ELEMENTAR, Hanau, Germany) üldlämmastiku sisaldus.

Ilmastikuolud 10aasta jooksul on olnud erinevad ja seetõttu kultuuride saagikust oluliselt mõjutanud. Statistilisest analüüsist selgus, et 5-väljalise külvikorra kahe rotatsiooni jooksul üksikud kultuurid ei mõjutanud mullas olevate toitainete hulka usutavalt, küll aga mõjutasid seda erinevate aastate sademete kogus ja temperatuurid ning kasutatud viljelussüsteem. Seetõttu käsitletakse antud katsed kahefaktorilisena, kus vaadeldakse aastate ja väetisvariantide mõju mulla toitainete sisaldusele külvikorra keskmisena. Toitainete sisalduses toimunud muutusi mullas hinnati lineaarse mudeli alusel. Erinevuse usutavuse tõenäosust hinnati 95% nivool.

## Tulemused ja arutelu

Antud katses mõjutas taimedele vajalike makroelementide N, P ja K sisaldusi mullas suurel määral nii ilmastik kui ka viljelussüsteem. Mahe- ja tavasüsteemis on kasutuses erinevad väetised, mille toitainete kättesaadavuse kiirus taimedele on erinev. Nii ilmastik kui ka viljelussüsteem mõjutavad saagikust ja selle kaudu mullast äraviidavate toitainete hulka.

Uuritava perioodi (aastad 2008–2017) jooksul on kolme taimedele olulise makroelemendi (N, P, K) sisaldused nii mahe- kui ka tavasüsteemi kõikide variantide mullas vähenenud (tabel 1).

Mulla lämmastikuisaldust (%) mõjutas ilmastik ja viljelussüsteem vastavalt 34 ja 15% ulatuses. Katse alguses kõikus lämmastikuisaldus mullas mahe- ja tavasüsteemi variantidel vastavalt 0,14–0,15 ja 0,13–0,14% vahel. Aastaks 2017 oli lämmastikuisaldus vähenenud mõlema viljelussüsteemi kontrollvariandil (M0 ja N0; vastavalt 25 ja 34%) ning tavasüsteemi variantidel, mida väetati suurema N normiga (80–150 kg N ha<sup>-1</sup>), kus lämmastikuisaldus vähenes 28–30%. Kõige väiksem oli lämmastikuisalduse vähenemine sõnniku ja vahekultuuridega maheüsteemi variandi mullas (M2), kus 10 aasta jooksul vähenes

lämmastikuisaldus 16% (joonis 1). Suurem kadu tavasüsteemi mullas oli tingitud ilmselt suuremast saagikuse tasemest, mistõttu tavasüsteemi variantide mullast äraviidava lämmastiku kogus oli ka suurem. Antud katses olid kultuuride saagid külvikorra I rotatsioonil tavasüsteemi väetatud variantidel sõltuvalt ilmaoludest 25–34% suuremad kui mahesüsteemi variantidel. Teisest küljest selgus ka, et taimed omastasid suuremate lämmastikunormidega variantidelt 47–50% kogu antavast lämmastiku kogusest (Alaru et al., 2014). Ülejäänud lämmastik sõltuvalt ilmastikust kas lendus või leostus. Mahesüsteemis oli mullast äraviidava lämmastiku kogus väiksem, sest lisaks madalamale saagitasemele kasvatati siin ka talviseid vahekultuure, mis takistasid talveperioodil lämmastiku leostumist. Kuna lämmastikukadu mullast oli mahesüsteemi variantidel väiksem kui tavasüsteemi variantidel, siis lämmastikuisalduse osas oli maheviljeluse süsteem mullaviljakust säästvam kui tavaviljeluse süsteem.

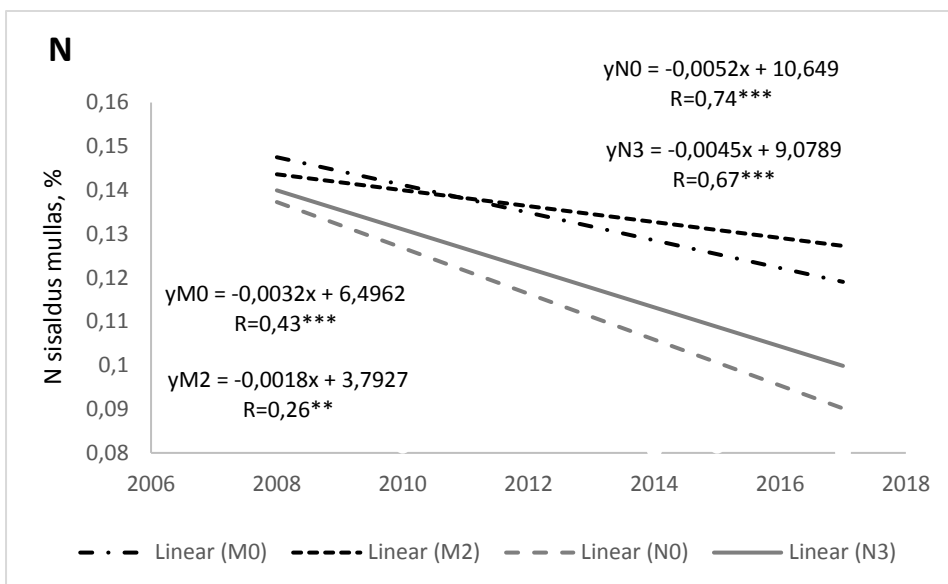
Mulla fosforisisaldust ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) mõjutas nii ilmastik kui ka viljelussüsteem usutaval määral (ilmastik 15% ja viljelussüsteem 4% ulatuses). Katse alguses aastal 2008 oli katsevariantide fosforisisaldus 102–125 mg P 1 kg mulla kohta ja nende muldade fosforväetise vajadus oli väga väike, va tavasüsteemi N3 variant (Väetamise..., 2014). Nagu lämmastikuisaldus nii ka fosforisisaldus mullas vähenes 10 aasta jooksul kõigil katses olnud variantidel (tabel 1). Tulemustest selgus, et kõige suurem oli fosforikadu tavasüsteemi kontrollvariandil, e 27%. Mahesüsteemi kontrollvariandi mullas oli fosforikadu ca kaks korda väiksem, e 14%. See võis olla tingitud sellest, et viljelussüsteemide kontrollvariandid erinesid üksnes selle poolest, et tavasüsteemis pritsitakse külvikorra kultuure mitmesuguste pestitsiididega. Tulemuseks olid suuremad saagid N0 variandis võrreldes M0 variandiga ja saadud suuremate saakidega eemaldati mullast ka suurem kogus fosforit. Aastaks 2017 oli M0, M1 ja N0 variandi muldade fosforväetise vajadus muutunud väga väiksest väikseks (Väetamise..., 2014). Kõige vähem eemaldati mullast fosforit mahesüsteemis M2 (sõnnik + talvine vahekultuur) ja tavasüsteemis N3 (suurima N normiga) variandi mullast, vastavalt -3 ja -1% 1 kg mulla kohta uuritud perioodi jooksul (joonis 2, P). Mulla fosforisisalduse osas oli viimati nimetatud variantide väetamisrežiim enam-vähem taimede vajadusi rahuldav ja jätkusuutlik.

Suhteliselt kõige enam vähenes antud katses 10 aasta jooksul variantide mullas kaaliumisisaldus (tabel 1; joonis 2, K). Nii ilmastiku kui ka viljelussüsteemi mõju mulla kaaliumisisaldusele oli usutav (ilmastiku mõju oli 44% ja viljelussüsteemi mõju 9% ulatuses). 2018. a. oli kaaliumisisaldus kõigi katses olnud variantide muldades suhteliselt kõrge (172–189 mg K 1 kg mulla kohta) ja nende kaaliumväetise tarve väike (Väetamise..., 2014). Aastaks 2017 oli kaaliumisisaldus vähenenud kõigil variantidel tasemeni, kus kaaliumväetise tarbe klass oli tõusnud tasemele 'keskmine' (Väetamise..., 2014). Aastate 2008–2017 jooksul vähenes mahe- ja tavasüsteemi kontrollvairantide mulla kaaliumisisaldus vastavalt 43 ja 46% 1 kg mulla kohta.

**Tabel 1.** Lämmastikuisalduse (%), liikuva kaaliumi ja fosforisisalduse (mg kg<sup>-1</sup>) muutus katsevariantide mullas 5-väljalise külvikorra kahe rotatsiooni jooksul (2008–2017)

Katsevariant	2008. aasta	2017. aasta	Toitainete sisalduse muutus
N sisaldus mullas, (%)			
M0*	0,15	0,11	-0,04 ***
M1	0,15	0,12	-0,03 **
M2	0,14	0,12	-0,02 **
N0	0,13	0,09	-0,04 ***
N1	0,13	0,10	-0,03 ***
N2	0,14	0,10	-0,04 ***
N3	0,13	0,09	-0,04 ***
P sisaldus mullas, mg kg <sup>-1</sup> (AL meetod)			
M0	118	101	-17 **
M1	117	101	-16 **
M2	110	107	-3
N0	121	89	-32 ***
N1	123	111	-12 *
N2	125	107	-18 **
N3	102	101	-1
K sisaldus mullas, mg kg <sup>-1</sup> (AL meetod)			
M0	175	100	-75 ***
M1	175	101	-74 ***
M2	175	113	-62 ***
N0	172	94	-78 ***
N1	183	144	-39**
N2	189	130	-59 **
N3	179	115	-64 **

\*M0 ja N0 – vastavalt mahe- ja tavasüsteemi kontrollvariant; M1 – mahesüsteemis talviste vahekultuuridega variant; M2 – mahesüsteemis talviste vahekultuuridega ja sõnnikuga väetatud variant; N1, N2 ja N3 – tavasüsteemis mineraalset lämmastikku vastavalt 40–50, 80–100 ja 100–150 kg N ha<sup>-1</sup> saanud variant.



**Joonis 1.** Lämmastikuisalduse (%) dünaamika mullas M0, M2, N0 ja N3 variantidel aastatel 2008–2017

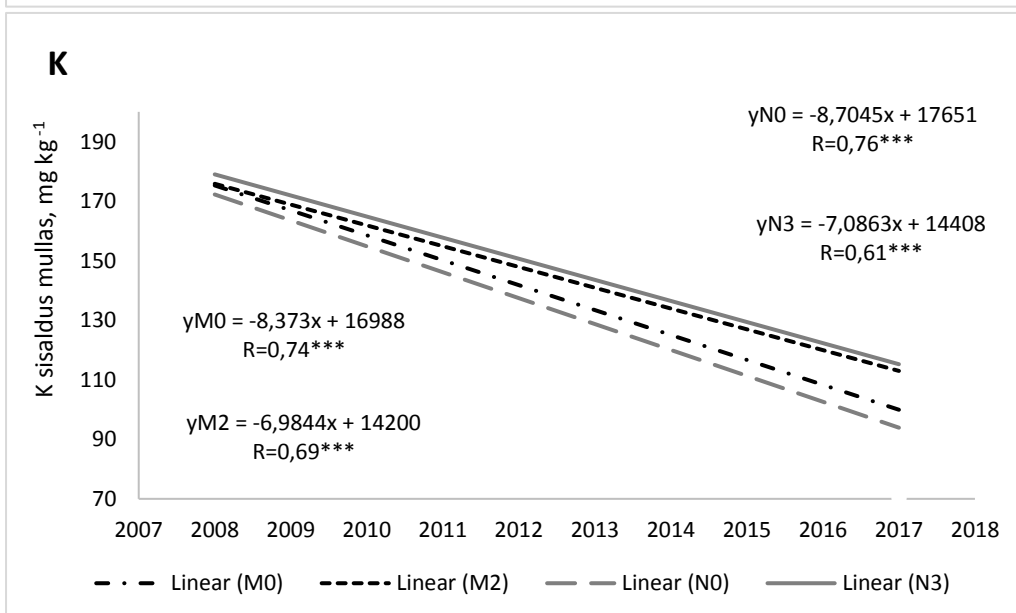
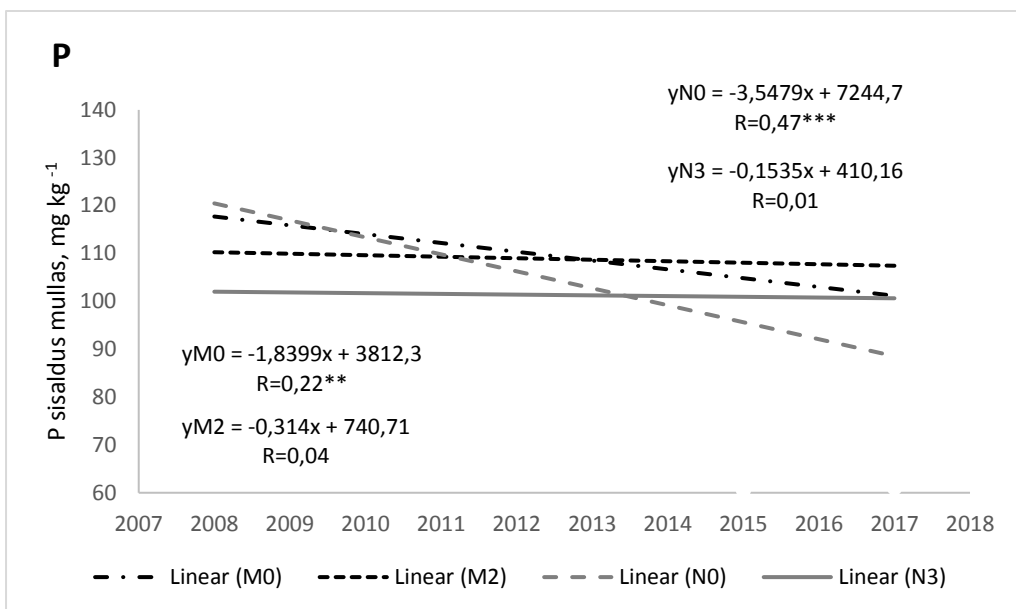
M0 ja N0 – vastavalt mahe- ja tavasüsteemi kontrollvariant; M2 – mahesüsteemis talviste vahekultuuridega ja sõnnikuga väetatud variant; N3 – tavasüsteemis mineraalset lämmastikku  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  saanud variant.

Katsest selgus, et ei tava- ega ka mahesüsteemis kasutatud väetamisrežiimid ei rahuldanud antud külvikorras kultuuride kaaliumivajadust ja taimed hakkasid kasutama mullavarusid. Et vältida edaspidist kaaliumisisalduse vähenemist mullas, peaks mulda viidava kaaliumi kogust suurendama või sealt eemaldatava oma vähendama. Eelnevatest uuringutest on selgunud, et kartul külvikorras võrreldes teiste kultuuridega on üks suuremaid kaaliumitarbijaid (Tein et al., 2014) ja kartulisaagiga viiakse mullast ära kõige enam antud toitelementi. Olukorra parandamiseks mahesüsteemis võib soovitada kasutada looduslikel mineraalidel põhinevaid mahepõllumajanduses lubatud väetisi (Kaaliumi mineraalid, 2017).

Tavasüsteemis peaks kaaliumväetise kogust ilmselt suurendama, seda eelkõige kartulile külvikorras.

## Järeldused

Taimedele oluliste makrotoiteelementide (N, P, K) sisaldused mullas on 10 aasta jooksul nii mahe- kui ka tavasüsteemi kõigi variantide mullas vähenenud. Lämmastikukadu mullast oli mahesüsteemi variantidel väiksem kui tavasüsteemi variantidel, seega mulla lämmastikuisalduse



**Joonis 2.** Fosfori- (P) ja kaaliumisisalduse (K) dünaamika mullas M0, M2, N0 ja N3 variantidel 2008–2017

M0 ja N0 – vastavalt mahe- ja tavasüsteemi kontrollvariant; M2 – mahesüsteemis talviste vahelukultuuridega ja sõnnikuga väetatud variant; N3 – tavasüsteemis mineraalset lämmastikku 150 kg N ha<sup>-1</sup> saanud variant.

järgi oli maheviljeluse süsteem mullaviljakust säästvam kui tavaviljeluse süsteem.

Mulla fosforisisalduse taset hoidev oli mahesüsteemis väetamisvariant, kus kasvatati talviseid vahekultuure ja külvikorra jooksul väetati taimi kolm korda sõnnikuga ning tavasüsteemis maksimaalses koguses lämmastikku saav variant. Kaaliumisisaldus vähenes kõigi katses olnud variantide mullas. Et kaaliumisisaldus ei väheneks kriitilise piirini, peab mulda viidava kaaliumi kogust suurendama – mahesüsteemis on soovitatav kasutada looduslikel mineraalidel põhinevaid mahepõllumajanduses lubatud väetisi ja tavasüsteemis suurendada näiteks kartulile antava K kogust. Võimalik on ka muuta külvikorras kasvatatavaid kultuure.

### **Tänuavaldused**

Uurimustöö viidi läbi ERA NET Core organic FertilCrop ja Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projekti 8–2/T13001PKTM ning Eesti Haridus- ning Teadusministeeriumi uurimistoetuse IUT36-2 abil.

### **Kasutatud kirjandus**

- Alaru, M., Talgre, L., Eremeev, V., Tein, B., Luik, A., Nemvalts, A., Loit, E., 2014. Crop yields and supply of nitrogen compared in conventional and organic systems. – *Agricultural and Food Science* **23**, 317–326.
- Baldwin, K.R. 2006. Soil Fertility on Organic Farms. – Organic Production, CEFS. [www.cefs.ncsu.edu](http://www.cefs.ncsu.edu)
- Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden, II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. – *Kunigliga Lantbrukshögskolans Annaler* **26**, 199–215.
- Kaaliumi mineraalid. 2017. <http://agripartner.ee/toode/kaaliumi-mineraalid/> (14. 09. 2017)
- Stockdale, E.A., Lampkin, N.H., Hovi, M., Keatinge, R., Lennartsson, E.K.M., MacDonald, D.W., Padel, S., Tattersall, F.H., Wolfe, M.S., Watson, C.A. 2001. Agronomic and Environmental Implications of Organic Farming Systems. – *Advances in Agronomy* **70**, 261–327
- Tein, B., Kauer, K., Eremeev, B., Luik, A., Selge, A, Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber and soil quality. – *Field Crop Research* **156**, 1–11.
- Väetamise ABC. 2014. Põllumajandusuuringute Keskus, toimetaja J.Kanger. 27 lk.
- Watson, C.A., Atkinson, D., Gosling, P., Jackson, L.R., Rayns, F.W. 2002. Managing soil fertility in organic farming systems. – *Soil Use and Management* **18**, 239–247.