

VÄETAMISE MÕJU KARTULI MUGULASAAGILE RÄHKSEL LIIVSAVIMULLAL

M. Häusler, J. Kanger, L. Kevvai, H. Kärblane

Kartulikasvatuse muutub majanduslikult tasuvaks, kui saagitase on vähemalt 20 t ha⁻¹. Suure mugulasaagi moodustamiseks tarbib kartul rohkesti toitaineid. Nii eemaldatakse 10-tonnise mugulasaagiga mullast 40...50 kg lämmastikku, 9...11 kg fosforit ja 58...83 kg kaaliumi. Et ka toitainetevaesel mullal saada soovitud suurusega mugulasaaki, tuleb kartulit väetada. Väetiste efektiivsus sõltub mulla toitainetega varustatusest, väetisannuse suurusest ja väetistega antud toiteelementide vahekorras (N:P:K). Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada pikaajalises katses (1976...1998. a.) mineraal- ja orgaaniliste väetiste regulaarse kasutamise mõju kartuli mugulasaagile ja mugulate tähtsusesaldusele.

Metoodika ja tingimused

Pikaajaline väetuskatse rajati Rapla maakonda Kuusikule 1966. a. (Piho, 1978). Katseala muld oli keskmise huumusesisaldusega (2,7%), madala fosfori- (P_{lakt} 15,2 mg kg⁻¹) ja madala kaaliumisisaldusega (K_{lakt} 58,1 mg kg⁻¹) rähkne liivsavimull. Katse rekonstrueeriti *dr. agr.* A. Piho poolt 1975. a. Aastatel 1975...1986 anti kartulile kõigis katsevariantides (ka variandis 1) foonväetisena sõnnikut 30 t ha⁻¹. 1987. a. alates sõnnikut foonväetisena enam ei anta, vaid väetati kartulit sõnnikuga ainult variantides 10...15. Erinevates katsevariantides aastast mineraalväetistega antud toiteelementide kogused ja sõnnikuannused selguvad tabelitest 1 ja 2.

Väetiste efektiivsust asuti uurima kuueväljalises külvikorras: kartul – hiline oder – varane oder (ristiku ja timuti allakülv) – põldhein – põldhein – rukis. Kuni 1993. a. olid igal aastal kõik külvikorrakultuurid esindatud. Seega oli sellel perioodil kartul katses igal aastal. Alates 1994. a. jätkatakse pikaajalist väetuskatset kahel külvikorral (1. ja 4. väli). Katseskeemi muutmine oli põhjustatud katsetoodeks eraldatud raha vähendamisest. Viimasel katseperioodil on kartul katses olnud 1995. ja 1998. a. Aastatel 1980...1989 kasvatati kartulisorti 'Sulev', 1995 ja 1998. a. 'Andot'.

Sõnnikuga väetatud variantides kasutati tahedat (allapanuga) veisesõnnikut, mis laotati põllule vahetult enne 22...24 cm sügavust sügiskünni. Lämmastikväetisena kasutati ammooniumsalpeetrit, fosforväetisena lihtsuperfosfaati ja kaaliumväetisena kaaliumkloriidi. Mineraalväetised anti kevadel pärast esimest kultiveerimist ning viidi järgneva 8...12 cm sügavuse kultiveerimisega mulda.

Tulemused ja arutelu

Rähkne liivsavimull on põuakartlik, sest künnikihile järgnevate horisontide veemahutavus on väike. Põuastel suvedel oli kartuli mugulasaak kuue katseaasta keskmisena 25...30% väiksem kui keskmise sademetehulgaga ja vihmastel aastatel. Suhteline saagi langus oli nii väetamata kui ka mineraalväetiste ja sõnnikuga väetatud katselappidel ühesuurune.

Väetamata variandis (var. 1) oli 'Sulevi' mugulasaak 1980...1989. a. keskmisena 16,1 t ha⁻¹ ja 'Ando' saak 1995. ja 1998. a. keskmisena 11,7 t ha⁻¹ (tabelid 1 ja 2). Mineraalväetiste ja sõnnikuga väetamisel (var. 10...15) saadi hektarilt 2...2,4 korda suurem mugulasaak. Väetamata katsevariandi saagikus varieerus aastati enam kui väetatud katsevariandi oma. Variatsioonikoeffitsient (V%) oli vastavalt 32...35% ja 18...20%. Saagi kõikumist iseloomustav standardhälve (S) oli mõlemal juhul võrdne (5,5...6,5 t ha⁻¹), kuid suurema saagi korral oli standardhälve variatsioonikoeffitsiendist väiksem. Väetamata variandis oli mugulasaak kõige väiksem põuasel 1995. a. (7,0 t ha⁻¹) ning kõige suurem (26,8 t ha⁻¹) vihmasel 1979. a. Väetamata mullal vähenes mugulasaak aastate jooksul pidevalt. Regressioonanalüüsi andmetel ($r=-0,66$) vähenes mugulasaak 1976...1998. a. keskmisena 0,57 t ha⁻¹ (2,5%) aastas. Selle põhjuseks on väetiste mittekasutamisest tingitud toitainete pidev vähenemine mullas. Näiteks kui katse rajamisel oli mullas laktaatlahustuvatest toitainetest fosforit 15,2 ja kaaliumi 58,1 mg kg⁻¹, siis 1998. a. sügisel oli nende sisaldus vastavalt 6,5 ja 41,0 mg kg⁻¹.

See on signaaliks, milleni viib mahemaaviljelejate poolt propageeritav väetiste mittekasutamine. Alaneb mulla viljakus ja väheneb saak.

Väheefektiivne oli kartuli ühekülgne väetamine lämmastikväetisega (var. 2). N_{40} mõjul oli 'Sulevi' ja 'Ando' enamsaak vastavalt 0,8 ja 1,3 t ha⁻¹, mis jäi katsevea piiresse. Antud juhul saadi 1 kg N kohta 20...30 kg mugulaid. P- ja K-väetiste foonil oli N_{40} mõjul enamsaak oluliselt suurem – 1 kg N kohta saadi 100...130 kg mugulaid. See näitab, et väärtelt tegutsevad need kartulikasvatatajad, kes püüavad kartulisaaki suurendada ainult N-väetiste kasutamise abil.

Tabel 1. Väetamise mõju kartuli 'Sulev' mugulasaagile, tärglisesisaldusele ja väetisühiku efektiivsusele 1987...1989. a. keskmisena

Table 1. The influence of fertilising to the yield, content of starch and effectiveness of fertilisers of potato 'Sulev' on the average of 1987...1989

Var. <i>Treat- ment</i>	Mineraalväetistega toiteelemente, <i>kg ha⁻¹ aastas / Plant nutrients with mineral fertilisers, kg ha⁻¹ per year</i>				Sõnnik, t ha ⁻¹ <i>Manure, t ha⁻¹</i>	Mugulasaak <i>Tubers yield</i>		Tärglis, % <i>Starch, %</i>	Väetisühiku efektiivsus <i>Effectiveness of fertiliser</i>	
	N	P	K	ΣNPK		t ha ⁻¹	%		NPK	Sõnnik
									kg kg ⁻¹	kg t ⁻¹
1	0	0	0	0	0	16,1	100	21,3	–	–
2	40	0	0	40	0	16,9	105	20,7	20	–
3	40	18	0	58	0	23,3	144	20,3	356(P)	–
4	40	0	35	75	0	17,4	108	19,8	14 (K)	–
5	40	18	35	93	0	25,7	160	19,6	103	–
6	80	36	70	186	0	25,7	159	19,8	51	–
7	120	36	70	226	0	26,2	163	19,9	45	–
8	120	54	105	279	0	31,4	195	19,6	55	–
9	160	54	105	319	0	30,5	189	19,3	45	–
10	80	36	70	186	30	32,4	201	19,8	–	223
11	120	36	70	226	30	32,3	201	19,4	–	203
12	160	54	105	319	30	34,6	215	18,6	–	138
13	80	36	70	186	60	32,3	200	19,0	–	110
14	120	36	70	226	60	33,1	205	18,9	–	115
15	160	54	105	319	60	34,6	215	18,1	–	69
PD95/ LSD 95						2,4	15	0,5		

(P) ja (K) – P ja K efektiivsus N₄₀ foonil

(P) ja (K) – effectiveness of P ja K on the background of N₄₀

Tabel 2. Väetamise mõju kartuli 'Ando' mugulasaagile, tärglisesisaldusele ja väetisühiku efektiivsusele 1995. ja 1998. a. keskmisena

Table 2. The influence of fertilising to the yield, content of starch and effectiveness of fertilisers of potato 'Ando' on the average of 1995 and 1998

Var. <i>Treat- ment</i>	Mineraalväetistega toiteelemente, kg <i>ha⁻¹ aastas / Plant nutrients with mineral fertilisers, kg ha⁻¹ per year</i>				Sõnnik, t ha ⁻¹ <i>Manure, t ha⁻¹</i>	Mugulasaak <i>Tubers yield</i>		Tärglis, % <i>Starch, %</i>	Väetisühiku efektiivsus <i>Effectiveness of fertiliser</i>	
	N	P	K	ΣNPK		t ha ⁻¹	%		NPK	Sõnnik
									kg kg ⁻¹	kg t ⁻¹
1	0	0	0	0	0	11,7	100	20,2	–	–
2	40	0	0	40	0	13,0	111	20,1	34	–
3	40	18	0	58	0	20,1	172	20,5	394(P)	–
4	40	0	35	75	0	13,1	112	20,1	3(K)	–
5	40	18	35	93	0	20,6	176	20,5	95	–
6	80	36	70	186	0	20,4	174	20,4	46	–
7	120	36	70	226	0	24,2	206	19,7	55	–
8	120	54	105	279	0	24,9	212	19,9	47	–
9	160	54	105	319	0	27,1	232	19,2	48	–
10	80	36	70	186	30	23,7	202	19,6	–	110
11	120	36	70	226	30	26,3	225	19,3	–	70
12	160	54	105	319	30	28,9	247	19,5	–	60
13	80	36	70	186	60	24,8	212	18,7	–	73
14	120	36	70	226	60	25,7	220	18,7	–	25
15	160	54	105	319	60	28,1	240	19,5	–	17
PD95/ LSD 95						6,1	52	1,4		

Fosforivaesel mullal reageeris kartul väga hästi superfosfaadiga väetamisele. N_{40} foonil saadi fosforiannuse 18 kg ha⁻¹ mõjul (var. 3) 'Sulevi' ja 'Ando' enamsaagiks vastavalt 6,4 ja 7,1 t ha⁻¹ ehk 356...394 kg mugulaid 1 kg P kohta, mis on väga hea näitaja.

Kuigi katsepõllu muld oli kaaliumivaene, jäi kaaliumkloriidi efektiivsus kartuli väetamisel tavalisest (Kärblane, 1996) väiksemaks. N_{40} foonil saadi kaaliumiannuse 35 kg ha⁻¹ (var. 4) toimet kartuli 'Sulev' enamsaagiks ainult 0,5 t ha⁻¹ ehk 14 kg mugulaid 1 kg K kohta. Kahe katseaasta keskmisena ei põhjustanud K_{35} annus 'Ando' mugulasaagi usutavat suurenemist. Sama nähe ilmnis kahekümne aasta pikkuse katseperioodi jooksul neljal aastal. 1976...1998. a. keskmisena oli K_{35} annuse efektiivsus N_{40} foonil 39 kg mugulaid 1 kg K kohta.

Mineraalväetiste ühekordse annuse $N_{40}P_{18}K_{35}$ (var. 5) toimet saadi 'Sulevi' ja 'Ando' enamsaagiks vastavalt 9,6 ja 8,9 t ha⁻¹, antud juhul on väetise efektiivsuseks 95...103 kg mugulaid 1 kg NPK kohta. See näitaja on paljude katsete keskmisest (54 kg kg⁻¹) (Kärblane, 1996) 1,8...1,9 korda suurem.

Mineraalväetisannuste kahekordistamisel (var. 6) jätkus enamsaagi suurenemine – väetamata variandiga võrreldes saadi katses olnud sortide enamsaagiks 8,7...9,6 t ha⁻¹, kuid 1 kg NPK kohta saadav mugulate enamsaak vähenes, olles katseaastate keskmisena 46...51 kg.

Mineraalväetiste kolmekordse annuse (var. 8) kasutamisel suurenes kartuli 'Sulev' ja 'Ando' mugulasaak veelgi – enamsaak väetamata variandiga võrreldes oli 15,3 ja 13,2 t ha⁻¹. Enamsaak 1 kg NPK kohta jäi praktiliselt samaks, olles 47...55 kg.

Ainult mineraalväetistega väetamisel saadi suurim mugulasaak katsevariantides $N_{120}P_{54}K_{105}$ ja $N_{160}P_{54}K_{105}$ (var. 8 ja 9), kus kartuli 'Sulev' ja 'Ando' saak oli vastavalt 30,5; 31,4 ja 24,9; 27,1 t ha⁻¹. Enamsaak 1 kg NPK kohta oli sordil 'Sulev' 45...55 kg ja sordil 'Ando' 47...48 kg. Antud juhul olid saagi tase ja enamsaak küll suurimad, kuid enamsaak 1 kg NPK kohta jäi väiksemaks kui ühekordse NPK annuse ($N_{40}P_{18}K_{35}$) korral.

Saagiandmete regressioonanalüüsil selgus, et kartulimugulate realiseerimishinna 2 kr. kg⁻¹ ja 2000. a. väetiste hindade puhul on majanduslikult maksimaalsed toiteelementide normid N_{89} , P_{48} ja K_{87} . Seega, väga fosfori- ja kaaliumivaesel mullal tuleb kasutada kas lihtväetisi või kompleksväetist toitainete suhtega 1:0,54:1. Keskmise ja suure toitainetesisaldusega mullal peaks toiteelementide suhe toodust tunduvalt erinevama, sõltudes omastatavate toitainete sisaldusest mullas.

Sõnniku efektiivsust on kõnealuses katses võimalik hinnata ainult mineraalväetiste foonil. Sõnnikuannuse 30 t ha⁻¹ kasutamisel oli kartuli 'Sulev' ja 'Ando' enamsaak 1 t sõnniku kohta, sõltuvalt foonväetiste kogustest ja vahekordadest, vastavalt 138...223 ja 60...110 kg mugulaid. Kaks korda suurema sõnnikukoguse (60 t ha⁻¹) kasutamisel oli tonni sõnniku kohta saadav enamsaak vahemikus 17...115 kg mugulaid. Väiksema sõnnikuannusega (30 t ha⁻¹) väetamisel oli sõnniku efektiivsus (enamsaak 1 t sõnniku kohta) keskmiselt kaks korda suurem kui sõnnikuannuse 60 t ha⁻¹ kasutamisel. Seega sõnnikuannuse kahekordistamine ei mõjutanud arvestatavalt saagi suurust. Mineraalväetisannuste $N_{80}P_{36}K_{70}$ ja $N_{120}P_{36}K_{70}$ foonil oli sõnniku efektiivsus kahe kartulisordi keskmisena vastavalt 2,4 ja 1,4 korda suurem kui $N_{160}P_{54}K_{105}$ foonil.

Suurim mugulasaak saadi orgaaniliste ja mineraalväetiste kooskasutamisel. Näiteks saadi mineraalväetiste $N_{160}P_{54}K_{105}$ ja 30 t ha⁻¹ sõnniku mõjul (var. 12) kartuli 'Sulev' ja 'Ando' enamsaagiks vastavalt 18,5 ja 17,2 t ha⁻¹, millest 14,4 ja 15,4 t ha⁻¹ saadi mineraalväetiste arvel ning 4,1 ja 1,8 t ha⁻¹ sõnniku arvel. Antud juhul oli ühe tonni sõnniku efektiivsuseks 138 kg 'Sulevi' ja 60 kg 'Ando' mugulaid ning ühe kg NPK efektiivsuseks vastavalt 45 ja 48 kg mugulaid.

Kartulimugulate tärglisesisaldust mõjutas oluliselt ilmastik. Dispersioonanalüüsi andmetel oli ilmastiku mõju osatähtsus 50...75%. Ainult 15% tärglisesisalduse erinevustest oli tingitud erinevast väetamisest. Kartuli väetamisel mugulate tärglisesisaldus vähenes. Saagi suuruse ja tärglisesisalduse vahel oli negatiivne korrelatsioon ($r=-0,44...-0,78$). Mugulasaagi suurenemisel 10 t võrra ha kohta vähenes sortide 'Sulev' ja 'Ando' tärglisesisaldus vastavalt 1,2 ja 0,6% võrra. Väetamata ja nõrgalt väetatud variantides (var. 1...5) oli mugulate tärglisesisaldus keskmiselt 20,3%. Mineraalväetiste kolmekordse annuse ($N_{120}P_{54}K_{105}$) kasutamisel oli tärglisesisaldus sordil 'Sulev' 19,6% ja sordil 'Ando' 19,9%, seega 0,6...0,7% võrra väiksem. Suurem sõnnikuannus (60 t ha⁻¹) põhjustas NPK fooniga (variandid 6, 7, 9) võrreldes tärglisesisalduse vähenemise 0,8...1% võrra.

Järeldused

- Toitainetevaesel mullal reageerib kartul hästi nii mineraal- kui ka orgaaniliste väetistega väetamisele.
- Väetiste pikemaajasel mittekasutamisel alanes mulla viljakus ja vähenes saak.
- Aastate 1976...1998 keskmisena vähenes mugulasaak väetamata mullal 0,57 t ha⁻¹ aastas.
- Kartuli väetamisel tuleb väetisi kasutada optimaalsetes annustes ja õigesti vahekordades.
- Kartuli ühekülgne väetamine lämmastikuga on väheefektiivne. Kui hektarile anti 40 kg lämmastikku, saadi 1 kg N kohta enamsaagiks ainult 20...30 kg mugulaid.
- 40 kg N andmisel hektarile PK-väetiste foonil saadi 1 kg N kohta enamsaagiks 100...130 kg mugulaid.

- Andes fosforivaesel mullal N_{40} foonil superfosfaadiga hektarile 18 kg fosforit, saadi 1 kg P kohta enamsaagiks 356...394 kg mugulaid.
- Kaaliumkloriidiga N_{40} foonil 35 kg kaaliumi hektarile andmisel saadi 1 kg K kohta enamsaagiks 39 kg mugulaid.
- Mineraalväetiste ühekordse annuse ($N_{40}P_{18}K_{35}$) kasutamisel saadi 1 kg NPK kohta enamsaagiks 95...103 kg mugulaid.
- Kartuli kasvatamisel fosfori- ja kaaliumivaesel mullal osutus mineraalväetiste majanduslikult optimaalseks normiks $N_{89}P_{48}K_{87}$ ja mineraalväetistega antavate toiteelementide soovitatavaks suhteks (N:P:K) 1:0,54:1.
- Suurim mugulasaak saadi orgaaniliste ja mineraalväetiste kooskasutamisel.
- Väetusvariandis $N_{160}P_{54}K_{105} + 30 \text{ t ha}^{-1}$ sõnnikut saadi hektarilt 34,6 tonni kartuli 'Sulev' või 28,9 tonni kartuli 'Ando' mugulaid.
- Kartuli väetamisel mugulate tärkliisesisaldus vähenes. Saagi suuruse ja mugulate tärkliisesisalduse vahel valitses negatiivne korrelatsioon ($r=-0,44...-0,78$).

Kirjandus

Kärblane, H. (koostaja). Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. – Tallinn, 1996. – 285 lk.

Piho, A. Saagid, mullaviljakus ja väetiste efektiivsus ning nende dünaamika statsionaarsetes külvikorra väetuskatsetes. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik, XLVIII, lk. 3...23, 1978.

The Influence of Fertilising to the Yield of Potato on Calcareous Pebble Sandy Silt Loam

M. Häusler, J. Kanger, L. Kevvai, H. Kärblane

Summary

The economically optimal rate of application of mineral fertilisers was $N_{89}P_{48}K_{87}$ and the ratio between main plant nutrients 1:0.54:1. The highest yield of potato tubers was achieved by application of mineral fertilisers of $N_{160}P_{54}K_{105}$ and 30 t ha^{-1} of manure.