

## VÄETAMISE MÕJU MULLA HUUMUSSEISUNDILE

J. Kanger, H. Kärblane, L. Kevvai, A. Püssa

**ABSTRACT.** *Influence of fertilization to the soil's humus content.* The trial was carried out on the podzolic sandy loam ( $pH_{KCl}$  6.2–6.5 and the content of humus 1.52–1.60%) in Antsla Experimental Station. The depth of the ploughing layer was 32 cm. The concentration of plant nutrient was 49–72 mg kg<sup>-1</sup> of P and 145–175 of K in the ploughing layer. The trial prolonged 2 rotations (12 years) and the rotation fields were potato, late barley, early barley (timothy under sown), timothy (2 years), and winter rye. The changes in soil's humus content were investigated on 2 backgrounds: non-fertilized and fertilized with mineral fertilizers. Solid manure was applied once in the rotation in doses of 30, 60 and 90 t ha<sup>-1</sup>. The balance of soil humus was found by methods based on soil analyses and calculations.

*It was found out that the changes in soil humus content depended also on fertilizers applied. The humus content decreased 0.015% per years on non-fertilized plots. In the rotation of 50% of grain crops, 33% of timothy and 17% of potato the application of mineral fertilizers in the rate of 95 kg ha<sup>-1</sup> of N, 28,3 kg ha<sup>-1</sup> of P and 74,2 kg ha<sup>-1</sup> of K on the average per year or manure in the rate of 15 t ha<sup>-1</sup> per year guaranteed the equilibrium of humus balance in the soil. The lower rates of application of manure (5–10 t ha<sup>-1</sup> per year) didn't guarantee the equilibrium of humus balance in the soil.*

**Keywords:** soil humus, mineral fertilizers, manure, crop rotation, humus balance.

Orgaaniline aine etendab mulla tahkes faasis tähtsat osa. Mulla orgaanilise aine peamiseks allikaks on taimed. Taimedest ja vähesemal määral ka loomadest pärinev orgaaniline aine ladestub kas mulla pinnale või selle pindmisse kihti. Taim- ja loomajäänused mullas alluvad lagunemisprotsessidele, mille tagajärjel osa orgaanilist ainet mineraliseerub, osa aga kasutatakse mikroorganismide vahendusel uute orgaaniliste ainete – huumusainete – moodustamiseks. Seega võime mulla orgaanilise aine jaotada kahte ossa: 1) lagunemata ja poollagunenud taimsed ning loomsed jäänused ja 2) huumus. Et huumusained moodustavad peamise osa (85–95%) põllumuldade orgaanilise aine varust ja et poollagunenud taimejäänused on mullast ja huumusainetest raskesti eraldatavad, siis sageli kasutatakse mulla orgaanilise aine sisalduse näitajat ka mulla huumusesisalduse iseloomustamiseks.

Huumuse mõju mullale ja saagile seisneb selles, et ta etendab tähtsat osa mulla tekkimisel. Orgaaniline aine, eriti huumus, soodustab kivimite murenemist, mulla mineraalosa lagunemist ja ainete migratsiooni. Mulla orgaaniline aine parandab mulla füüsikalisi omadusi ja on taimetoitainete peamiseks varamuks. Huumusained mõjuvad taimedele ka kasvustimulaatoritena ning soodustavad toitainete tungimist taimejuurtesse, seega huumusesisaldusest oleneb suurel määral mulla viljakus.

Orgaaniline aine ja huumus on mullas suhteliselt muutuv ja ka muudetav osa. Orgaanilise aine hulk mullas oleneb selle tekkimise ja lagunemise vahekorra. Kiirel ja täielikul lagunemisel ei kuhju mulda orgaanilist ainet, kuid halvasti õhustatud muldades laguneb orgaaniline aine aeglaselt ja seal koguneb seda suuremal hulgal. Mulla huumusesisaldust saame mõjutada ka mitmete agrotehniliste võtete abil, neist olulisemaks on õige kultuuride valik külvikorras ja oskuslik väetamine.

Et põllumulla orgaanilisest ainest moodustab põhilise osa (85–95%) huumus, siis järgnevalt iseloomustamegi mulla orgaanilise aine majandust mulla huumusesisundi kaudu. Mulla huumusesisundit iseloomustavad nii kvalitatiivsed (huumuse koostis) kui ka kvantitatiivsed [huumusesisaldus (%), huumusevaru (kg ha<sup>-1</sup>, t ha<sup>-1</sup>) ja huumusbilanss]. Järgnevalt vaatlemegi väetamise mõju saviliivloomisega automorfse põllumulla huumusesisundi kvalitatiivsetele näitajatele. Selleks korraldati Eesti Maaviljeluse Instituudi Antsla katsepunktis pikaajaline väetuskatse.

**Võtmesõnad:** mulla huumusesisaldus, mineraalväetised, sõnnik, külvikord, huumusbilanss.

### Metoodika

Katseala mullaks oli leetunud saviliiv, mille  $pH_{KCl}$  oli 6,2–6,5 ja mille künnikihi sisaldus 1,52–1,60% huumust. Et katseala oli varem sügavalt küntud, oli künnikihi tuseduseks 32 cm. Laktaatlahustuvatest toitainetest sisaldus künnikihi mullas fosforit (P) 49–72 ja kaaliumi (K) 145–175 mg kg<sup>-1</sup>. Seega oli katseala muld katse rajamisel huumusvaene, suure fosfori- ja keskmise kaaliumisisaldusega.

Katse läbis kaks 6-väljalist rotatsiooni (12 aastat) ja külvikorras kasvatati kartulit, seejärel hilist otra, varast otra timuti allakülviga, kaks aastat timutit ja siis talirukist.

Künnikihi huumusesisundit jälgiti järgmistes väetusvariantides:

1. 0 (väetamata)
2. NPK
3. Sõnnik 30 t ha<sup>-1</sup>
4. Sõnnik 60 t ha<sup>-1</sup>
5. Sõnnik 90 t ha<sup>-1</sup>
6. NPK + sõnnik 30 t ha<sup>-1</sup>
7. NPK + sõnnik 60 t ha<sup>-1</sup>
8. NPK + sõnnik 90 t ha<sup>-1</sup>

Katses kasutati allapanuga (tahedat) veisesõnnikut, milles oli kuivainet I rotatsioonis kasutatud 28,4 ja II rotatsioonis kasutatud 25,0%. Sõnnik anti külvikorras kartulile.

Mineraalväetistega väetatud (NPK) variandis kasutati ammooniumsalpeetrit, lihtsuperfosfaati ja kaaliumkloriidi, millega anti külvikorra keskmisena aastas hektari kohta 95 kg N, 28,3 kg P ja 74,2 kg K.

Katse rajamisel ja kummagi rotatsiooni lõpul võeti katselappidelt mullaproovid, millest määrati nende huumusesisaldus Tjurini järgi (Hallik, 1948).

Mulla huumusesisalduse ja huumushorisoni (künnikihi) tuseduse alusel leiti mulla huumusvaru.

Mulla huumusesisundi hindamiseks määrati huumusbilanss mullas. Selleks võrreldi mulla huumusesisaldust esimese ja teise rotatsiooni lõpul selle sisaldusega katse rajamisel ning katseperioodil toimunud huumusesisalduse muutuse alusel leiti mulla huumusesisalduse vähenemise või suurenemise ulatus. Saadi mullaanalüüside põhjal leitud huumusbilanss.

Teiseks määrati huumusbilanss ka arvutuslikult. Selleks võeti arvesse huumuse juurdetuleku allikad ja huumuse kulutamine. Huumuse juurdetuleku allikatena arvestati taimejäänuste ja kasutatud orgaaniliste väetiste (sõnniku) koguseid ning nende humifikatsiooni koefitsiente. Kulutatud huumusekogus määrati aga mineraliseerunud huumusekoguse alusel. Huumusbilansi arvutuslikul määramisel kasutati Lökovi (1979) poolt soovitatud ja VASHNIL Lääneregioonis kasutusel olnud meetodikat (Metoditšeskije..., 1989).

## Uurimistulemused

Muldade huumusesisund iseloomustab nende viljakust. Mida enam on automorfsetes põllumuldades huumust, seda viljakam on muld. Kuid nii mulla huumusesisaldus kui ka -varu on muutuvad suurused, sõltudes mitmete teiste tegurite kõrval ka väetamisest. Teades väetamise erinevustest tingitud muldade huumusesisundi muutmise võimalusi, on võimalik väetamise teel muldade huumusesisundit korrigeerida.

### Väetamise mõju mulla huumusesisaldusele

Erinevalt väetatud katselappide künnikihi mulla analüüsitulemustest selgub, et sõltuvalt katse kestusest kui ka väetamise erinevustest võib mulla huumusesisaldus väheneda või suurenda (joonis).

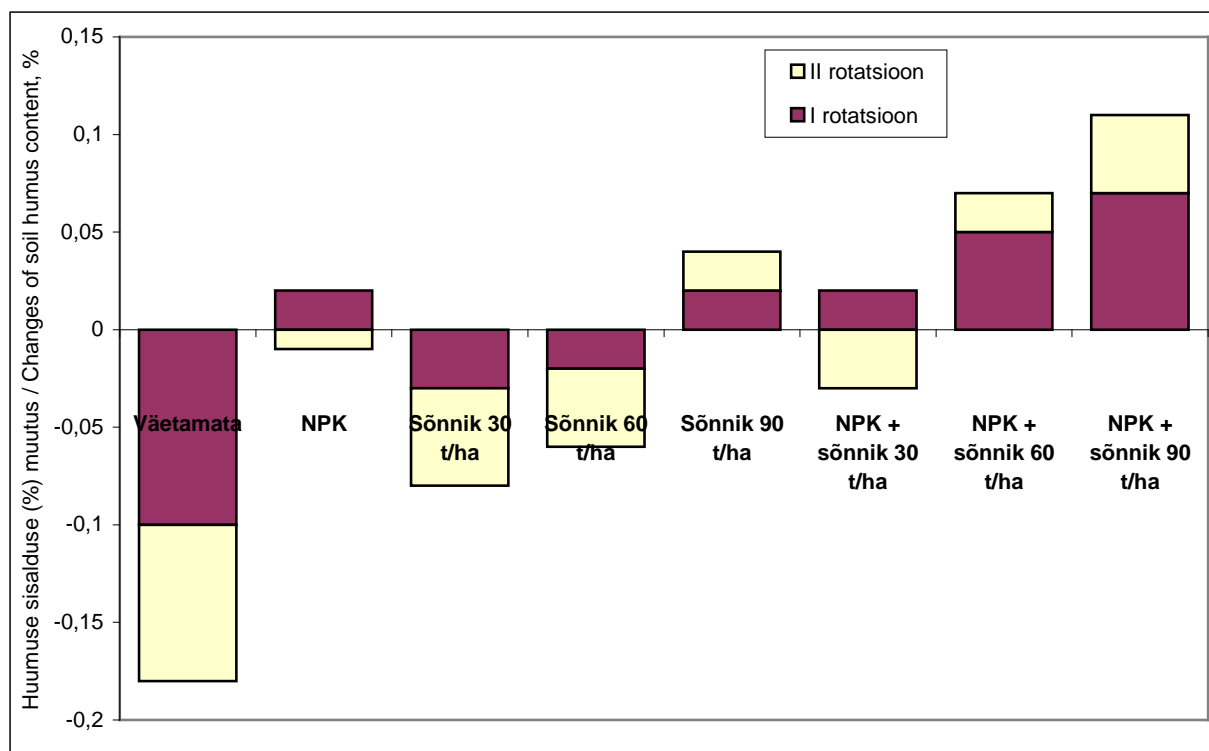
Mitteväetatud katselappide mulla huumusesisaldus vähenes. Seejuures vähenes see esimese rotatsiooni aastatel (0,10% võrra) enam kui teise rotatsiooni aastatel (0,08%) (tabel 1).

See, et mulla huumusesisalduse vähenemine esimestel aastatel pärast väetamise ärajätmist on suurem kui hilisematel aastatel, on kooskõlas mitmete teiste uurimustega (Piho, 1978; Lõkov, 1979). Vaadeldavas katses väetamata mulla huumusesisalduse küllaltki ulatuslik vähenemine (0,015% keskmiselt aastas) ületab aga A. Piho (1978) ja T. Valguse (1989) uurimistes saadud vähenemise. Tingitud on see sellest, et katse rajamise eelne aastal oli katse alla mineval põllul kasvatatud söödakaalikat, mida oli rikkalikult (90 t ha<sup>-1</sup>) sõnnikuga väetatud. On aga teada, et põllumulla huumusesisaldus väheneb väetamise ärajätisel ulatuslikumalt siis, kui põldu on eelnevalt tugevasti orgaaniliste väetistega väetatud.

Väetamise mõju mulla huumusesisaldusele on otsene või kaudne. Otseselt mõjutavad mulla huumusesisaldust orgaanilised väetised. Väetiste kaudne mõju avaldub taimede toitumise kaudu: väetamisel suureneb saak ja sellega koos ka mulda ja mullapinnale jäävate taimejäänuste hulk.

Mineraalväetistega külvikorra keskmisena aastas 95 kg N, 28,3 kg P ja 74,2 kg K hektarile andmisel mulla huumusesisaldus esimese rotatsiooni aastatel natuke (0,02% võrra) suurenes, teise rotatsiooni aastatel aga vähenes (0,01% võrra), andes kogu katseperioodi summaarseks huumusesisalduse muutuseks väga väikese ja mitteusutava suurenemise – 0,01% võrra kogu katseperioodi jooksul või keskmiselt 0,0008% võrra aastas.

Orgaaniliste väetiste mõju mulla huumusesisaldusele sõltub kasutatud väetiskogusest. Väikeste sõnnikukoguste (5 või 10 t ha<sup>-1</sup> aastas) kasutamisel mulla huumusesisaldus vähenes. Külvikorra keskmisena aastas hektarile 15 tonni sõnniku andmisel mulla huumusesisaldus usutavalt suurenes.



**Joonis.** Mulla huumusesisalduse muutus sõltuvalt väetamisest

**Figure.** Changes of soil humus content depending on the application of fertilizers

**Tabel 1.** Mulla huumusesisalduse muutus

**Table 1.** Changes of soil humus content

Variant	Huumusesisalduse (%) muutus / Changes of soil humus content, %				
	I rotatsioon	II rotatsioon	Kogu katseperiood		
	<i>I rotation</i>	<i>II rotation</i>	<i>During whole trial</i>		
	6 aasta jooksul	6 aasta jooksul	12 aasta jooksul	PD <sub>95</sub>	Keskmiselt aastas
	<i>During 6 years</i>	<i>During 6 years</i>	<i>During 12 years</i>		<i>Average of year</i>
Väetamata (0)					
<i>Non-fertilized</i>	-0,10	-0,08	-0,18	0,02	-0,0150
NPK	+0,02	-0,01	+0,01	0,02	+0,0008
Sõnnik / Manure					
30 t ha <sup>-1</sup>	-0,03	-0,05	-0,08	0,02	-0,0067
60 t ha <sup>-1</sup>	-0,02	-0,04	-0,06	0,03	-0,0050
90 t ha <sup>-1</sup>	+0,02	+0,02	+0,04	0,02	-0,0033
NPK + sõnnik					
<i>NPK + manure</i>					
30 t ha <sup>-1</sup>	+0,02	-0,03	-0,01	0,02	-0,0008
60 t ha <sup>-1</sup>	+0,05	+0,02	+0,07	0,03	+0,0058
90 t ha <sup>-1</sup>	+0,07	+0,04	+0,11	0,04	+0,0092

Järelikult selleks, et ainult sõnnikuga väetamisel hoida ära mulla huumusesisalduse vähenemine, tuleb saviliivlõimisega mullal kasutada küllaltki suuri (üle 12 t ha<sup>-1</sup> a) taheda sõnniku koguseid.

Katses kasutatud mineraalväetiste kogustele väikese sõnnikukoguse (5 t ha<sup>-1</sup> a) lisamine ei parandanud huumusbilanssi mullas ega muutnud arvestatavalt mulla huumusesisaldust. Mulla huumusesisaldus suurenes aga mineraalväetiste ja suuremate sõnnikukoguste (10 või 15 t ha<sup>-1</sup> a) kooskasutamisel.

#### Mulla huumusevaru

Mulla huumusevaru sõltub mulla huumusesisaldusest, huumushorisoni tüsedusest ja peeneselise mulla massist. Et valdav osa huumusest paikneb künnikihis, siis mulla huumusevaru määratlemisel on aluseks võetud ainult künnikihi mass.

Katse rajamise eel oli katseala mulla huumusevaruks 73–77 t ha<sup>-1</sup>. Väetamata katsealadel vähenes mulla huumusevaru katseperioodi lõpuks 72 t ha<sup>-1</sup>-le, kõige tugevamini väetatud katsevariandis (NPK + 90 t ha<sup>-1</sup> sõnnikut) see aga suurenes tasemeni 88 t ha<sup>-1</sup>.

Et künnikihi mass katseperioodil arvestatavalt ei muutunud, siis põhjustas huumusevaru vähenemist või suurenemist ainult mulla huumusesisalduse muutus. Seega kõik tegurid, mis mõjutasid mulla huumusesisalduse muutust, mõjutasid samaväärselt ka huumusevaru muutust.

### Huumusbilanss

Mulla huumus seisundi hindamisel on huumusesisalduse ja huumusevaru kõrval tähtsaks kvantitatiivseks näitajaks ka huumusbilanss. Viimane annab informatsiooni mulla huumushoiu kohta ja külvikorras järgnevatele kultuuridele loodud taimese materjali produktsiooni tingimuste kohta. Vähem valgustab huumusbilanss aga huumuse mõju jooksva aasta kultuurile. Negatiivne huumusbilanss näitab, et huumuse kulutamine ületab selle juurde tuleku ja et orgaanilise aine defitsiit kaeti mulla huumusevarude arvel. Positiivne huumusbilanss näitab aga seda, et orgaanilist ainet kulutati vähem, kui seda juurde tuli.

Huumusbilansi määramisel lähtuti külvikorrast kasvanud põllukultuuride saagi suurusest. Teame, et ühe või teise põllukultuuri koristamisel jääb põllule alati taimejäänuseid (tüü, vare, juured), mis mulda sattununa rikastavad seda orgaanilise ainega. Põllule jäänud taimejäänuste mass oleneb seal kasvanud kultuurist ja selle saagist. Arvukate vastavasisuliste uurimistulemuste kokkuvõtteks (Metoditšeskije..., 1989) on määratletud erinevate põllukultuuride põhitoodangu ja taimejäänuste massi keskmised suhted. Arvestades nimetatud juhendmaterjalis toodud võeti edaspidistes arvestustes katses olnud kultuuride põhitoodangu ja taimejäänuste suhteks kartulil sõltuvalt saagi suurusest 0,16 või 0,15; odral 0,9–1,1; timutil 1,5 või 1,4 ja talirukkil 1,0–1,3. Kõigi kultuuride juures on madalama saagi korral suhtarv suurem.

Saagiandmete ja põhitoodangu ning taimejäänuste suhte alusel leiti taimejäänuste mass.

Mulda sattunud taimejäänused lagunevad seal. Üheaegselt mineralisatsiooniga toimub mullas ka orgaanilise aine humifikatsioon. Taimejäänustest tekkinud huumuse kogust määratleb humifikatsioonikoefitsient, mis näitab, kui suur osa mulda sattunud orgaanilisest aineest muutub huumuseks. A. M. Lõkov (1979) iseloomustab erinevate taimejäänuste humifikatsioonikoefitsiente järgmiste arvudega: kartul – 0,08, oder – 0,15, timut – 0,17 ja rukis – 0,15. Võttes aluseks taimejäänuste massi ja vastavad humifikatsioonikoefitsiendid, leiti tekkinud huumuse kogus (kg ha<sup>-1</sup>) (tabel 2).

**Tabel 2.** Mulla huumusevaru (kg ha<sup>-1</sup>) ja huumusesisalduse (%) keskmine muutus aastas (kahe rotatsiooni keskmisena)

**Table 2.** The stock of soil's humus (kg ha<sup>-1</sup>) and the change of humus content of the year (on the average of 2 rotations)

Variant	Tekkis huumust / Humus from			Minera- liseerus huumust Humus mineralized	Huumuse- varu muutus Change of humus stock	Huumusesisalduse (%) muutus Change of content of humus
	taime- jäänustest plant residues	sõnnikust manure	kokku total			
Väetamata Non-fertilized	279	–	279	829	–550	–0,0170
NPK / NPK	871	–	871	841	+30	+0,0010
Sõnnik / Manure						
30 t ha <sup>-1</sup>	425	230	655	1001	–346	–0,0108
60 t ha <sup>-1</sup>	541	460	1001	1184	–183	–0,0057
90 t ha <sup>-1</sup>	677	690	1367	1303	+64	+0,0021
NPK + sõnnik NPK + manure						
30 t ha <sup>-1</sup>	826	230	1056	1120	–64	–0,0020
60 t ha <sup>-1</sup>	855	460	1315	1155	+160	+0,0050
90 t ha <sup>-1</sup>	917	690	1607	1290	+317	+0,0099

Sõnnikuga väetatud katsevariantides rikastus muld huumusega ka sõnnikuga antud orgaanilise aine arvel. Eesti Maaviljeluse Instituudi pikaajaliste statsionaarkatsete tulemustest (Piho, 1978) selgub, et 15–25% sõnniku kuivainest läheb mulla huumusevarude täiendamiseks. Arvestades katseala mulla kerget lõimist võetigi sõnniku kuivainest mulla huumusevaru täiendamiseks minevaks kuivainekoguseks 18,4%.

Osa mullas olevast huumusest aga mineraliseerub. Mineraliseerumise ulatus oleneb kasvatatavast kultuurist ja rakendatavast agrotehnikast. Väiksem on see põldheina, suurem aga rühvelkultuuride kasvatamisel. On leitud (Metoditšeskije..., 1989), et mulla huumusevarust mineraliseerub aastas kartulipõllul 2,7, taliteravilja-

põllul 1,2, suviteraviljade põllul 1,9 ja timutipõllul 0,8%. Võttes aluseks mulla huumusevaru ja huumuse mineralisatsiooni protsendid, leiti mineraliseerunud huumuse kogus.

Bilansiarvutuste alusel saadud juurdetulnud ja kulutatud huumusekogused on toodud tabelis 2.

Tabelis 3 on võrreldud väetamise erinevustest tingitud mulla huumusesisalduse muutuse ulatust, määratuna kahel erineval viisil, s.o mullaanalüüside alusel või arvutuslikult mulla huumusevaru muutumise kaudu.

**Tabel 3.** Väetamise erinevustest tingitud huumusesisalduse (%) muutus

**Table 3.** Changes of the content of humus depending on fertilization

Variant	Huumusesisalduse muutus, määratuna / <i>Change of content of humus</i>			
	mullaanalüüside põhjal / <i>based on soil analyzes</i>		arvutuslikult / <i>based on calculation</i>	
	katseperioodil <i>during trial period</i>	aasta keskmisena <i>on the average of year</i>	katseperioodil <i>during trial period</i>	aasta keskmisena <i>on the average of year</i>
Väetamata <i>Non-fertilized</i>	-0,180	-0,0150	-0,204	-0,0170
NPK / <i>NPK</i>	+0,010	+0,0008	+0,012	+0,0010
Sõnnik / <i>Manure</i>				
30 t ha <sup>-1</sup>	-0,080	-0,0067	-0,130	-0,0108
60 t ha <sup>-1</sup>	-0,060	-0,0050	-0,068	-0,0057
90 t ha <sup>-1</sup>	+0,040	+0,0033	+0,049	+0,0041
NPK + sõnnik <i>NPK + manure</i>				
30 t ha <sup>-1</sup>	-0,010	-0,0008	-0,024	-0,0020
60 t ha <sup>-1</sup>	+0,070	+0,0058	+0,060	+0,0050
90 t ha <sup>-1</sup>	+0,110	+0,0092	+0,119	+0,0099

Selgub, et mõlemal meetodil määratud huumusesisalduste muutused on suunalt samalaadsed. Ka muutuste ulatuses on erinevused suhteliselt väikesed. Paistab siiski silma, et arvutuslikult leitud muutus on mullaanalüüside põhjal saadust valdavalt suurem. Ainult katsevariandis – NPK + 60 t ha<sup>-1</sup> sõnnikut – on pilt vastupidine.

## Kokkuvõtte ja järeldused

Katsetulemustest tehti järgmised järeldused:

1. Orgaanilise aine ja huumuse sisaldus mullas on muutuvad suurused.
2. Mulla huumusesisalduse muutuse suund ja ulatus sõltuvad muude tegurite kõrval ka väetamisest.
3. Kaksteist aastat kestnud katses vähendas väetamise ärajätmine leetunud saviliivmulla huumusesisaldust keskmiselt 0,015% võrra aastas.
4. Orgaanilise aine vähenemine on esimestel aastatel pärast väetamise ärajätmist suurem ja hiljem see väheneb.
5. Külvikorras, kus on 50% teravilja, 33% põldheina (timutit) ja 17% kartulit, tagas mineraalväetistega külvikorra keskmisena 95 kg N, 28,3 kg P ja 74,2 kg K andmine või ainult sõnnikuga väetamisel 15 t a<sup>-1</sup> allapanuga sõnniku andmine enam-vähem tasakaalulise huumusbilansi mullas.
6. Väikesed sõnnikukogused (5–10 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) ei taganud leetunud saviliivmullas tasakaalulist huumusbilanssi.
7. Väetiste kasutamise praeguse taseme juures (külvikorra keskmisena hektarile aastas 20–22 kg N, 2 kg P, 3–5 kg K + 4 t sõnnikut) kujuneb leetunud saviliivmulla huumusbilanss negatiivseks ja mulla huumusesisaldus väheneb.

## Kirjandus

- Hallik, O. Mullateaduse ja agrookeemia praktikum. Tartu, 1948. – 333 lk.
- Lõkov: Лыков А. М. К методике расчетного определения гумусового баланса почвы в интенсивном земледелии. – Изв. ТСХА, вып. 6, с. 14, 1979.
- Metoditšeskije...: Методические указания по составлению баланса гумуса в пахотных почвах западного региона. Рига, 1989. – 16 с.
- Piho, A. Väetamise mõju mulla huumusesisaldusele. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr 23, lk 1074–1076, 1978.
- Valgus: Валгус Т. Динамика содержания гумуса и продуктивность севооборота на различных фонах удобрения на дерново-подзолистой почве. – Почвы Эстонии и проблемы их мелиорации. Научные Труды ЭстНИИЗиМ, LXVII, с. 106–112, 1989.

## Influence of Fertilization to the Condition of Soil's Humus

J. Kanger, H. Kärblane, L. Kevvai, A. Püssa

### Summary

The trial was carried out on the podzolic sandy loam ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6.2–6.5 and the content of humus 1.52–1.60%) in Antsla Experimental Station. The depth of the ploughing layer was 32 cm. The concentration of plant nutrient was 49–72  $\text{mg kg}^{-1}$  of P and 145–175 of K in the ploughing layer. The trial prolonged 2 rotations (12 years) and the rotation fields were potato, late barley, early barley (timothy under sown), timothy (2 years), and winter rye. The changes in soil's humus content were investigated on 2 backgrounds: non-fertilized and fertilized with mineral fertilizers. Solid manure was applied once in the rotation in dozes of 30, 60 and 90  $\text{t ha}^{-1}$ . Dry matter content of the manure was 28.4% applied in the first rotation and 25.0% applied in the second rotation. The annual dozes of mineral fertilizers in the average of rotation were 95  $\text{kg ha}^{-1}$  of N (ammonium nitrate), 28.3  $\text{kg ha}^{-1}$  of P (superphosphate) and 74.2  $\text{kg ha}^{-1}$  of K (potassium chloride).

In the end of each rotation the soil samples were collected and the content of humus was determined by Tjurin (Hallik, 1948).

The balance of soil humus was found by methods based on soil analyses and calculations.

It became evident on the basis of soil analyses that the soil humus content may increase or decrease depending on the duration of trial and differences in applying fertilizers (Figure). The content of soil humus decreased in the soil of non-fertilized plots, thereby the decrease was higher in the first rotation (0.10%) than in the second one (0.08%) (Table 1).

Applying mineral fertilizers 95  $\text{kg}$  of N, 28.3  $\text{kg}$  of P and 74.2  $\text{kg}$  of K per year as an average increased the content of soil humus in the first rotation (0.02%) and decreased in the second one (0.01%).

The influence of manure to the content of soil humus depends on the dozes of organic fertilizers used. The soil humus content decreased applying low rates of manure (5 or 10  $\text{t ha}^{-1}$ ) and increased applying on the average 15  $\text{t ha}^{-1}$  per year of manure during the rotation. Consequently, to avoid the decrease of humus content on podzolic sandy loam relatively high rates of solid manure (upwards of 12  $\text{t ha}^{-1}$  per year) must be applied.

The soil humus content increased also in the case of applying both, mineral fertilizers and solid manure in medium and high rates (10 or 15  $\text{t ha}^{-1}$  per year).

The calculations of the balance of humus are based on the crop yield. After harvesting plant residues enrich the soil with organic matter. The amount of plant residues depends on the crop and yield. By literature the relationship between crop yield and residues is 0.16 or 0.15 for potato, 0.9–1.1 for barley, 1.5 or 1.4 for timothy and 1.0–1.3 for winter rye (Metoditšeskije..., 1989). The humification coefficient shows the part of organic matter, which became to humus. The humification coefficients by Lõkov (1979) are 0.08 for potato, 0.15 for barley, 0.17 for timothy and 0.15 for winter rye. On the basis of amount of plant residues and humification coefficients the amount of humus formed was calculated (Table 2).

The part of humus mineralised in the soil. The rate of mineralisation depends on crop and cultivation. The rate is lower cultivating timothy and higher cultivating intertilled crops. It has been found (Metoditšeskije..., 1989) that the part of mineralised humus from the stock is 2.7% from fields of potato, 1.2% from the fields of winter cereals, 1.9% from the fields of spring cereals and 0.8% from the fields of timothy per year. On the basis of the stock of humus in the soil and the coefficients of mineralisation, the amount of mineralised humus was calculated.

Input and output of humus based on the calculations of humus balance are shown in the Table 2.

The changes in the content of soil humus depending on fertilizing based on two different calculation methods (soil analyses or changes in stock of humus) are shown in the Table 3.

It was found out that the changes in soil humus content depended also on fertilizers applied. The humus content decreased 0.015% per years on non-fertilized plots. In the rotation of 50% of grain crops, 33% of timothy and 17% of potato the application of mineral fertilizers in the rate of 95  $\text{kg N}$ , 28,3  $\text{kg P}$  and 74,2  $\text{kg K}$  on the average per year or manure in the rate of 15  $\text{t}$  per year guaranteed the equilibrium of humus balance in the soil. The lower rates of application of manure (5–10  $\text{t ha}^{-1}$  per year) caused the negative balance of humus in the soil.