

# SUVINISU VÄETAMINE LÄHTUVALT KASVUKOHA TAIMETOITAINETE SISALDUSEST

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Arvo Makke, Jaanus Kilgi, Jaan Kutti  
*Eesti Maaülikool, põllumajandus- ja keskkonnainstituut*

**ABSTRACT.** *The aims of this study was to investigate the site-based fertilization effect on spring wheat yield and compare it with conventional fertilization system. The trial was carried out in 2011 in two locations: 1) on the experimental field of the Estonian University of Life Sciences near the Tartu in Eerika, and 2) on the farm field of Pilsu producing farm. In the trial two factors influence on spring wheat yield were investigated: 1) soil organic carbon content (high level (A) – 1.85% and low level (B) – 1.44%; and 2) fertilization system (site-based and conventional). In the Eerika experimental field the spring wheat cultivar (cv) “Manu” and in the Pilsu farm producing field cv “Specific” were used. The spring wheat yield was significantly influenced by soil organic carbon, total nitrogen and phosphorus content. The soil potassium content influence on the yield level was lower, but the influence on the yield uniformity was considerable. In dry climatic conditions in 2011 the best fertilization system for both A and B phons was the fertilization with mineral NPK fertilizers at sowing time and additionally during the growing season based on plants need. Wheat yield ranged between 1.7–4.0 Mg ha<sup>-1</sup> in Eerika experimental field, which was in A phon 2.9–4.0 Mg ha<sup>-1</sup>, and in B phon 1.7–3.0 Mg ha<sup>-1</sup>. The highest yield level 4.0 Mg ha<sup>-1</sup> was got from A phon fertilized with liquid manure. The highest yield level in Pilsu farm field was got from variant fertilized with mineral fertilizer by site-based information, additionally during growing period by information of plants need (4.3 Mg ha<sup>-1</sup>) followed by variant fertilized only with mineral fertilizer by site-based information (4.2 Mg ha<sup>-1</sup>).*

**Keywords:** *spring wheat, soil nutrients, organic carbon, precision fertilization, liquid manure*

## Sissejuhatus

Tänapäeva tehnoloogia arengutase võimaldab taimekasvatases saada suuri saake, sealjuures keskkonnale olulist kahju tekitamata. Optimeerides ressursside kasutust ja kulutusi, on ühtlasi võimalik kasvatada ka majanduslikku tulemit. Praktilises tootmises toimub väetamine kogu põllu ulatuses enamasti selle keskmise näitajate alusel. Seetõttu võib sellise põllu eri osade saagikus erineda üle kahe korra. Osa väetisest kasutavad taimed ära, osa väetisest jääb omastamata ja võib sattuda põlde ümbritsevasse keskkonda või põhjavette. Samas võib osa taimedest jääda vajalikest toitainetest ilma.

Üha rohkem on muret lämmastiku kadudega keskkonda teraviljakasvatuse, nitraatide leostumise ja lämmastikoksiidide eraldumise kaudu. Üks efektiivsemad

viise sellist keskkonnareostust vähendada on väetada lämmastikuga taimede lämmastikvajadusest lähtuvalt (Zebarth *et al.*, 2007). Lämmastikväetise tarbe arvestamiseks tuleb arvestada mullas oleva lämmastiku kogust. Väetistega mulda viidavata toitelementide koguste arvestamisel tuleb lähtuda mulla toiteainete sisaldusest, kasvatatavast kultuurist, taime toitelementide vajadusest ja oodatavast saagist. Et väetiste kasutamine oleks maksimaalne, tuleb arvestada nende teguritega, millest sõltub nende omastamine (Kärblane, 1999).

Tänapäeval on põllumajanduslikku kasutusse jõudnud tehnika, millega on võimalik masinate liikumist põllul täpselt juhtida satelliit side kohtmäärangu süsteemide (GPS jm) abil. GPS annab operatiivselt vajalikku infot põllumajandustehnika asukoha kohta põllul liikumisel (Ludowicy *et al.*, 2002; Robinson, 2007; Nugis *et al.*, 2009; Nugis *et al.*, 2010; Võsa *et al.* 2009). Kuivõrd taimekasvatuse lõppeesmärk põllul on saak, osutub kõige olulisemaks teave põllu erinevate osade saagipotentsiaali kohta. Seda annab saagikaart. Esmane, mis näitab põllul toimimise järjepidevust, ongi saagiskaart. Seetõttu on saagikuse kaardistamine kõige esmane tööoperatsioon, samas on see ka maailmas tuntud, levinud ja tänu sellele juba piisavalt odav võimalus (Kilgi, 2011).

Lisaks kohamäärangu võimaluste olemasolule on tähtis ka teave kasvukoha mulla omadustest, s.o Geoinfosüsteemi (GIS) andmestikust, mis on saanud täppisviljeluse lahutamatuks osaks (Fulton *et al.*, 2003; Jordan *et al.*, 2005; Santhi *et al.*, 2005). GIS-rakendused annavad teavet mullastiku, mulla erinevate toitainete sisalduse, happesuse jm varieerumise kohta põllu piires. Tähtis on siin ka mulla füüsikaliste omaduste kaardistamine, eriti põldudel, kus ilmnevad mulla üleliigse tallamise tagajärjed (Nugis *et al.*, 2007; Nugis ja Kuht, 2005). Et saada teada, mis põhjustas põllu ühel või teisel osal madalama saagi, tuleks teha vastavad uurinud. Mullaproovide võtmine on esimene samm kohtspetsiifilise andmebaasi loomiseks ja mulla toitainete jälgimiseks (Crozier *et al.*, 1998). Kõige käepärasem on läbi viia põllu erinevate osade agrokeemilised mõõtmised, et määrata probleemsemates kohtades tähtsamad agrokeemilised näitajad. Nii on võimalik määrata põllumuldade toitelementide sisaldust, mille tulemuste alusel saab koostada kohtmäärangupõhised (digitaliseeritud) väetistarbe kaardid ja võrrelda neid saagikaardiga. Edaspidine töö mulla toitainete vajadust katvate väetistega eeldab aga vastavate tehniliste võimaluste olemasolu. See tekitab enamasti vajadust moodsama tehnika järele. Tehnika uuendamisel tuleks lähtuda masinate ja elektroonikaseadmete ühilduvuse põhimõttest. Lisaks masinate töölaistude sobivusest tehnoradadega peaks kogu seadmestikul olema võimalus ka töötamiseks

GPS-kohamäärangusüsteemis, samuti pardaarvuti riist- ja tarkvara.

Praegu müügil olev ja osaliselt ka juba tootjate kasutuses olev tehnika võimaldab põllutöömehhaniseeritud töö käigus muuta jooksvalt külvi-, väetus- ja pritsimisnormi. Ometi pole tootjale hetkel kättesaadav objektiivne info, miks ja milline peaks põllul erinevas kasvukohas norm olema. Seega on oluline, et arenenud tehnoloogiale jõuaks järele ka agronoomilised teadmised. Sellest seisukohast lähtuvalt püstitati ka uurimistöö tähtsamad eesmärgid:

- teha kindlaks suvinisu optimaalne väetustase, et oleks võimalik põllu lõikes väetustarbe järgi määrata kasvukohaspetsiifiliselt vajalik väetusnorm;
- selgitada välja täppisväetamise tehnoloogiast tulenev suvinisu saak ja selle tühtlikkus

Käesoleva uurimuse eesmärk oli uurida kasvukoha põhise väetamise mõju suvinisu sortide 'Manu' ja 'Specifik' saagile ja võrrelda seda tavaväetamisega.

### Materjal ja meetodika

2011 aastal rajati katsed täppisväetamisega. Põldkatse korraldati Eesti Maaülikooli katsepõllul, asukohaga Eerika, Össu küla, Ülenurme vald, Tartumaa, tootmiskatse Pilsu talu tootmispõllul, Erumäe, Konguta vald. Eesti Maaülikooli katsepõllu suurus oli 2 ha, millest katse moodustas 0.08 ha. Pilsu talu tootmispõllu üldpind oli 24 hektarit, millest katseala moodustas 3.5 ha.

Katsekultuurina külvati 2011. aastal Eerika katsepõllule suvinisu 'Manu, külvisenormiga 550 idanevat seemet ruutmeetrile ja Pilsu talu Erumäe tootmispõllule külvati suvinisu 'Specifik', külvisenormiga 500 idanevat seemet ruutmeetrile.

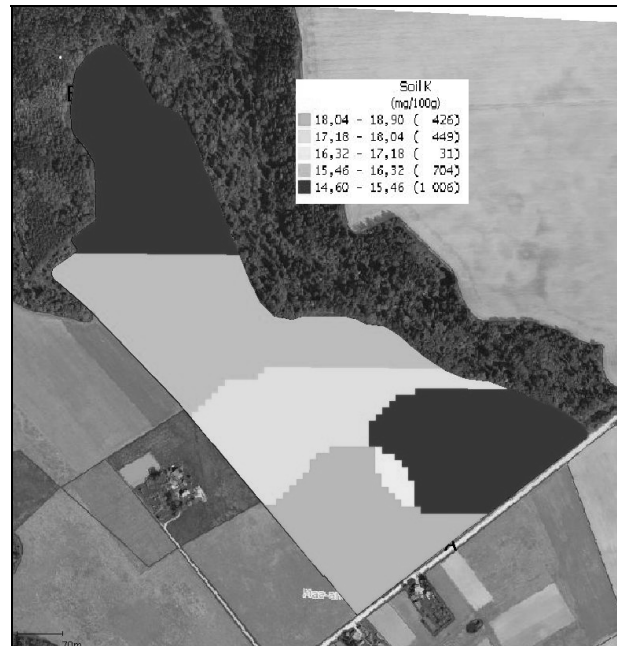
Tootmiskatses oli 6 varianti, lappide arvuga 18, ühe lapi pind 324 m<sup>2</sup> ja kogu katsealune pind 35,000 m<sup>2</sup>. Põldkatse alal oli 8 varianti, lappide arvuga 16. Ühe katselapi pind oli 50 m<sup>2</sup> ja katsealune kogupind 800 m<sup>2</sup>.

Eerika katse rajati näivleeturund mullale. Mullaproovide andmetest selgus, et põldkatse kujunes orgaanilise süsiniku alusel välja kaks mullaviljakuse fooni, mis pärast rajati katsevariandid mullaviljakuse alusel kahele foonile (tabel 1).

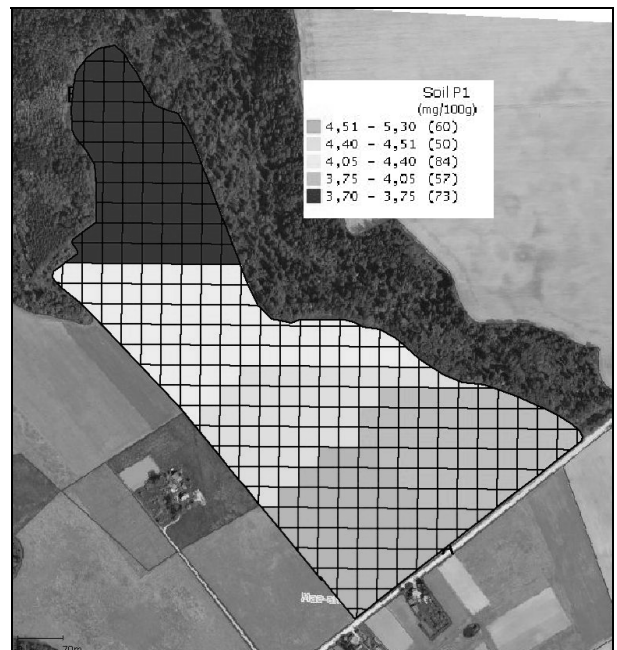
Foon A, orgaanilise süsiniku sisaldus mullas üle 1.7%. Antud foonil oli C<sub>org</sub> vahemikus 1.73...2.04%, variantide keskmiselt oli orgaanilise süsiniku sisaldus mullas 1.84%.

Foon B, orgaanilise süsiniku sisaldus mullas alla 1.7%. Antud foonil oli C<sub>org</sub> vahemikus 1.28...1.62%, variantide keskmiselt orgaanilise süsiniku sisaldus mullas oli 1.45%.

Igal katselapilt võeti 2011. aasta kevadel mulla- proovid mullaviljakuse määramiseks. Keskmise mulla- proov pakendati ning märgistati katselapi numbriga. Proovid viidi Põllumajandusuuringute Keskuse laboratooriumisse keemilisteks analüüsideks. Laboris määrati mulla pH, orgaaniline süsinik (C<sub>org</sub>), üldlämmastik (N%), lisaks mulla fosfori (P), kaaliumi (K), kaltsiumi (Ca), magneesiumi (Mg), vase (Cu), mangaani (Mn) ja boori (B) sisaldus.



Joonis 1. Tootmiskatse põllu mulla kaaliumisisalduse sisalduse kaart  
Figure 1. Map of potassium content in soil of farm experiment



Joonis 2. Tootmiskatse põllu mulla fosforisisalduse kaart  
Figure 2. Map of phosphorus content in soil of farm experiment

Tabelis 1 on esitatud Eerika katse põhilised mulla agro- keemilised näitajad. Tootmiskatse tarbeks koostati mulla toitainetesisalduse kaardid: K sisalduse kohta (joonis 1) ning P sisalduse kohta (joonis 2).

Saadud mulla analüüsi andmete abil arvutati vajaminevad väetiskogused katselappidele. Olenevalt Põllumajandusuuringute Keskuse laboratooriumist saadud mullaanalüüsides tulemustest järgnes Eerika katselappide külveelne väetamine katseplaani järgi kas mineraalväetisega Azophoska 16-16-16 või veise vedelsõnni-

kuga. Mineraalväetis anti spetsiaalse katsekülvikuga FIONA, mille töölaius oli 1.4 m. Vedelsõnnikuga väetamine toimus vedelsõnniku tsisterni pumbasüsteemi abil. Järgnes 26. mail suvinisu külv teraviljakülvikuga Kongskilde, mille töölaius oli 3 m.

Tootmiskatses anti mineraalväetis külvikuga Amazon ZG-B 8200, mille töölaius oli 24 m. Variantides, kus mullainfo alusel oli ette nähtud eri normidega väetise külv, reguleeriti täiendava väetise väljakülv masina liikumisel GPS kohtmäärangu järgi automaatselt, lähtuvalt digitaliseeritud väetistarbe kaardi andmestikust. Järgnes 20. mail suvinisu külv külvikuga Väderstad Pneumo, mille töölaius oli 8 m.

Eerika katsepõllul tehti umbrohutõrje 3. juunil. Selleks kasutati taimekaitsevahendeid Attribut WG70 normiga 60 g ha<sup>-1</sup> ja Mustang kulunormiga 0,5 l ha<sup>-1</sup>. Taimekaitsevahendit Attribut WG70 ja Mustang kasutati umbrohtude tärkamisjärgseks tõrjeks. Erumäe tootmispõllul tehti 2. juunil umbrohutõrje ning 27. juunil tehti tõrje lehetäide vastu.

Suvinisu kasvuaegse väetamise vajadus määrati Minolta SPAD klorofüllimõõtjaga. Leheväetis anti 9. juulil, kasutati Kritalon Yellow veeslahustuvat pulberväetist. Kasvuaegne väetamine leheväetisega tehti kõrsumisfaasis. Leheväetisega väetamiseks kasutati taimekaitsepreitsi.

2011.a. vegetatsiooniperiood oli väheste sademetega, põuane ja keskmisest kõrgemate õhutemperatuuriga.

Põldkatse koristati 30.augustil ning tootmiskatse 11.augustil. Saagikaardi (joonis 3) saamiseks koristati suvinisu katseala kombainiga NewHolland CX860, mis oli varustatud saagimõõtmise ja kohamäärangu seadmetega. Pilsu talu tootmiskatses esines katseala otstes terasaagi vähenemine, eeldatavasti masinate pöördriba kohtades tallasid põllutöömasinad ülemäära mulda.

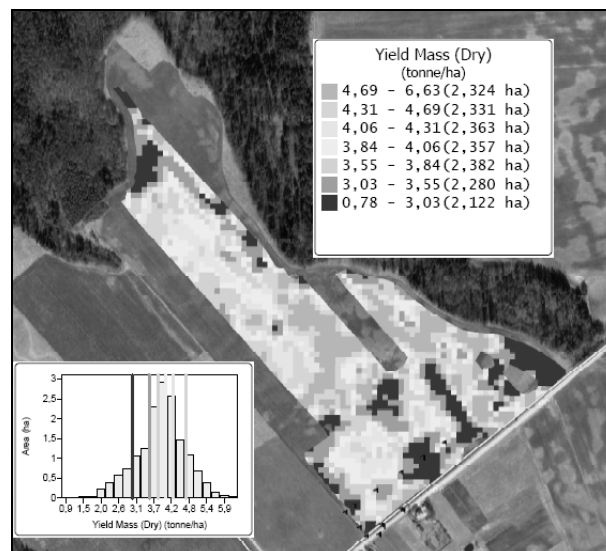
Eerika põldkatse koristati katsekombainiga Sampo, heedri laiusega 1.5 m, mis võimaldas Eerika katses määrata iga lapi saaki ka kaalumise teel.

Põldkatsetelt võeti vahetult enne saagikoristust taimsed proovid neljas korduses. Proovid võeti 0.25 m<sup>2</sup> suuruselt pinnalt, katselappide erinevatelt osadelt, määramiseks suvinisu saagielemente.

Saagi koristamise järel võeti katselappidelt mulla- proovid, et koostada 2012 aasta külviks katselappidele väetusnormid.

Eerika katsepõllule ja Pilsu talu tootmiskatsele anti mineraalväetist Azophoska 16-16-16 (P ja K oksiididena). Mineraalväetise kulu olenevalt variandist oli 375–750 kg ha<sup>-1</sup>. Ammooniumnitraati AN 34,4 anti kasvuajal variandile MI&MN taimede lämmastikuvajaduse rahuldamiseks. Tegemist on hästi omastatava liht-

lämmastikväetisega, mis sisaldab ammooniumlämmastikku 17.2% ja ka nitraatlämmastikku 17.2%. Orgaanilise väetisena kasutati katsealal variandis VS&LV veiste vedelsõnnikut. Eerika katsel kasutatud vedelsõnnik sisaldas 4.8 kg Mg<sup>-1</sup> üldlämmastiku. Samal variandil kasutati leheväetiseks Yara Kristalon Yellow NPK 13-40-13 + mikroelemendid, kulunormiga 4 kg ha<sup>-1</sup>.



Joonis 3. Tootmiskatse põllu saagikaart  
Figure 3. Yield map of farm experiment

#### Väetamisvariandid.

1. Väetamata (kontroll, K).
2. Tavaväetamine (Tav) – mineraalväetis Azophoska 16-16-16 üldfoonina külvieelselt (väetusfoon N<sub>120</sub>P<sub>52</sub>K<sub>100</sub>).
3. Mineraalväetis mullainfo alusel (MI) – Azophoska 16-16-16 mineraalväetis külvieelselt lähtuvalt mulla toiteelementide sisaldusest.
4. Mineraalväetised mulla- ja taimeinfo alusel (MI&MN) – Azophoska 16-16-16 mineraalväetis külvi ajal lähtuvalt mulla vajadusest + mineraalne lämmastik kasvu ajal SPAD klorofüllimõõtja määrangute järgi vastavalt taimede toitumistasemele.
5. Diferentseeritud väetamine (VS&LV) – vedelsõnnik (läga) külvieelselt + leheväetis kasvu ajal SPAD klorofüllimõõtja määrangute järgi, vastavalt taimede vajadusele. Vedelsõnnikuga väetamine toimus traktorilt käitatava tsisterni pumbasüsteemi abil mullapinnale ja viidi järgneva kultiveerimisega mulda.

**Tabel 1.** Põldkatse mulla agrokeemilised näitajad  
**Table 1.** Soil agrochemical parameters in field experiment

Variant	Foon Back- round	Mulla agrokeemilised näitajad Agrochemical soil characteristics				
		N %	P Mg 100g <sup>-1</sup>	K Mg 100g <sup>-1</sup>	C <sub>org</sub> %	pH <sub>KCl</sub>
Väetamata (K) Without fertilizing	A	0.14	99	104	1.78	5.8
	B	0.13	104	92	1.46	5.4
Tavaväetamine (Tav) Conventional fertilizing	A	0.14	114	155	1.73	6.5
	B	0.10	98	101	1.38	5.8
Väetised mullainfo alusel (MI) Fertilization based on soil information	A	0.13	170	175	1.91	6.6
	B	0.09	109	99	1.40	5.8
Väetised mulla- ja taimeinfo alusel (MI&MN) Fertilization based on soil and plant information	A	0.15	129	94	1.80	5.5
	B	0.14	149	88	1.62	5.2
Vedeldõnnik ja leheväetamine taimeinfo alusel (VS&LV) Liquid manure and foliar fertilizing	A	0.17	184	135	2.04	5.7
	B	0.10	125	94	1.42	5.9

### Tulemused ja arutelu

Katseala mulla huumusseisundit võib orgaanilise süsiniku (C<sub>org</sub>) sisalduse alusel pidada keskmiseks (tabel 1), see kõikus katsevariantide lõikes 1.38–2.04% (katse keskmine 1.66%).

Mulla huumusseisund osutus põldkatses suurimaks suvinisu terasaaki limiteerivaks teguriks, ilmnes tugev seos C<sub>org</sub> ja saagi vahel (joonis 6), korrelatsiooni koefitsient  $r = 0,78^{**}$  ( $n = 12$ ). Sealjuures oli täheldatav nende näitajate vaheline arvestatav seos ka mõlema C<sub>org</sub> fooni korral eraldivõetuna,  $r = 0,75^*$  a foonil, mõnevõrra väiksem b foonil,  $r = 0,71$  ( $n = 6$ ). Tootmiskatses seos suvinisu terasaagi ja mulla orgaanilise süsiniku sisalduse vahel puudusid

Üldlämmastikku (N<sub>üld</sub>) oli mullas vahemikus 0.09–0.17%, keskmiselt 0.13%. Et mulla lämmastiksisaldus (N<sub>üld</sub>) oleneb suuresti mulla huumusesisaldusest, siis oli ka suvinisu kasvuala C<sub>org</sub> ja N<sub>üld</sub> vaheline korrelatiivne seos väga tugev,  $r = 0,85^{***}$  ( $n = 12$ ). Tugevalt oleneb suvinisu terasaak ka kasvukoha mulla üldlämmastiksisaldusest (joonis 7),  $r = 0,68^{**}$ . Kõrgemal C<sub>org</sub> foonil (a) oli seos veelgi tugevam,  $r = 0,88^{**}$ .

Fosfori (P) sisaldus katseala mullas kõikus vahemikus 98–190 (keskmine 134). Ka suvinisu kasvuala C<sub>org</sub> ja fosforisisalduse vahel (joonis 8) avaldus tugev korrelatiivne seos,  $r = 0,73^{**}$ . Kasvuala mulla fosforisisaldusest olenes märgatavalt suvinisu saak (joonis 8). Nende näitajate vaheline korrelatsiooni koefitsient on  $r = 0,69^{**}$ . Mulla fosfaatide liikuvusele avaldab mõju mulla happesus, kusjuures mulla parim fosforirežiim valitseb siis, kui mulla pH on vahemikus 6.5–7.5 (Kevvai, 1996).

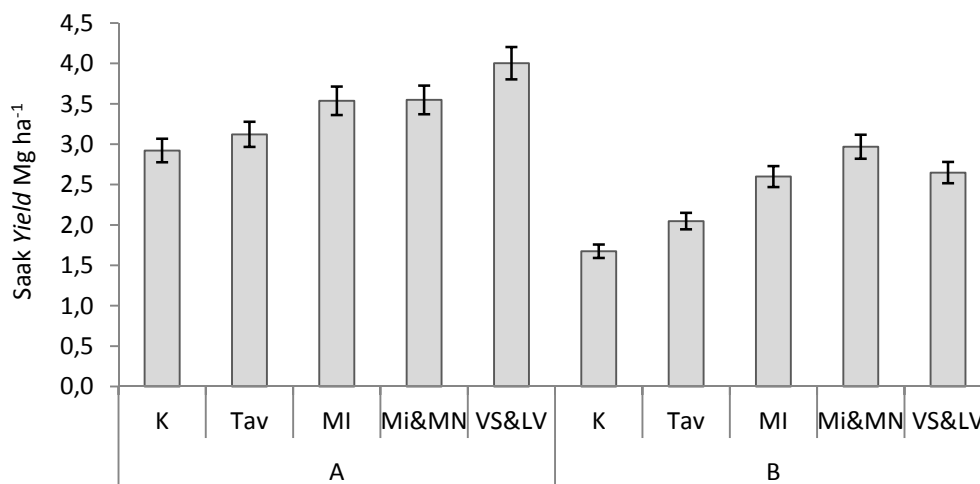
Kaaliumi (K) sisaldus mullas kõikus katses vahemikus 79 kuni 175 (keskmiselt 108). Saagi seos kasvukoha mulla kaaliumisisaldusega avaldus nõrgalt ega mahtunud statistilise usaldatavuse piiridesse ( $r = 0,47$ ). Samas aga mulla kaaliumisisalduse seos orgaanilise süsiniku sisaldusega mullas oli arvestatavalt kõrge:  $r = 0,70^{**}$ .

Mulla pH oli vahemikus 5.2–6.6 (keskmine 5.7). Suvinisu kasvab paremini muldadel, mille pH on 6 või

üle selle (Kevvai, 1996). Suvinisu sort 'Manu' talub happelisi muldi. Põuastel aastatel jääb tera peeneks, kuid sellel sordil on küllaltki kõrged kvaliteedinäitajad ja küpsetusomadused (Ilumäe, 1994). Käesolevas katses aga suvinisu saak ei sõltunud mulla happesusest, samuti puudus pH<sub>KCl</sub> seos ka mulla orgaanilise süsinikuga.

Proovid mulla agrokeemiliste karakteristikute määramiseks võeti 2011. a kevadel. Analüüside tulemused saabusid aga alles maikuu lõpul, mispärast toimus suvinisu külv põldkatses optimaalsest külviajast hiljem. Suvinisu saagid jäid olenevalt katsevariandist vahemikku 1.7–4.0 Mg ha<sup>-1</sup> (keskmine 3,0 Mg ha<sup>-1</sup>, joonis 4). Sealjuures oli saagi suurusele täheldatav selge mulla agrofooni mõju. Foonil A, C<sub>org</sub> sisaldusega üle 1,7%, olid nisu terasaagid vahemikus 2.9–4.0 Mg ha<sup>-1</sup> (keskmine 3.3 Mg ha<sup>-1</sup>), foonil B (C<sub>org</sub> vähem kui 1.7%) jäid aga saagid madalamateks, vahemikku 1.7–3.0 Mg ha<sup>-1</sup> (keskmine 2.7 Mg ha<sup>-1</sup>).

Põldkatses saadi suurim saak, 4.0 Mg h<sup>-1</sup> A fooni vedeldõnnikuga väetatud variandilt VS&LV (joonis 4). Selle variandi kasvuala mullas oli ka kõige kõrgem orgaanilise süsiniku, üldlämmastiku- ja fosforisisaldus (tabel 1). B foonil kujunes sama variandi saak võrreldes A fooniga 35% võrra madalamaks ja ka mulla orgaanilise süsiniku sisaldus oli seal 30.4 % võrra väiksem kui A foonil. Saagid jäid madalaks ka väetamata variantides, olles A foonil 2.9 Mg ha<sup>-1</sup> ja B foonil 1.7 Mg ha<sup>-1</sup>. Seega 2011. a põuastes ilmastikutingimustes andis mõlemal foonil paremaid tulemusi väetusviis, kus väetati NPK-ga suvinisu külvi ajal ning kasvu ajal väetati mineraalse lämmastikuga taimede vajadusest lähtuvalt (variant MI&T). Saagitulemuste alusel võib väita, et väetamine, kus anti mineraalne NPK-väetis mulla vajadusele lähtuvalt ja mineraalne lämmastik taimede vajadust arvestades, oli igati põhjendatud. Seega, taimede parem toitainetega varustatus kogu vegetatsiooni perioodi jooksul tagab suuremad terasaagid.



**Joonis 4.** Suviniisu terasaagid Eerika põldkatses  
**Figure 4.** Grains yield in Eerika field experiment

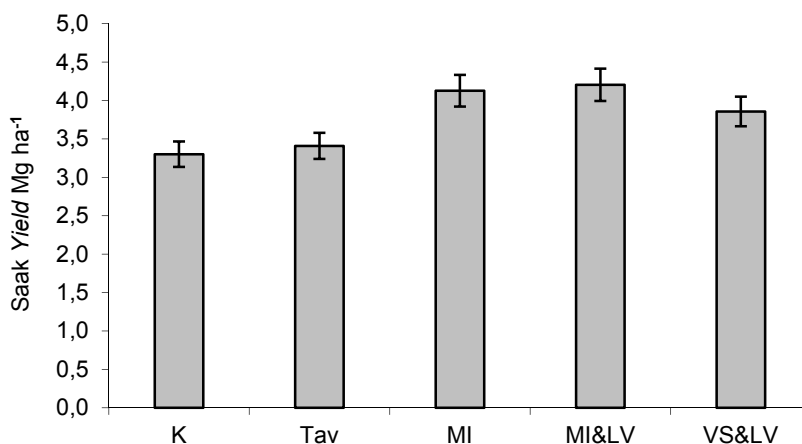
Eerika katsepõllul oli mulla agrofooni mõju saakidele selgelt täheldatav. Kõrgema orgaanilise süsiniku foonil kujunesid terasaagid tunduvalt suuremaks kui madalamal orgaanilise süsiniku foonil. Väetiste vähest mõju võib põhjendada sellega, et väetis anti kuiva mulda ja sellele järgnes pikem põuaperiood. Seetõttu väetised ei lahustunud mullas piisavalt ning taimed ei omastanud neid hästi. Samas selgus, et foonil B ( $C_{org}$  vähem kui 1.7%) oli väetiste mõju terasaagile suurem kui foonil A, kus mulla agrokeemilised näitajad olid paremad.

Ka tootmiskatse külvati optimaalsest külviajast hiljem, kuid kuus päeva varem kui Eerika põldkatse. Nii nagu Eerikal, mõjutasid ilmselt ka siin katsete terasaake hilisem külv ja põuane ilmestik. Kuid tänu saagirikkamale sordile ja varasemale külviajale oli tootmiskatse üldine saagitase kõrgem kui Eerika katses. Suviniisu seeme sai niiskesse mulda, kus sai kohe idanema hakata.

Tõenäoliselt avaldas selles katses suuremat mõju ka mineraalväetis.

Tootmiskatse terasaagid jäid vahemikku 3.3 t ha<sup>-1</sup> kuni 4.2 t ha<sup>-1</sup> (joonis 3). Väetamata ja tavaväetamine andsid tootmiskatses väiksemad terasaagid, kus saadi vastavalt 3.3 ja 3.4 t ha<sup>-1</sup>. Suuremad saagid saadi variantides, kus anti mineraalväetis Azophoska 16-16-16 mullainfo alusel (MI) ning lisaks veel lehevätetist kasvu ajal taimede toitumistaseme järgi (MI&LV). Nendes variantides olid terasaagid 4.2–4.3 Mg ha<sup>-1</sup> ehk võrreldes tavaväetamisega 0.9–1.0 Mg ha<sup>-1</sup> võrra suurem kui tavavariandis.

Variandites, kus anti Azophoskat 16-16-16 väetis külveelselt mulla vajadustest lähtuvalt ning kus anti lehevätetist kasvu ajal, olid suviniisu terasaagid võrdsed. Seega oli õigustatud koosväetamine mullainfost lähtuvalt ning kasvu ajal taimede seisundi järgi.

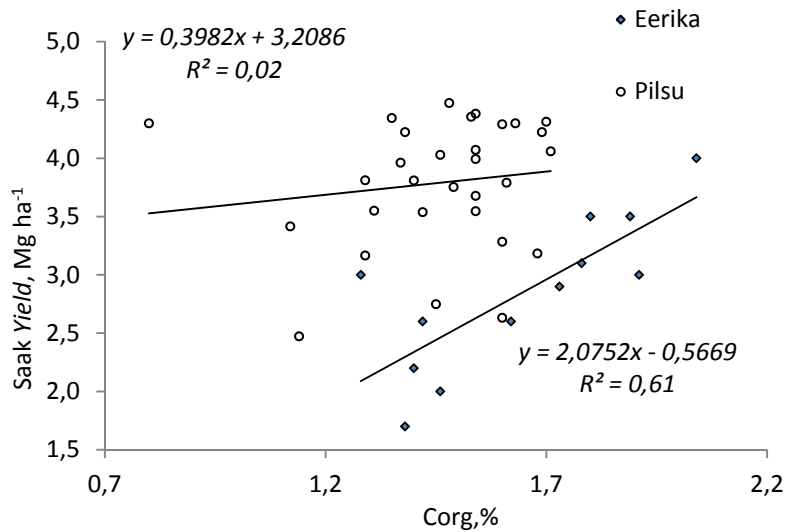


**Joonis 5.** Suviniisu terasaagid Pilsu talu tootmiskatses  
**Figure 5.** Grains yield in Pilsu farm experiment

Tootmiskatse saagikuskaardil on näha, kuidas katsealal suvinisu saagikus ühe põllu piires võib varieeruda (joonis 4). Aladel, kus anti mineraalväetis Azophoska 16-16-16 külvielselt lähtuvalt mulla vajadusest ning leheväetis kasvu ajal klorofüllimõõtja määrangute järgi taimede toitumistaseme kohaselt, olid terasaagid 25% võrra suuremad kui ülejäänud variantides. Variantid, kus kasutati leheväetist, suurenesid saagid, sest taimed olid vegetatsiooniperioodil toitainetega paremini varustatud.

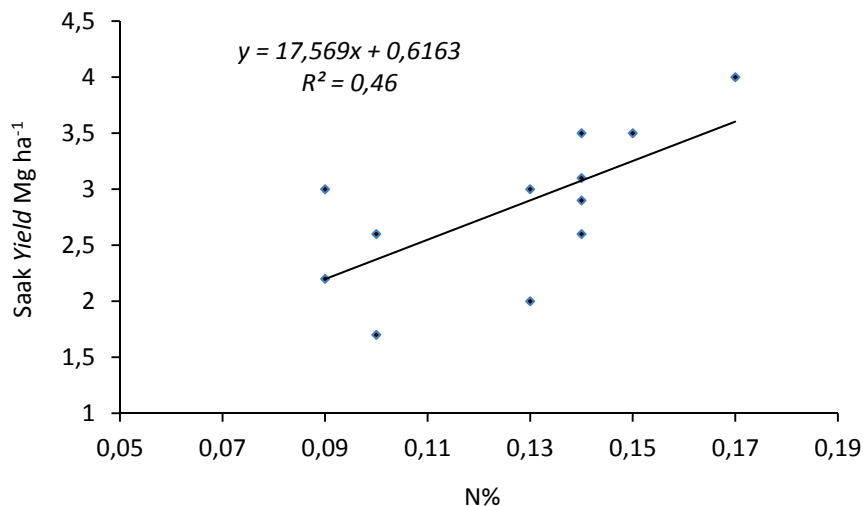
Kasvuaegne väetamine tagab taimedele parema toitainetega varustatuse kogu vegetatsiooniperioodi jooksul ning see tagab suvinisu hea terasaagi.

Põlluserva jäänud tavavariandi saake kahjustas tõenäoliselt põllutöömasinate pöördekohtade liigselt tallatud muld. Põllu keskosas olnud väetamata variandi suvinisu terasaagile avaldas tõenäoliselt mõju taimetoit-elementide puudus vegetatsiooniperioodil.



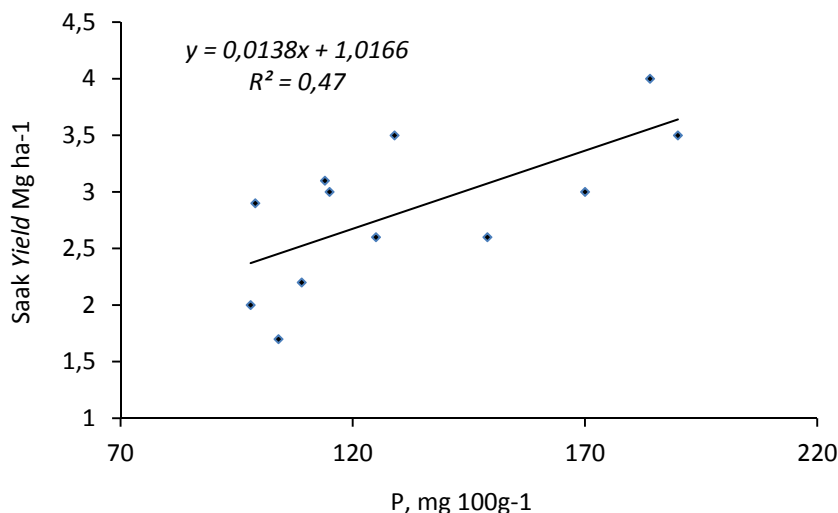
**Joonis 6.** Suvinisu terasaagi sõltuvus kasvukoha mulla orgaanilise süsiniku sisaldusest Eerika põldkatses (n = 12) ja Pilsu talu tootmiskatses (n = 30)

**Figure 6.** Spring wheat grain yield dependence on the habitat soil organic carbon content in field experiment (Eerika, n = 12) and in farm experiment (Pilsu, n = 30)



**Joonis 7.** Suvinisu terasaagi sõltuvus kasvukoha mulla üldlämmastiku sisaldusest Eerika põldkatses (n = 12)

**Figure 7.** Spring wheat grain yield dependence on the habitat soil nitrogen content in field experiment (Eerika, n = 12)



**Joonis 8.** Suviniisu terasaagi sõltuvus kasvukoha mulla fosforisisaldusest Eerika põldkatses (n = 12)

**Figure 8.** Spring wheat grain yield dependence on the habitat soil phosphorus content in field experiment (Eerika, n = 12)

### Kokkuvõte

Käesoleva uurimuse eesmärk oli uurida kasvukoha põhise väetamise mõju suvinisu sortide 'Manu' ja 'Specifik' saagile ja võrrelda seda tavaväetamisega. Katsed viidi läbi 2011. aastal kahes kohas, põldkatse Eesti Maaülikooli katsepõllul Eerikal ja tootmiskatse Pilsu talu tootmispõllul. 2011. aasta ilmastikutingimused avaldasid tugevat mõju Eerika põldkatsele ja Pilsu talu tootmiskatsele. Mõlemas katses tuli esile mulla agrokeemiliste näitajate järgi väetamise positiivne mõju.

Eerikal katsepõllul rajati katsevariandid orgaanilise süsiniku ( $C_{org}$ ) näitajate alusel mullaviljakuse kahele foonile, kus foonil A oli  $C_{org}$  keskmine sisaldus 1.85% ja foonil B 1.44%.

Hilinenud külv ja põuane suvi ning keskmisest kõrgemad õhutemperatuurid mõjutasid Eerika põldkatses negatiivselt suvinisu terasaaki.

Eerika põldkatse suvinisu saake limiteerivad faktorid põldkatse tulemuste põhjal olid orgaanilise süsiniku ( $C_{org}$ ), üldlämmastiku- ( $N_{üld}$ ) ja fosforisisaldus kasvukoha mullas. Kõige tugevamad korrelatiivsed seosed ilmsesid mulla orgaanilise süsiniku ja suvinisu terasaagi vahel. Mulla kaaliumisisalduse ja saagi vaheline seos oli küll nõrgem, kuid saagiühtlikkuse hindamiseks kogu katsepõllu ulatuses siiski olulisel tasemel. Mulla keemiliste näitajate ja saagi vahelised seosed Pilsu tootmiskatses olid väiksemad või puudusid üldse.

Põldkatses väärivad tähelepanu kasvukoha mulla agrokeemiliste näitajate suur kõikumine suhteliselt väikesel alal (800 m<sup>2</sup>):  $C_{org}$  1.28–2.04%;  $N_{üld}$  0.09–0.17%; P 98–190; K 79–175 ja pH 5.2–6.6. Selline mulla agrokeemiliste omaduste kirjusus näitab, et senisest mullaproovide võtmise praktikast, kus üks keskmine proov võetakse 3–5 ha pinnalt, jääb väheseks, kui tahetakse mullainfopõhise väetamisega tagada ühtlaselt kõrge saagikus kogu põllult.

Tootmiskatses oli üldine saagitase kõrgem kui Eerika põldkatses. Mineraalväetised ei lahustunud põua korral mullas piisavalt ja nende mõju jäi saagile tagasihoidlikuks. Terasaagid jäid Eerika põldkatses vahemikku 1.7–4.0 Mg ha<sup>-1</sup>, olles foonil A vahemikus 2.9–4.0 Mg ha<sup>-1</sup> ja foonil B vahemikus 1.7–3.0 Mg ha<sup>-1</sup>. Keskmiseks saagiks kujunes Eerika katses 2.9 Mg ha<sup>-1</sup>. Tootmiskatses jäid terasaagid vahemikku 3.3–4.2 Mg ha<sup>-1</sup>, keskmiseks saagiks saadi 3.8 Mg ha<sup>-1</sup>. Kõige suuremad saagid – 4.0 Mg ha<sup>-1</sup> ja 4.2 Mg ha<sup>-1</sup> – saadi variantides, kuhu anti lisaks vedelsõnnikule kasvu ajal ka lehevätetist. Mulla ja taimkatte väetamise uuringutest saadud tulemused viitavad selgelt edaspidiste katsete jätkamise ja ka vastava meetodika täiustamise vajadusele.

### Tänuavaldused

Artikli autorid avaldavad tänu põllumajandusministeeriumile, mis on toetanud käesolevat uurimistööd arendusprojekti T11027PKTM summadest.

### Kasutatud kirjandus

- Crozier, C.R., Heiniger, R.W. 1998. Soil sampling for precision farming systems. *Soil Facts*. North Carolina Cooperative Extension Service, AG-439-36, 6 pp.
- Godwin, R.J., Wood, G.A., Taylor J.C., Knight, S.M., Welsh J.P. 2003. Precision Farming of Cereal Crops: a Review of a Six Year Experiment to develop Management Guidelines. *Biosystem Engineering* 84 (4):375–391.
- Fulton, J.P., S.A. Shearer, T.S. Stombaugh, M.E. Anderson, T.F. Burks, and S.F. Higgins. 2003. Simulation of fixed- and variable-rate application of granular materials. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 46(5), p. 1311–1321.

- Ilumäe, E. 2004. Ökoloogilises tootmises kasvatatud suvinisu kasutamise võimalused toiduviljaks. Eesti Maaviljeluse Instituudi infoleht nr 134, Saku, 4 lk.
- Jordan, C. and R.V. Smith. 2005. Methods to predict the agricultural contribution to catchment nitrate loads designation of nitrate vulnerable zones in Northern Ireland. *Journal of Hydrology*, 304(1), p. 316–329.
- Kevvai, T. 1996. Muld taimetoitainete allikana. – *Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat*, Eesti Vabariigi Põllumajandusministeerium. Tallinn, lk 41–66.
- Kilgi, J. 2011. Täppisviljelus algab andmetest. Põllumajandusportaal Agri24.ee [http://www.agri24.ee/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17:taeppisviljelus-algabandmetest&catid=17:artiklid&Itemid=12](http://www.agri24.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=17:taeppisviljelus-algabandmetest&catid=17:artiklid&Itemid=12) (09.11.2012)
- Kärblane, H. 1999. Teraviljade taimetoitainete vajadus. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku, lk 193–213.
- Nugis, Edvin; Müüripeal, Mait; Kuht, Jaan; Võsa, Taavi; Vennik, Kersti. 2007. Precision agriculture and its estimability. In: Proceedings: 5th International Scientific and Practical Conference on Ecology and Agricultural Machinery. (Toim.) – Saint-Petersburg – Pavlovsk: GNU SZNIIMESH, 2007, 42–47.
- Nugis, E.; Kuht, J. 2005. Some results of computer-simulation modelling related compactibility of soil. In: Proc. XI International Symposium: Ecological Aspects of Mechanization of Plant Production: Warsaw, Poland. 140–145.
- Nugis, E.; Võsa, T.; Vennik, K.; Müüripeal, M.; Kuht, J. 2009. Usability tests by DGPS for assessment of growth conditions for crops and soil physical properties. In: Jubileusz XX- Lecia Katedry Maszyn rolniczych i Lesnych: Miedzynarodowa Konferencja Naukowa, Warszawa, Poland, 22–23 September 2009. , 2009, 84–87.
- Nugis, E.; Võsa, T.; Vennik, K.; Meripõld, H.; Kuht, J.; Müüripeal, M. 2010. Results of observations of damages to field and landscape. *Agronomy Research*, 8(2), 361–366.
- Ludowicy, C., Schwaiberger & R., Leithold, P. 2002. Precision Farming: handbuch für die Praxis. 1. Aufl., DLG Verlag, 350 pp. (in German).
- Robinson, E. 2007. GPS, GIS, VR, and remote sensing technologies continuing to evolve. *Southeast Farm Press*. 34(28). 12 p.
- Santhi, C., R.S. Muttiah, J.G. Arnold, and R. Srinivasan. 2005. A GIS-based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 48(1), p. 137–147.
- Võsa, T.; Nugis, E.; Vennik, K.; Meripõld, H.; Viil, P.; Kuht, J. (2009). Some possibilities of studying the precision farming in Estonia, methods and results of complex investigation. Li, D; Zhao, C (Ed.). *Computer and Computing Technologies in Agriculture II*, Springer. IFIP Advances

in Information and Communication Technology Volume 293, 2009, p 1–7

Zebarth, B. J., Botha, E. J. and Rees, H. 2007. Rate and time of fertilizer nitrogen application on yield, protein and apparent efficiency of fertilizer nitrogen use of spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 87: 709–718.

### SPRING WHEAT FERTILIZING DEPENDING ON SITE-BASED NUTRIENTS CONTENT

Jaan Kuht, Toomas Tõrra, Arvo Makke,  
Jaanus Kilgi, Jaan Kutti

#### Summary

The purpose of this study was to investigate the effect of site-based fertilization system on spring wheat varieties ‘Manu’ and ‘Specifik’ yield and compare it with the conventional fertilization system. The trial was carried out in 2011 in two locations: 1) on the experimental field of the Estonian University of Life Sciences near the Tartu in Eerika, and 2) on the farm field of Pilsu producing farm. In the trial two factors influence on spring wheat yield were investigated: 1) soil organic carbon content (high level (A) – 1.85% and low level (B) – 1.44%; and 2) fertilization system (site-based and conventional). The dry weather conditions in 2011 had a strong negative influence on the results of both experiments. The spring wheat yield in Eerika field experiment was significantly influenced by soil organic carbon, total nitrogen and phosphorus content. The soil potassium content influence on the yield level was lower, but the influence on the yield uniformity was considerable. The correlation relationships between soil agrochemical data and spring wheat yield level in Pilsu farm were not significant. The soil agrochemical parameters in Eerika field experiment were highly variable in relatively small area (800 m<sup>2</sup>): 1.28 to 2.04% Corg, Ntot 0.09 to 0.17%, P 98–190, 79–175 K and pH 5.2–6.6. This agrochemical data variability needs much larger number of soil samples, ie soil-based analysis and soil-based fertilizing, which guarantees uniformly high level yield from all field. The yield level of Pilsu farm field was higher than yield level in Eerika field experiment. In dry conditions the mineral fertilizers nutrients availability for plants was less and therefore the yield level in Eerika field experiment ranged in A phon 2.9–4.0 Mg ha<sup>-1</sup>, in B phon 1.7–3.0 Mg ha<sup>-1</sup>. The average yield was 2.9 Mg ha<sup>-1</sup> in Eerika. The yield level in Pilsu farm ranged 3.3–4.2 Mg ha<sup>-1</sup>, the average yield was 3.8 Mg ha<sup>-1</sup>. The higher yields – 4.0 Mg ha<sup>-1</sup> and 4.2 Mg ha<sup>-1</sup> were got from variants, which had additional foliar liquid manure during growth.