

## VÄETISE EFEKTIIVSUSE DÜNAAMIKA JA TAGATUS LEETUNUD LIIVSAVIMULLAL PAIKNEVAS KÜLVIKORRAS

T. Valgus

Väetiste efektiivsuse dünaamikat Eesti erinevatel muldadel uuris A. Piho (1978) kuues statsionaarses külvikorras aastatel 1966...1975. Alates 1976. aastast täiendas A. Piho katsete metoodikat; see pani alguse katsete teisele etapile. Käesoleva kirjutise autor jätkas nendest katsetest ühte Olustvere katsejaamas. Siinkohal käsitletakse nende katsete tulemusi, mis iseloomustavad mineraalväetise ja sõnniku efektiivsuse dünaamikat ja tagatust ajavahemikus 1976...1992. Samas katses selgitatud huumusesisalduse dünaamikat ja kultuuride saagikindlust on autor juba varem kahes artiklis üldistanud (Valgus, 1989 a, 1989 b).

### KATSEMETOODIKA

Katse paikneb tugevasti kultuuristatud nõrgalt kuni keskmiselt leetunud liivsavimullal. Muld on huumusevaene (1,8...2,0 %), keskmise, osalt suure fosforväetiste ja suure kaaliumväetiste vajadusega ning mõõdukalt happelise reaktsiooniga (pH 4,6...5,0). Järelikult vajab muld perioodiliselt lupjamist. Katse jooksul on mulda lubjatud kaks korda: 1976. ja 1984. aastal. Katses on kuueväljaline külvikord: kartul-oder-oder-põldhein-põldhein-talinisu, mis senini on teinud läbi peaaegu 3 rotatsiooni: I – 1976...1981 ja II 1982...1987, kolmandast rotatsioonist jäi puudu vaid üks aasta. Oluliseks erinevuseks eelmise etapi metoodikast on see, et nüüd antakse väetisi igale kultuurile diferentseeritult, sõltuvalt selle nõudlusest. Väetisannuseid on ka mõnevõrra suurendatud, näiteks sõnniku osas kolmandiku võrra. Külvikorra keskmised väetisannused ulatuvad järgmiste tasemeteni: 120 kg/ha N, 32,7 kg/ha P, 74,7 kg/ha K. Laudasõnnikut antakse külvikorras vaid kartulile 90 t/ha ehk 15 t/ha külvikorra keskmisena. Katses on igal kultuuril 16 erinevat väetusvarianti. Käesolevas üldistuses leiab neist kasutamist viis, need on ära toodud tabelis 1. Foonväetisteks oli 1976...1984 5 t/ha sõnnikut, hiljem (1985...1992) seda varianti ei väetatud üldse.

*Tabel 1*

Väetisannused variantide kaupa

The amounts of fertilizers by treatments

Katsevariandid Treatments	Külvikorra keskmisena antud ühel aastal Average application per year of rotation			
	sõnnik/manure t/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha
1	-	-	-	-
4	-	30	10,9	24,9
8	-	60	21,8	49,8
13	10	60	21,8	49,8
15	15	60	21,8	49,8

Väetise mõjul saadud enamsaakide ja väetiste efektiivsuse olulisuse hindamiseks kasutati t-testi. Katseperioodi ilmastikutingimused on esitatud tabelis 2. Aktiivse vegetatsiooniperioodi (mai-september) jooksul ilmnes juunikuu sademete vähenemise tendents keskmiselt 1,31 mm aastas ning juuli- ja septembrikuu keskmise õhutemperatuuri suurenemise tendents (vastavalt 0,10 ja 0,09 °C aastas).

*Tabel 2*

Ilmastikutingimused erinevates rotatsioonides (I...III)

Weather conditons in different rotations (I...III)

Kuu Month	Rotatsioon/Rotation			Keskmine Mean
	I (1976...1981)	II (1982...1987)	III (1988...1992)	
	Sademete summa, mm/ Sum of precipitation, mm			
V	37	53	34	42
VI	84	74	65	75
VII	89	82	84	85
VIII	88	92	92	91
IX	85	99	71	86
S	383	402	346	379
	Keskmine õhutemperatuur, °C/ Mean air temperature, °C			
V	11,1	11,8	11,4	11,6
VI	15,1	14,2	15,7	14,9
VII	16,1	16,4	17,6	16,6
VIII	15,3	15,6	15,9	15,6
IX	10,0	10,0	11,3	10,4
x	13,5	13,6	14,4	13,8

## VÄETISTE EFEKTIIVSUSE DÜNAAMIKA

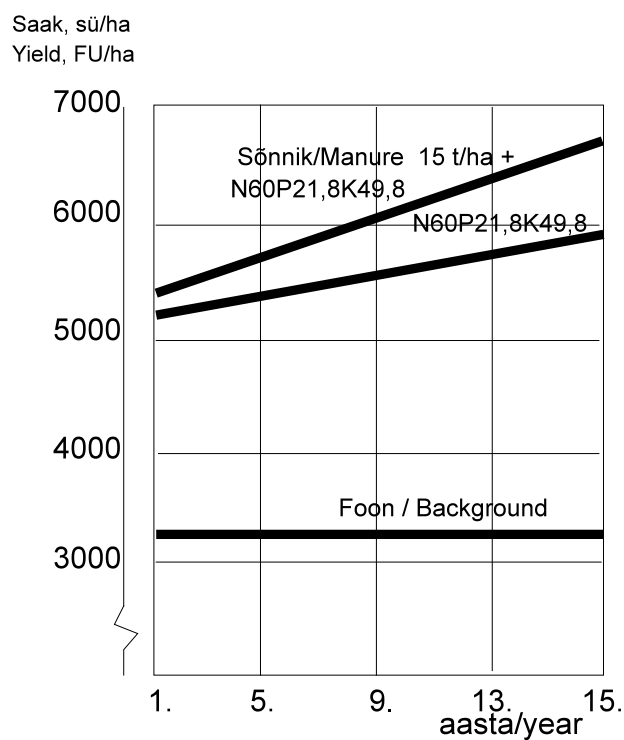
Teoreetiliselt peaks katseperioodi pikenemisega väetiste efektiivsus suurenema eeskätt foonilt saadava saagi vähenemise arvel. Kuidas see tegelikult toimus liivsavimullal, seda näitab joonis 1. Väikese sõnnikunormiga (5 t külvikorra hektarile) väetamisel või väetamata fooni puhul on kultuuride saak püsinud esialgsel tasemel (üle 3200 sü/ha). Ilmselt on selleks kaasa aidanud asjaolu, et külvikorras on 33 % põldheina. Põldheina kasvuks soodsatel aastatel võimaldab ristiku-timuti segu kasvatamine kokku hoida isegi kuni 70 kg/ha mineraalset lämmastikku, arvestades külvikorra keskmisena (Kärblane, 1991).

Vaatamata sellele, et fooni saak ei ole 17 aasta jooksul vähenenud, suurenes mineraalväetiste optimaalse annuse –  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  – kasutamisel külvikorra keskmine produktiivsus 50,5 sü/ha aastas, seda peamiselt väetiste järelmõju suurenemise tõttu. Veelgi suurem on olnud saagi dünaamika, kui sama suurt mineraalväetiste kogust kasutati koos sõnnikuga, mida anti 15 t külvikorra hektarile. Sel juhul suurenes külvikorra produktiivsus 86,8 sü/ha aastas (joonis 1).

**Mineraalväetiste efektiivsus.** A. Piho tegi varasemate uurimiste põhjal järelduse, et väetatud variantides kaasneb suurema saagiga ka suurem mineraalväetiste efektiivsus. Samuti oli tema üldistustel viimasel viiel aastal  $N_{60}P_{26,2}K_{49,8}$  efektiivsus 30 % kõrgem võrreldes katseperioodi esimese 5 aastaga (Piho, 1978).

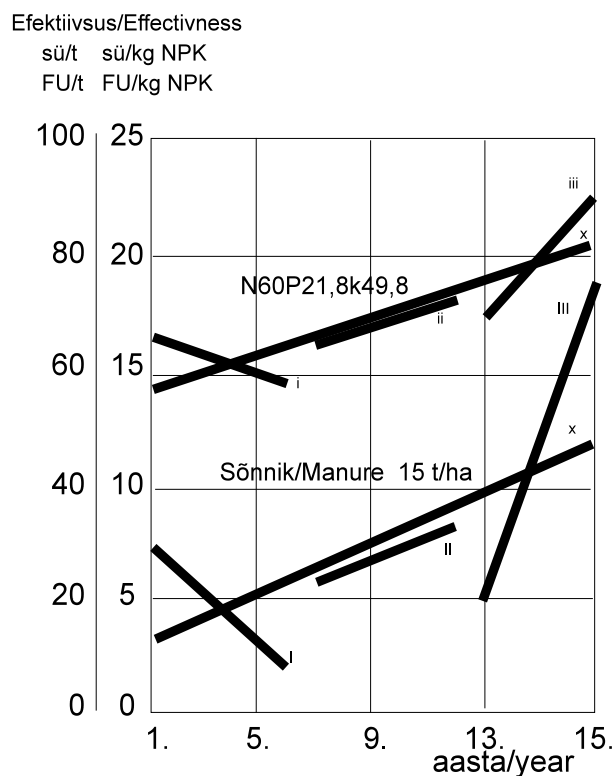
Need järeldused leidsid kinnitust ka hilisemal katseperioodil, mil kasutati eelmisega võrreldes mõnevõrra väiksemat fosforiannust (21,8 kg/ha). Tabelist 3 ilmneb, et  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  efektiivsus oli I rotatsioonis (1976...1981) 15,7 sü/kg, II rotatsioonis (1982...1987) 17,0 sü/kg ja III rotatsiooni esimese viie aasta (1988...1992) keskmisena 20,3 sü/kg. Siin on kilogrammi sees kolme toiteelemendi summa. 17 aasta keskmisena oli  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  kasutamisel efektiivsus 17,5 sü/kg. Erinevate rotatsioonide puhul fooni saak ei vähenenud, küll aga suurenes väetise mõjul saadud saak väetiste kasvava järelmõju tõttu. Ilmselt ongi see mineraalväetiste efektiivsuse suurenemise põhjuseks teises ja kolmandas rotatsioonis võrreldes esimese rotatsiooniga (suurenemine vastavalt 8 ja 29 %).

Lineaarne regressioonanalüüs selgitas, et mineraalväetiste efektiivsus suurenes aastas keskmiselt 0,37 sü/kg ehk 2 % võrra, seejuures viimasel viiel aastal oli keskmine suurenemine 1,30 sü/kg (joonis 2).



Joonis 1. Külvikorra produktiivsuse dünaamika erinevatel väetustasemetel

Figure 1. The dynamics of productivity of crop rotation on different levels of fertilizes



Joonis 2. Väetiste efektiivsuse dünaamika erinevates rotatsioonides (I...III)

Figure 2. The dynamics of effectiveness of fertilizers on different rotations (I...III)

Üldiselt väetisannuse suurenemisel selle efektiivsus väheneb. Seepärast selgitati, kas  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  kasutamine on üldse otstarbekas. Leiti, milline on täiendava  $N_{30}P_{10,9}K_{24,9}$

efektiivsus sama suure väetisannuse foonil. Selgus, et täiendava annuse efektiivsus suurenes iga järgneva rotatsiooniga, olles I rotatsioonis 14,6, II rotatsioonis 16,3 ja III rotatsioonis 19,4 sü/kg toimeainet. 17 aasta keskmisena oli  $N_{30}P_{10,9}K_{24,9}$  foonil antud  $N_{30}P_{10,9}K_{24,9}$  efektiivsus 16,5 sü/kg, mis oli kogu uuritava väetisannuse ( $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$ ) efektiivsusest (17,5 sü/kg) ainult 6 % võrra väiksem (tabel 3). Seejuures nimetatud erinevus vähenes katseperioodi jooksul, olles I rotatsioonis 7 % ja kolmandas 4 %.

Regressioonianalüüsi põhjal selgus, et mineraalväetiste ( $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$ ) kasutamisel olid suurema saagikusega aastatel ka mineraalväetiste mõjul saadud enamsaadid suuremad. Saagi suurenemisel 1 sü võrra suurenes enamsaak 0,60 sü võrra ning korrelatsioon saagi ja mineraalväetise efektiivsuse vahel oli väga kõrge ( $r=0,77$ ).

Tabel 3

Väetiste efektiivsus erinevates rotatsioonides

The effectiveness of fertilizer in different rotations

Rotatsioon Rotation	Aastad Years	Saak sü/ha Yield f.u./ha		Enamsaak sü/ha Extra yield FU/ha	Efektiivsus sü/kg sü/t Effectiveness FU/kg, f.u./t	t	P
		foonil background	väetamisel fertilizer				
$N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$ väetamata foonil							
$N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$ on unfertilized background							
I	6	3245	5282	2077	15,7	9,3	<0,01
II	6	3277	5525	2248	17,0	14,2	<0,01
III	5	3278	5941	2663	20,3	13,6	<0,01
x	17	3252	5561	2309	17,5	19,1	<0,01
$N_{30}P_{10,9}K_{24,8}$ foonil $N_{30}P_{10,9}K_{24,8}$							
$N_{30}P_{10,9}K_{24,8}$ on background $N_{30}P_{10,9}K_{24,8}$							
I	6	4325	5282	957	14,6	6,7	<0,01
II	6	4458	5525	1067	16,3	7,7	<0,01
III	5	4662	5941	1279	19,4	18,2	<0,01
x	17	4471	5561	1092	16,5	14,4	<0,01
15 t/ha sõnnikut foonil $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$							
15 t/ha manure on background $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$							
I	6	5282	5557	275	18,4	3,4	<0,01
II	6	5525	5951	426	28,4	3,5	<0,01
III	5	5941	6640	699	46,6	4,5	<0,01
x	17	5561	6015	454	30,2	5,9	<0,01
5 t/ha sõnnikut foonil $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$ +10 t/ha sõnnikut							
5 t/ha manure on background $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$ + 10 t/ha manure							
I	6	5479	5557	78	15,5	0,7	-
II	6	5741	5951	210	42,0	1,3	-
III	5	6170	6640	470	94,0	2,8	<0,05
x	17	5775	6015	240	48,0	2,8	<0,05

**Sõnniku efektiivsus.** Saksamaalt pärineva 30-aastase põldkatse andmete kohaselt saadakse kõige suuremad saagid laudasõnniku ja NPK-väetise koos kasutamisel, sõnniku mõjul saadi seal enamsaaki 14 % võrreldes ainult NPK-väetisega (Asmus u.a., 1990). Sirendi (1992) on loetlenud rida olulisi tegureid, mille poolest orgaaniline väetis, esmajoones sõnnik on saagikuse suurendajana asendamatu. Veisesõnniku mõju taimedele ja mullale oleneb allapanu kasutamisest (Kuldkepp, Murdam, 1992). Rõõsi (1993) hinnangute

*Oder külvikorra väetuskatses. Esiplaaniil on varajane sort 'Teele', millele on põldhein alla külvatud. Tugevate vihmade tõttu on vili lamandunud, kuigi lämmastikku anti vaid*

*40 kg/ha. Teisel ribal on kartulile järgnenud 'Elo' püstine, vaatamata sellele, et sai lämmastikku 70 kg/ha*

järgi stimuleerib mikroorganismide elutegevust mullas kõige paremini põhu allapanuga käärinud laudasõnnik, mis tõstab mullaviljakust oluliselt. Samuti peab ta vajalikuks taastada külvikorrad, ühtlasi lülitades nendesse liblikõielised kultuurid.

Arvukate Venemaal korraldatud katsete andmetel on sõnniku efektiivsus suurenenud kauakestvates katsetes. Vassiljevi (Vassiljev, 1973) üldistustel põhi- ja kõrvaltoodangut arvesse võttes on külvikorra jooksul kindlustatud sõnniku summaarne efektiivsus mitte vähem kui 1 ts teravilja (või sellele vastav kogus teisi põllusaadusi) 1 t sõnniku kohta.

Piho (1975) hindas 5 ja 10 t/ha sõnnikuannuse (külvikorras keskmisena) efektiivsust suhteliselt lühiaegses (8 aastat) katses ja leidis, et leetunud liivsavimullal oli suurema sõnnikuannuse lisaefektiivsus võrreldes väiksema annusega väike. Ta peab agronoomiliselt õigustatuks anda külvikorras hektari kohta maksimaalselt 9,5 t sõnnikut.

Kuidas sõnniku efektiivsus kujunes hilisemal katseperioodil (1976...1992), kui külvikorra hektarile anti keskmiselt 15 t sõnnikut, selgub tabelist 3. Ilmneb, et sõnniku efektiivsus on iga järgneva rotatsiooniga suurenenud. Kui I rotatsioonis  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  foonil antud sõnniku mõjul suurenes külvikorra produktiivsus 5,8 %, siis II rotatsioonis oli suurenemine 7,7 % ja III 11,8 %. Lineaarse regressioonvõrrandi kohaselt suurenes sõnniku efektiivsus 17 aasta jooksul keskmiselt 2,4 sü/t, aastas viimase viie aasta jooksul koguni 14,3 sü/t. Suurenemine oli statistiliselt hästi oluline ( $P < 0,01$ ).

Regressioonianalüüs näitas, et samuti kui mineraalväetiste puhul, suureneb mineraalväetiste ja sõnniku kooskasutamisel ka sõnniku efektiivsus. Saagi suurenemisel 1 sü võrra suurenes sõnniku mõjul saadud enamsaak 0,26 sü võrra ning korrelatsioon saagi ja sõnniku efektiivsuse vahel ( $r=0,64$ ) oli 99 % usutavusega.

Piho leidis 8 aastat kestnud katses, et leetunud liivsavimullaga külvikorras oli 5 t/ha sõnnikule täiendava 5 t/ha lisamine väheefektiivne. Ka käesolevas katses ei andnud 10 t/ha sõnnikule 5 t/ha lisamine olulist enamsaaki ei esimeses ega teises rotatsioonis. Alles kolmandas rotatsioonis (s.o. 13...17 katseaasta keskmisena) saadi usutav enamsaak - 94 sü/t (tabel 3).

Seega 17 aastat kestnud katse keskmisena saadi 1 t sõnniku efektiivsuseks 30 sü. Efektiivsuse suurenemise tempo oli 2,4 sü/t ehk 8 % aastas. Sellest 15 tonnist viimase 5 tonni mõjul saadi keskmiseks efektiivsuseks 48 sü/t. Täiendava sõnnikuannuse efektiivsus suurenes 7,2 sü/t võrra.

Sõnniku efektiivsuse seostest ilmastikutingimustega võib märkida ainult seda, et sõnniku efektiivsus oli suurem kuivematel suvedel. Korrelatsioon vegetatsiooniperioodi peamise osa (mai-august) sademete summa ja sõnniku efektiivsuse vahel oli negatiivne ( $r=-0,50$ ). Kui sellel perioodil sademete summa vähenes 300 mm-lt 250 mm-le, siis 1 t sõnniku efektiivsus suurenes 29 sü-lt 37 sü-le.

## VÄETISTE EFEKTIIVSUSE TAGATUS

Eelnevast selgus, et väetiste, eriti sõnniku efektiivsus aastatega suureneb. Praktiliselt pakub huvi prognoos, milliseks võib kujuneda väetiste efektiivsus olenevalt selle ületustöenäosusest ehk tagatusest.

Mineraalväetiste efektiivsuseks 17 aastat kestnud katse põhjal on kujunenud 30 %-lisel tagatusel (s.o. kolmel korral kümnest) mitte alla 20,1 sü/kg ja 70 % tagatusel mitte alla 15,0 sü/kg (joonis 3). Väetiste efektiivsuse tagatus on aastate jooksul suurenenud. Kui I rotatsioonis oli efektiivsuse 18 sü/kg tagatuseks 32 %, siis II ja III rotatsioonis oli sama efektiivsuse tagatus vastavalt 40 ja 70 %. Teisiti öeldes, enamsaaki, mida katse algperioodil saadi 3...4 aastal kümnest, võis katse viimasel kolmandikul saada seitsmel aastal kümnest. Kui 90 % tagatusega saadi I rotatsioonis mineraalväetise efektiivsuseks 10,5 sü/kg, siis III rotatsioonis ulatus efektiivsus sama tagatuse protsendi juures juba 16,0 sü/kg.

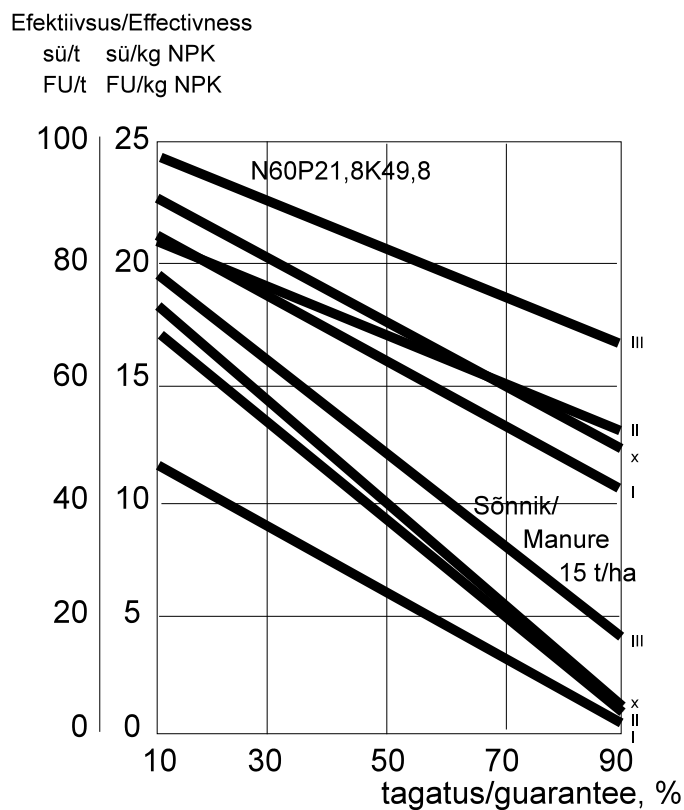
Sõnniku efektiivsuse tagatuse juures ilmnesid samad seaduspärasused, nagu mineraalväetise efektiivsuse tagatuselgi, kuid muutused olid järsumad. Kui 70 % tagatusel kujunes 15 t/ha sõnniku efektiivsuseks mitte alla 16 sü/t, siis 30 % tagatusel saadi mitte alla 48 sü/t ehk kolm korda enam.

Ka sõnniku efektiivsuse tagatus on aastate jooksul suurenenud. Sõnniku keskmise efektiivsuse (30 sü/t) tagatuseks kujunes I rotatsioonis 24 %, II ja III rotatsioonis vastavalt 48 ja 72 %.

## KOKKUVÕTE

Mineraalväetiste ja sõnniku efektiivsuse dünaamikat ja tagatust uuriti tugevasti kultuuristatud leetunud liivsavimullal pikaajalises külvikorra väetuskatses 17 aasta jooksul. Külvikorras esines punasest ristikut ja põldtimutist koosnevat põldheina 33 %, mis aitas vältida fooni saagikuse vähenemist. Seetõttu väetiste efektiivsus ei suurenenud foonilt saadava saagi vähenemise arvel, vaid väetiste järelmõju suurenemise tõttu.

Siin leidis kinnitust sama katse põhjal tehtud varasem järeldus, mille järgi keskmiselt väetatud variantide puhul kaasneb suurema saagiga ka suurem väetiste efektiivsus. Korrelatsioonikordaja saagi taseme ja väetiste efektiivsuse vahel oli mineraalväetiste puhul 0,77 ja sõnniku puhul 0,64.



Joonis 3. Väetiste efektiivsuse tagatus erinevates rotatsioonides (I...III)

Figure 3. The guarantee of effectiveness of fertilizers on different rotations (I...III)

Korrigeeriti varasemat 8 aasta andmetel tehtud järeldust, mille järgi leetunud liivsavimullal oli optimaalseks sõnnikuannuseks külvikorra keskmiselt 9,4 t/ha. Agrotehnika täiustamise ja katseperioodi pikendamise tulemusel suurenes sõnniku järeldus ja nüüd võis järeldada, et antud mullal osutub optimaalseks sõnnikuannuseks 15 t/ha.

Mineraalväetiste ja sõnniku efektiivsus suurenes 17 aastat kestnud katseperioodi jooksul väetiste järeldus suurenemise tõttu. Külvikorra keskmisena kujunes  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  andmisel mineraalväetise efektiivsuseks 17,5 sü/kg, katse algaastatel oli see väiksem, lõpus suurem. Suurenemine oli aastas keskmiselt 0,37 sü/kg ehk 2 %. NPK-foonil antud sõnniku (15 t külvikorra hektarile) sõnniku keskmiseks efektiivsuseks saadi 30 sü/t. Ka siin ilmselt suurendamisele, keskmine aastane kasv moodustas 2,4 sü/t ehk 8 %.

Väetiste efektiivsuse tagatus suurenes samuti katseperioodi pikenedes. Enamsaak, mida mineraalväetiste või sõnnikuga võis katse I rotatsioonis (1976...1981) saada sagedusega 2...4 korral kümnest, saadi III rotatsioonis (1988...1992) juba sagedusega 7 korral kümnest. Seega ei või mineraalväetiste ja sõnniku efektiivsuse selgitamisel piirduda külvikorra ühe või kahe rotatsiooniga, sest ka keskmiste väetisannuste juures suureneb efektiivsus aastatega ega ole ilmselt ka 3. rotatsiooni lõpuks saavutanud maksimumi.

- Asmus, F., Görlitz, H., Blütchen, G. Ergebnisse aus einem 30 jährigen Dauerversuch zu Fragen der organischen Düngung auf Tieflehm-Fahlerde in Groß Kreutz. - Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., 1990, 34. Jg., Nr. 5, S. 329...336.
- Kuldkepp, P., Murdam, L. Erinevate orgaaniliste väetiste mõjust mullale ja saakidele. - Agraarteadus, 1992, III, nr. 1-2, lk. 15...33.
- Kärblane, H. Liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud lämmastiku osatähtsusest lämmastikubilansis ja põllukultuuride saagikuse suurendamisel. - Agraarteadus, 1991, II, nr. 2, lk. 169...179.
- Piho, A. Sõnniku mõju põllukultuuride saagile. - EMMTUI teaduslike tööde kogumik XXXVI. - Tln., 1975, lk. 150...160.
- Piho, A. Saagid, mullaviljakus ja väetiste efektiivsus ning nende dünaamika statsionaarsetes külvikorra väetuskatsetes. - EMMTUI teaduslike tööde kogumik XLIII. - Tln., 1978, lk. 3...23.
- Rõõs, O. Orgaaniliste väetiste toimest mulla bioloogilistele omadustele. - Põllumajandus, 1993, nr. 2, lk. 2...3.
- Sirendi, A. Mineraal- või orgaanilised väetised - vaba või sundvalik. - Põllumajandus, 1992, nr. 3, lk. 17.
- Valgus, T. Huumusesisalduse dünaamika ja külvikorra produktiivsus erinevatel väetusfoonidel. - EMMTUI teaduslikud tööd. - Tln. 1989 a, lk. 183...196.
- Valgus, T. Põllukultuuride saagikindlus erinevatel muldadel. - EMMTUI teaduslikud tööd. LXVII. - Tln., 1989 b, lk. 106...112.
- Vassiljev: Васильев, В. А. Оплата навоза прибавками урожая в севооборотах. - Агрoхимия, 1973, N 4, с. 69...77.

## DYNAMICS OF EFFECTIVENESS AND GUARANTEE OF FERTILIZERS IN CROP ROTATION ON PODZOLIC SANDY-CLAY SOIL

T.Valgus

### Summary

The dynamics of mineral fertilizer and manure effectiveness were studied in long-term fertilizer trials over 17 years. The trials were established on a highly cultivated podzolic sandy-clay soil. Field grass, a mixture of clover and timothy, constituted 33 % of the crop rotation, which helped to avoid the decrease in yield ability of the background. Therefore, the fertilizer effectiveness did not increase at the cost of a decreased yield from the background, but due to the after-effect of fertilizers.

The results verify an earlier study, according to which in fertilized variants higher yields were accompanied by higher fertilizer effectiveness. The correlation with yield was, in the case of mineral fertilizer effectiveness 0,77, and in the case of manure effectiveness 0,64.

An earlier, 8 year long study, according to which the optimum manure dose per ha was 9,4 t, was completed. As the trial conditions were improved and trial period prolonged, the after-effect of manure increased, and the optimum manure rate on podzolic sandy-clay soil turned out to be 15 t/ha.

The mineral fertilizer and manure effectiveness increased over 17 years due to the increase in the after-effect of fertilizers. The application of  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  resulted in the effectiveness of 17,5 feed units/kg<sub>N+P+K</sub>, which increased by 0,37 FU, i.e. 2 % per year.

The application of manure (15 t/ha) gave the average effectiveness of 30 FU/t, which increased 2,4 FU, i.e. 8 % per year.



The fertilizer effectiveness was better guaranteed over a longer trial period. An additional yield, obtained with mineral fertilizers or manure, could be obtained in the 1<sup>st</sup> rotation (1976...1981) with the frequency 2...4 times out of 10, but in the 3<sup>rd</sup> rotation with a frequency of 7 times out of 10.

## ДИНАМИКА И ГАРАНТИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Т. Валгус

### Резюме

В течение 17 л. в долговременном опыте по удобрению культур севооборота изучалась динамика урожая в зависимости от использования минеральных удобрений и навоза на дерново-подзолистой почве. Клевер и тимофеевка полевая, составившие в севообороте 33 %, помогли избежать снижения урожайности фона. Поэтому эффективность удобрения увеличилась в основном за счет увеличения последствия удобрений.

Подтвердилось мнение, по которому большей урожайности сопровождается и большая эффективность удобрения. Коэффициент корреляции между урожайностью и эффективностью внесения удобрений равнялся при применении минеральных удобрений 0,77, а при навозе 0,64.

Были уточнены оптимальные нормы внесения навоза. По данным 8-летнего опыта оптимальной нормой внесения навоза на дерново-подзолистой почве является 9,4 т в среднем на гектар севооборота. В результате усовершенствования агротехнологии и увеличения продолжительности последствия навоза его оптимальная норма увеличилась на этих почвах до 15 т/га.

Эффективность применения минеральных удобрений и навоза увеличилась с первой ротации к третьей из-за последствия. В среднем по севообороту при норме  $N_{60}P_{21,8}K_{49,8}$  эффективность навоза была 17,5 к.е/т, которая увеличилась в год на 0,37 к.е., или 2 %. На фоне NPK эффективность навоза (15 т на 1 га севооборота) составила 30 к.е/т, которая увеличилась в год на 2,4 к.е., или 8 %.

Гарантия эффективности внесения удобрений также повысилась при более длительном периоде опыта. Дополнительный урожай, достигнутый за счет минеральных удобрений и навоза в I ротации, удалось получить 2-4 раза из десяти возможных, а в III ротации 7 раз из десяти.