

## TAIMETOITAINETE BILANSIST EESTI MAAVILJELUSES

H. Kärblane, E. Hannolainen, J. Kanger, L. Kevvai

**ABSTRACT:** *Balance of plant nutrients in Estonian agriculture.* Total and active balance of plant nutrients (on the average of 1996–2000) was calculated for Estonian agriculture. It was compared with plant nutrient balance of 1960, 1965, 1970 and 1975. The calculations of the balance of plant nutrients based on the input and output of main plant nutrients. The sources of input are plant nutrients from fertilizers, seeds, precipitation, symbiotically and non-symbiotically fixed nitrogen. The sources of output are removing of plant nutrients with the yield, leaching, runoff, volatilization of N.

**Keywords:** *plant nutrients, nitrogen, phosphorus, potassium, balance, input, output.*

### Sissejuhatus

Mulla viljakus kui ka põllumajanduskultuuride saagikus on tihedalt seotud taimetoitainete ringe ja bilansiga. Taimetoitainete bilanss maaviljeluses võimaldab hinnata väetiste kasutamise taset ja väetistega antavate toiteelementide suhte otstarbekust, prognoosida väetamise mõju mullale ning on abiks nii mullaviljakuse kui ka saagikuse suurendamise planeerimisel.

Taimetoitainete bilansi arvestus eeldab ühelt poolt taimetoitainete kõigi juurdetulekuallikate, nagu väetiste, atmosfäärsetes sademetes sisalduvate toitainete, bioloogiliselt seotud lämmastikukoguste arvestamist ning nende osatähtsuse hindamist taimede toitumisel. Teiseks tuleb arvestada nii saagiga eemaldatavaid toitainetekomponente kui ka kõiki toitainete kao allikaid, nagu leostumist, ärauhumist, kadusid lendumise näol jne.

Taimetoitainete bilanssi määratakse kas üld- või aktiivse bilansi põhimõttel. Üldbilansi korral võetakse toitainete tagastamisel aluseks kõigi katteallikatega antavate toitainete üldkogused. Kuid üldbilanss ei iseloomusta taimede toitumistingimusi ja taimede varustatust omastatavate toitainetega, sest taimed on suutelised omastama ainult osa bilansi passiva poolel juurdetulevatest toitainete kogustest. Selleks aga, et hinnata taimede toitainetega varustatust ja täpsustada väetiste vajadust, kasutatakse aktiivse bilansi koostamise printsiipi. Aktiivse bilansi koostamisel tuuakse passiva poolel ainult omastatavate toitainete kogused. Omastatavate toitainete koguste määramisel lähtutakse vastava toiteelemendi üldkogusest, korrutades selle läbi vastava koefitsiendiga, mis näitab, kui suure osa antud toitainekogusest on taimed külvikorra vältel suutelised ära kasutama.

Taimetoitainete bilanss iseloomustab toitainete saldot (defitsiiti või liiga), bilansi struktuuri ja bilansi intensiivsust. Toitainete saldo kujutab endast vahet bilansi passiva ja aktiva poole vahel ning on antud töös väljendatud kilogrammides külvipinna hektari kohta. Bilansi struktuur iseloomustab aga ühe või teise katteallika või eemaldamisallika osatähtsust aktiva või passiva kogusummast. Taimetoitainete bilansi universaalseks iseloomustajaks on bilansi intensiivsuse näitaja ja ta kujutab endast katteallikate summa suhet eemaldatud toitainete kogusesse ja väljendatakse protsentides. Bilansi intensiivsust võib väljendada kas üldise või väetistega tagastamisena.

**Võtmesõnad:** taimetoitained, lämmastik, fosfor, kaalium, bilanss, eemaldamine, tagastamine.

### Metoodika

Et hinnata Eesti põllumajanduses viimastel aastatel toimunud tootmistingimuste muutuste mõju taimetoitainete bilansi kujunemisele ja saada ettekujutust praegu Eesti maaviljeluses kujunenud taimetoitainete bilansist, võeti vaatluse alla aastad 1996–2000 ja leiti taimetoitainete bilanss mainitud aastate keskmisena. Selline aastate keskmine taimetoitainete bilansi leidmine on tingitud sellest, et viimaste aastate ilmastikutingimused on olnud väga erinevad (näiteks oli 1998. a väga sademeterikas, 1999. a aga põuane), mis on oluliselt mõjutanud põllumajanduskultuuride saagikust kui ka hektarilt eemaldatavate taimetoitainete koguseid nendel aastatel. Samal ajal on aga kasutatud väetiskogused vaatlusalustel aastatel kaunis lähedased. Selline aastate keskmine bilansinäitaja annab ettekujutuse taimetoitainete bilansist enam-vähem normaalsete ilmastikutingimustega aastal.

Saagiga eemaldatud taimetoitainete koguse määramise aluseks on võetud ühelt poolt põllumajanduskultuuride külvipinnad ja kogusaagid vaatlusalustel aastatel (Eesti statistika aastaraamat 1996–2000) ja teiselt poolt mitmetes juhendmaterjalides (Kärblane, 1996; Peterburgskij; 1979, Piho, 1976) toodud arvud, iseloomustamaks saagiga äraviidavat taimetoitainete kogust, arvestatuna 1 tonni põhitoodangu kohta. Nimetatud näitajate ja üksikute kultuuride kasvupinna alusel leiti aastas hektarilt saagiga eemaldatud toitainete kogused ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Statistika andmetel väetistega hektarile antud toitainete kogustest on maha arvatud väetiste transpordil ja säilitamisel esinevad kaod, milliste ulatuseks mineraalväetiste lämmastiku osas on arvestatud 4%, PK puhul aga 2%.

Orgaaniliste väetiste toiteelementide sisalduseks on võetud N – 0,5, P – 0,1 ja K – 0,5% ning orgaaniliste väetiste säilitamisel ja transpordil esinevateks toiteelementide kadude ulatuseks N puhul 39% ja P ning K puhul vastavalt 12 ja 24%.

Taimetoitainete kadude ulatuse määramisel on lähtutud Eesti Maaviljeluse Instituudi uurimistulemustest (Kärblane, 1996).

Lämmastikukadude ulatuseks lendumise teel on arvestatud 20% väetistega antud lämmastiku kogusest. Toiteelementide kaoks leostumise teel on arvestatud 1,5% väetistega antud lämmastikust, 0,2% fosforist ja 4% kaaliumist. Ärauhumise ehk erosiooni ulatuseks on võetud vastavalt 1,0; 0,3 ja 0,8% väetistega antust.

Liblikõieliste poolt seotud lämmastiku koguse arvutamisel on aluseks võetud liblikõieliste kultuuride külvipinnad ja kogusaigid. Liblikõielistes taimedes sisalduva lämmastiku alusel leiti nende poolt fikseeritud lämmastiku kogus, kusjuures fikstsiooni koefitsiendiks on võetud 0,66 (Kärblane, 1991). Leiti, et liblikõielised fikseerisid lämmastikku koguses, mis arvestatuna külvipinna hektarile moodustab vabariigi keskmisena 20 kg.

Peale liblikõieliste on bioloogilise lämmastiku sidumisel teatud osa ka mullas vabalt elavatel lämmastikusidujatel bakteritel – asotobakteril ja *Clostridium Pasteurianum*'il. Mullas vabalt elavate lämmastikusidujate bakterite poolt seotud lämmastiku kogus sõltub bakterite elutegevuseks vajaliku energeetilise materjali (süsivesikute) juurdetulekust mulda. Arvestades viimastel aastatel kasutatud sõnniku koguseid ja mulda sattunud taimejäänuste hulka, aga ka seda, et paljudes muldades esinevad ebasoodsad tingimused asotobakteri tegevuseks, võibki arvestada, et mittesümbiootilised mullas vabalt elavad lämmastikusidujad bakterid seovad lämmastikku koguses, mis külvipinna hektarile arvestatuna moodustaks keskmiselt 2 kg aastas.

Vähesel määral satub lämmastikku mulda ka sademetega. Kirjanduse andmetel (Frey jt, 1988; Peterburgskij, 1979; Tjurin jt 1962) sattus varasematel aastatel Eestis ja tollaegse NSV Liidu Euroopa osas sademetega mulda keskmiselt 4 kg lämmastikku hektari kohta aastas. Et viimastel aastatel on tööstuse poolt õhku paisatud lämmastiku hulk vähenenud, võib praegu sademetega hektarile langevaks lämmastikukoguseks võtta 3 kg.

Väike kogus taimetoitaineid satub mulda ka seemnega. Võttes aluseks külvipinna struktuuri, seemne normi ja keemilise koostise võibki arvestada, et teraviljaseemne ja seemnekartuliga satub külvipinna hektaril mulda keskmiselt 3 kg N, 0,5 kg P ja 2,5 kg K.

Aktiivse bilansi arvutamisel on taimede poolt omastatavate toitainete koguste määramisel lähtutud üldbilansi arvutusel saadud toitainete kogusest, mis on läbi korrutatud vastavas tagastamisallikas oleva ühe või teise toitaine omastatavust iseloomustava koefitsiendiga. Viimaseid on saadud mitmetest kirjandusallikatest (Kärblane, 1996; Peterburgskij, 1979; Piho, 1976).

## Uurimistulemused

### Lämmastikubilanss

Aastate 1996–2000 aastakeskmist lämmastikubilanssi Eesti taimekasvatuses iseloomustavad tabelis 1 toodud arvud. Selgub, et kõige enam eemaldatakse lämmastikku saagiga. Et viimastel aastatel on väetiste kasutamine olnud tagasihoidlik, on ka lämmastiku lendumisest tingitud kaod suhteliselt väikesed, moodustades 9% hektarilt eemaldunud lämmastiku kogusest.

Leostumisest tingitud lämmastikukaod on meie ilmastikutingimuste juures paratamatud, kuid väetiste nõuetekohase kasutamise korral on need suhteliselt väikesed – vaatlusaluste aastate keskmisena 1,4% väetistega antud lämmastikust. Erosioonist tingitud lämmastikukaod sõltuvad reljeefist. Suuremad on need künklikel aladel, väiksemad aga tasastel maadel. Tabelis 1 on toodud Eesti keskmisena haritava maa hektarilt ära uhutav lämmastikukogus. Tabeli 1 andmetest selgub ka, et mineraalväetistega tagastatakse praktiliselt sama suur kogus lämmastikku, kui seda seotakse sümbiootiliselt liblikõieliste taimede poolt. Selline olukord ei ole tingitud mitte liblikõieliste kultuuride osatähtsuse suurenemisest külvikorras, vaid mineraalsete lämmastikväetiste vähesest kasutamisest. Vähenenud on ka orgaaniliste väetistega hektarile antavad lämmastikukogused. Lämmastiku teised tagastamisallikad omavad suhteliselt väikest osatähtsust.

Lämmastiku eemaldamis- ja tagastamisallikate kokkuvõttena on meil viimastel aastatel kujunenud negatiivne lämmastikubilanss ja seda nii aktiivse kui ka üldbilansi järgi. Selline negatiivne lämmastikubilanss on põllukultuuride üheks väikeste saakide põhjuseks.

A. Piho (1976) poolt tehtud stationaarsete põldkatsete andmete analüüs näitas, et lämmastikubilanss on optimaalne (tasakaaluline), kui lämmastiku tagastamise protsent üldbilansi järgi kõigub 115–150 vahel ja kasutatava lämmastiku alusel 65–80 vahel. Viimastel aastatel on lämmastiku tagastamise protsent optimaalsest väiksem.

**Tabel 1.** Lämmastikubilanss (kg külvipinna hektarile) Eesti maaviljeluses aastate 1996-2000 keskmisena  
**Table 1.** Balance of nitrogen (kg per hectare of sowing area) in Estonian agriculture in 1996–2000 as an average

**I. Eemaldamine / Output**

1. Saagiga / <i>By yield</i>	55,4
2. Kaod lendumise teel / <i>By volatilization</i>	5,7
3. Leostumine / <i>By leaching</i>	0,4
4. Ärauhumine / <i>By runoff</i>	0,3
Kokku / <i>Total</i>	61,8

**II. Tagastamine / Input**

	Üldbilansi järgi <i>By total balance</i>	Aktiivse bilansi järgi <i>By active balance</i>
1. Mineraalväetistega / <i>By min. fertilizers</i>	19,4	9,7
2. Orgaaniliste väetistega / <i>By org. fertilizers</i>	9,3	5,6
3. Sümbiootiliselt seotud bioloogiline lämmastik / <i>By symbiotically fixed N</i>	20,0	10,0
4. Mittesümbiootiliselt seotud bioloogiline lämmastik / <i>By non-symbiotically fixed N</i>	2,0	1,0
5. Atmosfäärsete sademetega / <i>By precipitation</i>	3,0	0,1
6. Seemnetega / <i>By seeds</i>	3,0	2,4
Kokku / <i>Total</i>	56,7	28,8
Saldo / <i>Balance</i>	-5,1	-33,0
Tagastamise % / <i>% of input</i>	92	47
Väetistega tagastamise % <i>% of input by fertilizers</i>	46	25

**Fosforibilanss**

Fosforit eemaldatakse meil peamiselt ainult saakidega. Et fosfor on mullas väheliikuv, siis väetiste nii väikestes kogustes kasutamisel, nagu seda praegu tehakse, fosfori kaod leostumise näol praktiliselt puuduvad. Ärauhumisest tingitud fosforikadusid võib praegu hinnata 0,1 kg külvipinna hektarilt aastas (tabel 2).

**Tabel 2.** Fosforibilanss (kg külvipinna hektarile) Eesti maaviljeluses aastate 1996-2000 keskmisena  
**Table 2.** Balance of phosphorus (kg per hectare of sowing area) in Estonian agriculture in 1996–2000 as an average

**I. Eemaldamine/Output**

1. Saagiga / <i>By yield</i>	9,7
2. Leostumine / <i>By leaching</i>	0
3. Ärauhumine / <i>By runoff</i>	0,1
Kokku / <i>Total</i>	9,8

**II. Tagastamine/Input**

	Üldbilansi järgi <i>by total balance</i>	Aktiivse bilansi järgi <i>by active balance</i>
1. Mineraalväetistega / <i>By min. fertilizers</i>	1,6	0,6
2. Orgaaniliste väetistega / <i>By org. fertilizers</i>	2,6	1,3
3. Seemnetega / <i>By seeds</i>	0,5	0,4
Kokku / <i>Total</i>	4,7	2,3
Saldo / <i>Balance</i>	-5,1	-7,5
Väetistega tagastamise % <i>% of input by fertilizers</i>	43	19

Fosfori tagastamisallikatena esinevad peamiselt väetised. Et kasutatavad mineraalväetiste kogused on meil väga väikesed, tagastatakse fosforit orgaaniliste väetistega 1,6 korda rohkem kui mineraalväetistega. Et fosforit tagastame peamiselt ainult väetistega, siis iseloomustame ka bilansi intensiivsust just väetistega tagastatud fosfori näol.

Tabelis 2 toodud andmetest nähtub, et ka fosforibilanss on viimastel aastatel olnud negatiivne.

A. Piho (1976) luges fosforibilanssi rahuldavaks, kui väetistega tagastatav üldfosfori hulk on vähemalt kaks korda suurem saakidega eemaldatud kogusest ning omastatava fosforiga kaetakse 75–85% saagiga eemaldatud fosforist.

Selline negatiivne fosforibilanss, kus aastas väetistega tagastatakse ainult 43% eemaldatavast fosforikogusest, põhjustab muldade pideva fosforist vaesestumise ja mullaviljakuse languse.

### Kaaliumibilanss

Eespool toodud seisukohtadest lähtudes koostati ka kaaliumibilanss. Bilanssi iseloomustavad andmed on toodud tabelis 3. Selgub, et aastate 1996–2000 keskmisena eemaldati külvipinna hektarilt saakidega 44,4 kg kaaliumi. Tühised on kaaliumi kaod aga leostumise ja ärauhutumise teel.

Põhiline osa mullast eemaldatud kaaliumist tagastati väetistega, eeskätt just orgaaniliste väetistega. Teiste katteallikate osatähtsus on väiksem. Kaaliumibilansi passiva poolel ei ole arvestatud lubiväetistega antud kaaliumikoguseid ja seda põhjusel, et lubiväetisi kasutatakse enamasti just piirkondades, kus levivad ulatuslikumalt kergema lõimisega mullad ja kus kaaliumikaod leostumise näol on keskmisest suuremad. Sellistel aladel katab lubiväetistega antav kaaliumikogus enam-vähem ulatuslikumast leostumisest tingitud kaaliumikaod.

Samuti selgub, et kaaliumibilanss oli vaatlusaluste aastate keskmisena negatiivne ja väetistega tagastatud kaalium moodustas eemaldatud kaaliumi kogusest üldbilansi järgi 33 ja aktiivse bilansi järgi ainult 20%.

Kaaliumibilanssi loetakse optimaalseks, kui väetistega tagastatav üldkaalium moodustab 100–105 ja taimede poolt omastatav kaalium 70–100% eemaldatavast kaaliumikogusest.

**Tabel 3.** Kaaliumibilanss (kg külvipinna hektarile) Eesti maaviljeluses aastate 1996–2000 keskmisena  
**Table 3.** Balance of potassium (kg per hectare of sowing area) in Estonian agriculture in 1996–2000 as an average

#### I. Eemaldamine / Output

1. Saagiga / By yield	44,4
2. Leostumine / By leaching	0,6
3. Ärauhumine / By runoff	0,1
Kokku / Total	45,1

#### II. Tagastamine / Input

	Üldbilansi järgi by total balance	Aktiivse bilansi järgi by active balance
1. Mineraalväetistega / By min. fertilizers	3,6	2,2
2. Orgaaniliste väetistega / By org. fertilizers	11,4	6,8
3. Atmosfäärsete sademetega / By precipitation	2,0	0,2
4. Seemnetega / By seeds	2,5	2,0
Kokku / Total	19,5	11,2
Saldo / Balance	-25,6	-33,9
Väetistega tagastamise % % of input by fertilizers	33	20

### Taimetoitainete bilansi muutus aastatel 1960–2000

Taimetoitainete bilanssi Eesti maaviljeluses on määratud ka varem. Aastate 1960, 1965, 1970 ja 1975 kohta on teinud seda A. Piho (1976) ning 1985. aasta kohta H. Kärblane ja L. Kevvai (1988). Et vaatlusalusel perioodil on põllukultuuride saagikus varieerunud, on ka aastati saakidega eemaldatud taimetoitainete kogused erinevad. Erinevates hulkades ja vahekordades on kasutatud ka väetisi. Kõik see on põhjustanud erinevusi ka taimetoitainete bilansis. Tabelis 4 on toodud toitainete bilansi olulisemate komponentide (saagiga eemaldamine ja väetistega tagastamine) suurused vaatlusalustel aastatel. Saldo (bilansi aktiiva ja passiva vahe) kui ka väetistega tagastamise protsent on toodud aga kõiki bilansikomponente arvestades.

Toodud andmetest selgub, et kõige vähem on toitainete saakidega eemaldatud 1960. a. Toitainete suhteliselt väike eemaldamine oli tingitud põllukultuuride madalast saagikusest nimetatud aastal. Nii saadi 1960. a Eesti keskmiseks teravilja saagiks 1,33, kartulisaaigiks 13,1 ja mitmeaastaste põldheinte saagiks 2,0 t ha<sup>-1</sup>, mis on väiksemad isegi aastate 1996–2000. a saakidest.

Aastatel 1974 ja 1985, millal väetisi kasutati rikkalikumalt, suurenesid põllukultuuride saagid ja saagiga eemaldatavad toitainete kogused.

Vaatamata sellele, et aastatel 1996–2000 kasutati väetisi, eriti fosfor- ja kaaliumväetisi, vähem kui 1960. a, eemaldati esimesena nimetatud aastatel taimetoitainete saagiga enam kui 1960. a. Sellise nähte üheks põhjuseks on see, et 1970- ja 1980-ndate aastate positiivne fosfori- ja kaaliumibilanss oli muldi rikastanud laktaatlahustuvate (omastatavate) fosfori- ja kaaliumiühenditega, mille positiivne mõju taimede fosfori ja kaaliumiga varustatusele avaldub veel praegugi. Ka on viimastel aastatel hakatud väetisi hoolikamalt kasutama. Paranenud on kasutatavate väetiste kvaliteet ning suurenenud paikväetamise osatähtsus. Kõik see tingiski nähte, et aastate 1996–2000 keskmine teraviljasaak ületas 1,3 korda 1960. a teraviljasaake.

**Tabel 4.** Taimetoitainete bilansi muutus aastati  
**Table 4.** Changes of plant nutrient balance in time

Aasta/Year	Saagiga eemalda- mine <i>Output by yield kg ha<sup>-1</sup></i>	Väetistega tagastamine <i>Input by fertilizers kg ha<sup>-1</sup></i>		Saldo/Balance <i>kg ha<sup>-1</sup></i>		Väetistega tagastamise % <i>Input by fertilizers, %</i>	
		üld- bilansi järgi <i>by total balance</i>	aktiivse bilansi järgi <i>by active balance</i>	üld- bilansi järgi <i>by total balance</i>	aktiivse bilansi järgi <i>by active balance</i>	üld- bilansi järgi <i>by total balance</i>	aktiivse bilansi järgi <i>by active balance</i>
<b>Lämmastikubilans / Balance of nitrogen</b>							
1960	43	38	17	+14	-16	89	40
1965	55	69	33	+33	-12	126	60
1970	60	107	54	+70	+6	180	90
1974	73	120	63	+75	+4	164	86
1985	69	140	73	+68	-17	121	68
Keskmiselt <i>Average</i>							
1996–2000	55,4	28,7	15,3	-5,1	-33	46	76
<b>Fosforibilans / Balance of phosphorus</b>							
1960	6,8	18,3	5,1	+11,5	-1,7	271	76
1965	9,1	24,4	6,5	+15,3	-2,6	269	72
1970	9,5	24,9	7,1	+15,4	-2,4	262	75
1974	11,4	22,2	8,5	+10,8	-2,9	195	75
1985	14,3	32,0	13,4	+17,9	-0,8	220	92
Keskmiselt <i>Average</i>							
1996–2000	9,7	4,2	1,9	-5,1	-7,5	43	19
<b>Kaaliumibilans / Balance of potassium</b>							
1960	38,2	41,5	29,1	+3,3	-9,1	108	76
1965	49,0	60,6	42,3	+11,6	-6,7	124	86
1970	51,5	83,0	58,1	+31,5	+6,6	161	113
1974	60,6	102,9	71,4	+42,3	+10,8	170	118
1985	63,1	118,0	70,8	+52,5	+3,4	170	102
Keskmiselt <i>Average</i>							
1996–2000	44,4	15,0	9,0	-26,6	-33,9	33	20

Võrreldes Eestis 1985. aastal kujunenud lämmastikubilanssi A. Piho poolt 1970. ja 1974. aasta kohta leitud lämmastikubilansiga, selgub, et see oli 1985. a vähem positiivne kui varem. Lämmastiku väetistega tagastamise protsent üldbilansi järgi oli 1970. ja 1974. aastal vastavalt 180 ja 164, 1985. a aga ainult 121. 1985. a vähem positiivne lämmastikubilans on tingitud eeskätt sellest, et A. Piho oli lämmastiku eemaldamise allikana arvestanud ainult saagiga eemaldamist, 1985. a bilansiarvestuses lisandus nimetatud eemaldamisallikale veel ka teisi lämmastikukao komponente (lämmastiku gaasiline lendumine, leostumine, ärahtumine). Siinkohal peab rõhutama, et sageli mitteamaldatav, kuid seejuures oluliseks lämmastikukaoks, eriti väetiste rikkalikuma kasutamise juures, on kadu lendumise teel, mis moodustab 20–25% väetistega antud lämmastikust.

Kui võrrelda lämmastikubilanssi aastate lõikes, siis selgub, et see oli aastatel 1965 ja 1985 tasakaaluline. Tasakaalulise lämmastikubilansi puhul on lämmastik teiste saaki limiteerivate teguritega enam-vähem kooskõlas. Aastatel 1970 ja 1974 oli lämmastikubilans positiivne, sest väetistega antud lämmastikukogus ületas 1,6–1,8 korda eemaldatava koguse. Positiivne lämmastikubilans kujuneb juhul, kui saaki limiteerivad mingid teised tegurid peale lämmastiku. Aastatel 1960 ja 1996–2000 oli lämmastikubilans negatiivne, sest isegi üldbilansi järgi tagastati väetistega lämmastikku vähem, kui seda eemaldati. Negatiivne lämmastikubilans kujuneb juhul, kui saaki limiteerib lämmastik.

Et varasematel aastatel kasutati meil fosforväetisi piisavalt, oli fosforibilans enamasti rahuldav. Kui hinnata fosforibilanssi üldbilansi alusel, oli see aastatel 1960, 1965 ja 1970 isegi positiivne, aktiivse bilansi järgi hinnatuna aga tasakaaluline. Nähte, et fosforibilans üldbilansi järgi oli positiivne, aktiivse bilansi alusel aga tasakaaluline, tingis asjaolu, et mainitud aastatel kasutati fosforväetisena rohkesti ka fosforiidijahu, mille fosfori kasutatavus taimede poolt on aga väga väike (1–5%). Näiteks anti 1965. a Eestis külvipinna hektarile fosforit (P)

superfosfaadiga 10,9 ja fosforiidijahuga 8,7 kg. Tingituna fosforiidijahu suurest osatähtsusest fosforväetiste seas kujunes fosfori saldo üldbilansi järgi positiivseks (+15,3), aktiivse bilansi järgi aga negatiivseks (-2,6 kg ha<sup>-1</sup>).

Aastate 1996–2000 negatiivne fosforibilanss on tingitud fosforväetiste vähesest kasutamisest. See aga põhjustab mullaviljakuse alanemist ja takistab soovitud saakide saamist.

Aastatel 1960 ja 1965 kujunenud kaaliumibilanss rahuldab tollal valitsenud kultuuride vahekorra ja saagitaseme juures taimede kaaliumitarbe. Aastatel 1970, 1975 ja 1985 oli kaaliumibilanss optimaalsest positiivsem, mis põhjustas mulla kaaliumiga rikastumise. Viimastel aastatel (1996–2000) on pilt olnud aga vastupidine: kaaliumibilanss oli negatiivne, mis põhjustas muldade vaesestumist kaaliumi suhtes.

Viimastel aastatel on kõigi vaatlusaluste taimetoitainete bilanss olnud negatiivne, kuid kõige negatiivsem on olnud just kaaliumibilanss. Tugevalt negatiivne kaaliumibilanss hakkab alandama just rohkesti kaaliumi vajavate kultuuride (heintaimed, rühvelkultuurid) saake.

## Kokkuvõte ja järeldused

Taimetoitainete bilansi arvutustest selgub järgmist.

1. Aastatel 1996–2000 on nii lämmastiku-, fosfori- kui ka kaaliumibilanss Eesti maaviljeluses olnud tugevasti negatiivne.
2. Nimetatud aastate keskmisena on taimetoitainete saldo üldbilansi järgi olnud lämmastiku osas - 5,1, fosforil -5,1 ja kaaliumi isegi -25,6 kg ha<sup>-1</sup>. Aktiivse bilansi järgi on vastavad arvud aga -33,0; -7,5 ja -33,9 kg<sup>-1</sup>.
3. Üldbilansi järgi moodustab väetistega tagastatu eemaldunud N, P ja K kogusest vastavalt 92, 43 ja 33%.
4. Taimetoitainete tugevalt negatiivne bilanss viimastel aastatel manitseb meid väetiste rikkalikumale kasutamisele.
5. Eriti negatiivseks on viimastel aastatel kujunenud kaaliumibilanss. See aga hakkab alandama just rohkesti kaaliumi vajavate kultuuride (rühvelkultuurid, heintaimed jt) saake.
6. Võrreldes aastate 1996–2000 keskmisena kujunenud taimetoitainete bilanssi varasemate aastate omaga, selgub, et viimastel aastatel on see olnud negatiivsem kui varasematel aastatel.
7. Taimetoitainete bilansi struktuurist selgub, et bilansi aktiiva poolel moodustavad tähtsama komponendi saagiga eemaldatavad toitainekogused. Taimetoitainete tagastamisallikatest on olulisemaks osutunud väetised.
8. Hinnata saab ka orgaaniliste väetiste osatähtsust toitainete bilansis. Varasematel aastatel ületasid mineraalväetistega hektarile antud taimetoitainete kogused orgaaniliste väetistega antud koguseid. 1985. aastal ületas mineraalväetistega hektarile antud lämmastikukogus orgaaniliste väetistega antut ligemale 3, fosforikogus 2 ja kaaliumikogus 1,7 korda. Aastatel 1996–2000 oli orgaaniliste väetiste osa fosfori- ja kaaliumibilansis mineraalväetiste omast suurem. Nimetatud aastate keskmisena anti kaaliumi külvipinna hektarile orgaaniliste väetistega 11,4, mineraalväetistega aga ainult 3,6 kg.
9. Et lämmastikubilansis võib liblikõieliste poolt seotud sümbiootiline lämmastik etendada tähtsat osa (sümbiootilise lämmastiku osatähtsus kogu tagastatavast lämmastikust oli 1985. a 14% ja 1996–2000. a keskmisena isegi 35%), tuleb lämmastikubilansi tasakaalustamiseks külvikorras suurendada liblikõieliste osatähtsust.
10. Praegune äärmiselt tagasihoidlik väetiste kasutamine põhjustab taimetoitainete negatiivse bilansi ega taga mullaviljakuse säilimist.

## Kirjandus

Eesti statistika aastaraamat. 1996–2000.

Frey, J., Frey, T., Rästa, E. Tähtsamate saasteainete koormus 1987. a. sademetes. – Kaasaegse ökoloogia probleemid. Tartu, lk 20–23, 1988.

Kärblane, H., Kevvai, L. Taimetoitainete bilanss intensiivselt kasutataval maal. – Teaduse saavutusi ja eesrindlikke kogemusi. Nr 29. Maaviljelus. Tallinn, lk 21–27, 1988.

Kärblane, H. Liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud lämmastiku osatähtsusest lämmastikubilansis ja põllukultuuride saagikuse suurendamisel. – Agraarteadus, 2, lk 169–178, 1991.

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

Peterburgskij: Петербургский А. В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. Наука, Москва, 1979. – 168 с.

Piho, A. Toitainetebilanss Eesti NSV taimekasvatuses. – Sotsialistlik Põllumajandus, 2, lk 57–62, 1976.

Tjurin, Mihnovskij, Jartseva: Тюрин И. В., Михновский В. К., Ярцева А. К. Из результатов работ по изучению азотного баланса в дерново-подзолистых почвах при их сельскохозяйственном использовании. – Почвоведение, 8, стр. 63–72, 1962.

## Balance of Plant Nutrients in Estonian Agriculture

H. Kärblane, E. Hannolainen, J. Kanger, L. Kevvai

### Summary

Soil fertility and crop yield are tightly related with the cycle and balance of plant nutrients. The balance of plant nutrients enabled to evaluate the level of usage of fertilizers and rational relationship of applied plant nutrients, prognosticate the influence of applied fertilizers to the soil and plan of increasing of crop yield and soil fertility.

The balance of plant nutrients can be calculated in 2 ways. In the case of total balance the total amount of plant nutrients are taken into account calculating the input. In the second case, in active balance, only available forms of plant nutrients are taken into account as an input source.

The average balance of plant nutrients for years 1996–2000 was calculated to except the influence of extremely weather conditions (1998 – high level of precipitation, 1999 – very dry). The crop yield, and consequently the output of plant nutrients were influenced by weather condition. In the same time the application rate of fertilizers were approximately equal. The output of plant nutrients based on the sowing area, total yield of crops (Eesti statistika aastaraamat 1996–2000) and the output coefficients (Kärblane, 1996; Peterburgskij, 1979, Piho, 1976). The input is based on statistical data of application of fertilizers. The losses of plant nutrients from mineral fertilizers during the transportation and storage made 4% of N and 2% of P and K. The concentration of plant nutrient in organic fertilizers was 0.5% of N, 0.1% of P and 0.5% of K. The losses of plant nutrients from organic fertilizers during the transportation and storage made 39% of N and 12% of P and 24% of K. The calculation of losses based on the investigation of Estonian Research Institute of Agriculture (Kärblane, 1996).

The fixation of N by legumes was taken into account in calculations. The fixation coefficient of legumes was 0.66 (Kärblane, 1991) and the total input made on the average 20 kg of N per ha of arable land.

N fixation by non-symbiotic bacteria (*Azotobacter sp.*, *Clostridium Pasterianum*) made only 2 kg of N per ha of arable land because of unfavourable living conditions of *Azotobacter* in several soil types of Estonia.

The input of N by precipitation was on the average of 4 kg per ha in the 70ies and 80ies (Frey, Frey, Rästa, 1987; Peterburgskij, 1979; Tjurin, Mihnovskij, Jartseva, 1962). Because of decreasing rates of N fluxes to the atmosphere the amount of 3 kg of N per ha was taken into account in the calculations.

Relatively small amount of plant nutrients entered into the soil by seeds also. Depending on the structure of sowing area, rate and chemical composition of seeds the input rate was 3 kg of N, 0.5 kg of P and 2.5 kg of K per ha of arable land in the average.

It is clear from the calculations that the balance of nitrogen in Estonian agriculture was negative in 1996–2000 (Table 1). The input of N was only 46% by the calculations of total balance and 25% by active balance from output which means that the balance of N was  $-5.1$  and  $-33.0$  kg ha<sup>-1</sup> consequently as an average of 1996–2000. The data from tables 2 and 3 show that the balance of phosphorus and potassium was negative during last years also. The input by fertilizers made only 43% phosphorus and 33% of potassium removed. The negative balance of plant nutrients caused the low productivity of crops and decreased the concentration of soil plant nutrients.

Comparing the average balance of plant nutrients of 1996–2000 with the balance of earlier years it became evident that the deficit in the balance grows by years (Table 4). Extremely deficient was the balance of potassium. It influenced to the crops with high need of this element such as potato and grasses at first.

It became evident from the structure of the balance of plant nutrients that the main source of output made the nutrients removed by plants, the main source of input made fertilizers.