

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote n:o 17

1982

MUOKKAUSKERROKSEN HUMUSTASON MUUTOS
ERÄISSÄ KOEASEMIEN LOHKOISSA

Raimo Erviö

Tiedote n:o 17

1982

MUOKKAUSKERROKSEN HUMUSTASON MUUTOS
ERÄISSÄ KOEASEMIEN LOHKOISSA

Raimo Erviö

ISSN 0357-900X

TIIVISTELMÄ

Maatalouden tutkimuskeskuksen kymmenen koeaseman 15 lohkolla verrattiin samalta koealalta vuosina 1960 ja 1981 otettujen muokkauskerroksen maanäytteiden humuspitoisuuksia. Koelohkojen maat edustivat erilaisia kivennäismaalajeja ja vaihtelevia humustasoja.

Koealojen maan humuksen suhteellinen osuus oli vähentynyt 13 tapauksessa ja lisääntynyt kahdessa tapauksessa. Humuksen määrän väheneminen oli 9-35 %, keskimäärin 19,6 %, ja todetut lisäykset 8,0 ja 8,6 %. Koealojen humuspitoisuudet olivat v. 1960 keskimäärin 7,4 % (3,2-18,6 %) ja v. 1981 6,0 % (3,3-13,4 %).

JOHDANTO

Maan humuksella tarkoitetaan yleisesti ottaen kaikkea maassa olevaa eloperäistä ainesta. Asiantuntijat käsittävät humusaineksella rajoitetumpaa osaa maan eloperäisestä aineksesta, hienojakoista, biologisen muutoksen synnyttämää, pitkälle "maatunutta" ja hyvin kestävästä ainesta, mikä koostuu pääasiassa humus- ja fulvohapoista sekä humiineista.

Kun maahan on syntynyt tällaista "kestohumusta" ei humuksen nopeasta häviämisestäkään ole pelkoa. Englannissa on radiohiiliajoituksella löydetty erään koealueen maasta jopa 3700 vuoden ikäistä humusainesta (JENKINSON 1969). Toisaalta kestävästä humusainesta muodostuu hitaasti. Assimilaatiossa, jossa kasvualustan orgaanisen aineksen hiili muuttuu mikroobien protoplasman hiileksi, vapautuu peräti 60-80 % hiilestä aerobisissa oloissa hiilidioksidina ilmakehään. Eräessä kokeessa joka toinen vuosi 18 vuoden ajan maahan lisätyn olkiannoksen (6,6 tn/ha) hiilestä oli jakson jälkeen jäljellä vain 10 % (COOKE 1959).

Tietty humuspitoisuus on välttämätön maan kasvukunnan säilyttämiseksi. Humus ylläpitää maan edullista mururakennetta, lisää vedenpidätyskykyä ja edistää veden kulkua, parantaa tuuletusta, puskuri- ja vaihtokapasiteettia sekä varastoi tyyppeä, fosforia, rikkiä ja muita ravinteita kasvien käyttöön.

Suomalaisten peltomaiden humustaso on luonnostaan suhteellisen korkea, kivennäismaillakin yleisesti 4-7 %, verrattuna esim. Tanskan, Saksan tai USA:n viljelymaihin. Maataloudellisesta maaperäkartoituksesta saatujen tulosten mukaan esimerkiksi Keski-Uusimaalla savimaiden (298 tapausta) muokauskerroksen humuspitoisuus oli keskimäärin 7,9 % (ERVIÖ 1978) ja Tampereen pohjoispuolisen alueen tyyppillisten hiesujen 5,8 % (URVAS 1969).

Määritettäessä maan humusta, se tehdään yleisesti analysoimalla siitä orgaaninen hiili. Oletettaessa, että maan humuksen keskimääräinen hiilipitoisuus on 58 %, saadaan humuksen määrä kertoimella 1,72 (WAKSMAN ja STEVENS 1930).

KOEALUEET, MAANÄYTTEET JA HIILIMÄÄRITYS

MTTK:n koeasemille v. 1960 perustetuilta hivenravinteiden vertailuruuduilta otettiin niissä tapauksissa (15 kpl), missä ruudusto voitiin vielä paikantaa, vuonna 1981 uudetaan maanäytteet humusselvitystä varten. Ruuduilta v. 1960 otetut maanäytteet olivat vielä tallella Maantutkimuslaitoksessa. Kokeeseen kuului 8 ruutua kooltaan 5 m x 10 m. Ruutukohtainen maanäyte oli hyvin sekoitettu muokkauskerroksesta eri puolilta ruutua otetuista 8-10 osanäytteestä. Kokeen humustulos taulukossa 1 on siten noin 80 osanäytteen keskiarvo 4 aarin suuruiselta alalta. PERSSON (1972) on todennut, että 10 osanäytettä riittää luotettavan tuloksen saamiseen maan humustutkimuksissa.

Koepaikkojen maalajeissa on edustettuna kahdeksan savea (saves-% 32-65), kaksi hienoa ja kaksi karkeata hietaa, saven ja hiesun sekainen hieno hiekka, tyypillinen hieno hiekka sekä hietamoreeni.

Keskimääräinen koealueiden ravinnetilanne oli vuodesta 1960 vuoteen 1981 muuttunut seuraavasti:

	v. 1960	v. 1981
pH(H ₂ O)	5,03	5,93
Helppoliuk. kalsium mg/l maata	1616	1619
"- kalium "-	224	209
"- fosfori "-	10,8	11,4

Koealueiden pH on kohonnut selvästi, 0,9 pH-yksikköä, kalsiumarvo pysynyt samana, kaliumarvo laskenut vähän ja fosforiarvo taas noussut hieman. Muutoksista on pH:n muutos tilastollisesti erittäin merkitsevä ja kaliumin ja fosforin muutokset merkitseviä.

Koepaikkojen viljelyhistoriaa esittävästä taulukosta 2 ilmevät kyntökerroksen syvyydessä tapahtuneet muutokset, viljelyssä olleiden kasvien laatu, kesannon määrä ja karjansekä lietelannan käyttö koejakson aikana. Kyntösyvyys on koejakson aikana lievästi kasvanut. Vuoden 1960 kyntösyvyydet ovat näytteiden oton yhteydessä tehtyjen arviointien keskiarvoja ja vuoden 1981 syvyydet koepaikoilta saatujen ilmoi-

tusten mukaisia. Seitsemässä tapauksessa kyntösyvyys ei ole ollenkaan kasvanut, kolmessa tapauksessa se on kasvanut vähemmän kuin 2 cm ja viidessä tapauksessa 2 cm tai enemmän.

Tutkimusvuosien 1960 ja 1981 maanäytteistä määritettiin hiilipitoisuudet samalla kertaa polttamalla näyte LECO CR-12 laitteessa 1370 °C:ssa. Maan hiilimääritysten tasosta ja luotettavuudesta tällä laitteella on SIPPOLA (1982) äskettäin tehnyt selvityksen. Saatu hiili-% on kerrottu Maantutkimuslaitoksella käytetyllä kertoimella, 1,73, humusprosenttilukuun pääsemiseksi.

TULOKSET JA AIHEEN TARKASTELU

Humuspitoisuuden muutos

Koepaikkojen muokkauskerroksen keskimääräinen humuspitoisuus oli vuonna 1960 7,4 % ja vuonna 1981 6,0 %.

Humuspitoisuuden muutos oli 21 vuoden jakson aikana ollut pääosaltaan selvästi laskeva. Maan humus oli vähentynyt 13 koealueella keskimäärin 19,6 %, kolmessa tapauksessa jopa noin 30 %. Kahdella koealueella keskimääräinen humuspitoisuus oli noussut, toisella 8,6 ja toisella 8,0 %. Kaikkien koealueiden humuksen muutokset olivat vähintään 95 %:n luotettavuustasolla tilastollisesti merkitseviä. Taulukossa 1 esitetyt koepaikkojen maan humusprosentit ovat keskiarvoja 8 näytteestä, joiden keskihajonta oli v. 1960 kuudessa tapauksessa alle 0,3 ja kymmenessä alle 0,5 yksikköä ja vastaavasti v. 1981 seitsemässä tapauksessa alle 0,3 ja kahdessatoista alle 0,5 yksikköä.

Humuspitoisuuksien suurimmat määrälliset muutokset 6,22 ja 2,57 prosenttiyksikön vähenemiset olivat luonnollisesti voineet tapahtua alunperin runsaasti humusta sisältäneissä maisissa, kokeet 13 ja 15. Näiden kokeiden maalaji nimettiin vielä vuonna 1960 multamaaksi, mitä senaikainen multamaan määritelmä, 15-40 % humusta, edellyttikin. Suhteellisesti suuria humuksen alenemiset olivat kokeissa 1 ja 2. Näiden kokeiden

Taulukko 1. Muokkauskerroksen humuspitoisuuden muutokset 10 koeaseman 15 koeaikaalla.

Koeaika	Koe	Lohkon maalaus	Saves-%	Humus-% (8 ruudun näytteet) v. 1960 keski-arvo hajonta	Humus-% (8 ruudun näytteet) v. 1981 keski-arvo hajonta	vuosien 1960 ja -81 erotus %
Puutarhan tutk.laitos Piikkiö	1	hietasavi	48	6,52 0,52	4,62 0,18	-29,2*** (1
Lounais-Suomen koeas. Mietoinen	2 3	hiesusavi liejusavi	52 45	5,00 0,10 5,38 0,15	3,26 0,24 4,66 0,18	-34,8*** -13,3**
Satakunnan koeas. Peipohja	4 5	karkea hieta hiesusavi	7 32	5,13 0,10 6,07 0,23	4,46 0,38 5,07 0,23	-13,1* -16,5**
Hämeen koeas. Pälkäne	6 7	hieno hiekka savinen hiekka	3 26	3,17 0,43 5,38 0,42	3,44 0,30 4,37 0,16	+ 8,6* -18,8*
Kymenlaakson koeas. Anjalankoski	8 9	hiesusavi aitosavi	42 63	6,14 0,24 6,22 0,45	5,08 0,19 5,67 0,47	-17,4*** - 8,8*
Etelä-Savon koeas. Mikkelin mlk.	10	hietamoreeni	4	7,97 0,85	6,38 0,27	-20,0**
Karjalan koeas. Tohmajärvi	11	hieno hieta	4	7,15 1,00	5,77 0,37	-19,3**
Pohjois-Savon koeas. Maaninka	12 13	hietasavi savinen karkea hieta	37 19	6,80 0,50 18,57 3,45	5,82 0,67 12,35 1,85	-14,4** -33,5**
Pohjois-Pohjanmaan koeas. Revonlahti	14	hieno hieta	13	5,48 0,29	5,92 0,37	+ 8,0*
Jokiniemen tila Vantaa	15	aitosavi	65	15,97 0,52	13,40 0,99	-16,1***

1) Tilastollinen luotettavuustaso ***=99,9 %; **=99 %; *=95 %

viljelykierrossa on nurmien osuus ollut vähäinen ja viljan tai kesannon osuus suuri. Kokeen 10 hietamoreenilla tapahtunut 20 %:n humuksen menetys selittyy osittain kyntösyvyyden suhteellisen suurella kasvulla.

Kahdella koealueella oli humuksen muutos positiivinen. Näistä alue 6, jonka humuspitoisuus alunpitäen oli aineiston alhaisin, oli saanut seurantajakson aikana runsaasti elope-
räistä lannoitetta karjan- ja lietelannan muodossa. Koepaikka 14 oli taas ollut kahta vuotta lukuunottamatta nurmella, ensin laidunnettuna ja sitten istutettuna koivulle, jolloin maan humusta kuluttavaa muokkausta ei ole tapahtunut.

Taulukko 2. Koepaikkojen viljelyhistoria jakson aikana.

Koe	Keskimääräinen		Pellon käyttö, vuosia			Karjan- ja lietelannan käyttö tn/ha
	muokkauskerroksen		vilja +			
	syvyys cm	1981	nurmi	juurekset	kesanto	
1	23,5	24	3	3	15	-
2	26,5	26	2	17	2	-
3	26,0	26	5	15	1	-
4	29,0	~25	7	12	2	-
5	26,5	~25	5	16	-	-
6	23,0	25	10	9	2	kl. 5+5+ lietel. 25+ 30+14+32
7	24,0	25	11	9	1	lietel. 47
8	17,5	22	5	13	3	-
9	24,5	22	7	12	2	-
10	19,0	22	11	8	2	kl. 30
11	22,0	24	4	16	1	-
12	23,5	27,5	11	10	-	kl. 30+ lie- tel. 40+40
13	27,5	27,5	12	6	3	kl. 26
14	19,5	21	10(+9) ⁽²⁾	2	-	-
15	24,5	24	3	17	1	kl. 30

1) vrt. taulukko 1 2) nurmeen istutettu koivua

Aiheen tarkastelu

Viljelymaan humuksen lisääntyminen tai kuluminen riippuu suuresti viljelytoimenpiteistä kuten esim. lannoituksen laadusta ja määrästä, viljelykasvista, kasvinvuorotuksesta, maanmuokkauksesta, kuivatuksesta, sadetuksesta ja kesannoista.

Viljelytoimenpiteiden vaikutusta maan humuspitoisuuden muutoksiin on Suomessa tutkittu valitettavan vähän. SALONEN ja TAINIO (1956) totesivat hiesusavella tehdyssä kokeessa, että viidentoista vuoden jälkeen väkilannoitteilla käsiteltyjen ruutujen humustilanne pysyi samana, mutta karjanlantaa 8 v:n viljelykierron aikana 50 tn/ha saaneiden ruutujen humus lisääntyi selvästi, 5,7 %:sta 6,8 %:iin. Toisessa hiesusavella Etelä-Pohjanmaalla tehdyssä, 16 vuotta kestäneessä kokeessa (SALONEN ja HONKAVAARA 1954) pelkästään väkilannoitteita saaneilla koejäsenillä humuspitoisuus väheni keskimäärin 4 %, vaikkakaan ero ei ollut merkitsevä, mutta karjanlantaa saaneilla koejäsenillä humuspitoisuus pysyi ennallaan. Vantaan Tikkurilassa järjestetyssä viljelykiertokokeessa oli puhtaan viljekierron maan hiilipitoisuus 17 vuoden jälkeen merkittävästi pienempi, 3,64 %, kuin jos 4 vuoden kierto oli sisältynyt yksi tai kaksi nurmivuotta, jolloin se oli 4,04 % orgaanista hiiltä (SALONEN 1971).

Ilman orgaanisen aineksen lisäämistä ja nurmikasveja laski maan humuspitoisuus lievästi 23 vuotta kestäneessä, Ruotsissa suoritetussa raamikokeessa, mutta lisääntyi keskenään saman kuiva-ainemäärän eloperäistä ainesta saaneissa ruuduissa seuraavasti: turve > viemäriete > karjanlanta > oljet (PERSSON, J. 1980). Ruotsin Maatalouskorkeakoulun Ultunan ja Kungsängen koekentillä todettiin humuspitoisuuden 30 vuoden viljelyn jälkeen useimmissa tutkimuslohkoissa tilastollisella varmuudella alentuneen (PERSSON 1974).

Nurmiviljelyssä humus säilyy, kun maa saa olla muokkaamatta ja nurmikasvien runsaan juurimassan ansiosta eloperäistä ainesta kertyy maahan. SALONEN (1949) totesi ensimmäisen vuoden apila-timoteinurmesta (12 tapausta) jäävän juurissa maa-

han keskimäärin 3,4 kertaa enemmän orgaanista ainesta kuin kevätiljoista (31 tapausta). Englannin Rothamstedissa jatkuvan vehnänviljelyn kokeessa todettiin juuriston jättävän 1000 kg orgaanista ainesta kuiva-aineena hehtaarille ja jatkuvan nurmen vastaavasti 2000-2500 kg vuodessa 23 cm:n pintakerroksessa (JENKINSON 1969). BRAGEN ym. (1950) kokeessa oli maan orgaaninen hiili 30 vuoden jälkeen 11 % suurempi, kun kiertoajasta murmea oli 1/3:n sijasta 3/5. CLEMENT ym. (1964) totesivat maan humuspitoisuuden nousseen 15 kokeessa keskimäärin kuudenneksellä (16 %) jo neljän vuoden aikana maan ollessa apila-heinäurmella.

Erilaisen orgaanisen aineksen lisäämisen vaikutus maan humustasoon ja sen pysyvyyteen on hyvin vaihtelevaa. Maahan lisäystä karjalannasta ja apilaheinävihantalannoituksen eloperäisestä aineksesta puolet hajosi jo 3 kk:ssa, kun pitkälle maatuneen mutaturpeen 50-prosenttiseen mineralisoitumiseen meni peräti 22 vuotta (FREI 1971). Samansuuntaiseen lopputulokseen pääsi HEGE (1980) lisättyään maahan erilaista orgaanista ainesta 6 vuoden ajan yhteensä 120 tn/ha kuiva-aineena laskien ja seurattuaan sitten 24 vuoden ajan maan humuksen muutoksia. Humuspitoisuus aleni kaikissa koejäsenissä, niin että vihantalannoitusta ja karjanlanta saaneet laskivat lähes alkuperäisen maan humustasolle ja vain maatonutta mutaturvetta saaneen jäsenen humuspitoisuus oli säilynyt vielä noin 50 % alkuperäistä suurempana. KOLENBRANDER (1974) totesi karjanlannan olevan maan orgaanisen aineksen lisääjänä kaksi kertaa niin tehokasta kuin olki ja turpeen taas 2,5 kertaa niin tehokasta kuin karjanlanta.

Maan kesannointi kuluttaa sen humusvaroja. Ilman kasveja pidetyn maan humuspitoisuus laski ruotsalaisessa raamikokeessa (PERSSON 1980) 23 v:n aikana keskimäärin 0,3 % vuodessa. Kun Iowassa hiesusavella järjestetyssä kokeessa maata pidettiin kesannolla 11 vuotta peräkkäin, aleni maan hiilen pitoisuus 20 %, viljellyn maissin olkien poisvientä vähensi sitä 11 %, ja vasta jos maissin olkea lisättäisiin maahan 6 tn kuiva-aineena laskien hehtaarille vuosittain, pysyisi orgaanisen aineksen määrä ennallaan (LARSON ym. 1972). Humuksen vähene- mistä kesannoidulta maalta kiihdyttää lisäksi muokkaus ja

kastelu (EICH 1966, DELPHIN ja CONESA 1979).

Pelkän mineraalilannoituksen vaikutuksesta maan humuspitoisuuteen on saatu erisuuntaisia tuloksia. SPRINGER (1936) totesi maan kokonaishiilimäärän pysyneen 11 vuotta kestäneen koejakson jälkeen samana mineraalilannoitetulla ja lannoittamattomalla koejäsenellä. Savisella hiekkamaalla Saksassa 20 vuotta kestäneessä kenttäkokeessa oli humuspitoisuus alentunut 19 % lannoittamattomilla ruuduilla ja lisääntynyt 6 % mineraalilannoitetuilla ruuduilla, mikä lisäys ei kuitenkaan ollut tilastollisesti luotettava (REUTER 1981). Nousevilla typpimäärillä sai SCHMALFUSS (1940) kymmenen koevuoden jälkeen tuloksen, jossa maan orgaaninen hiili oli typpimääriä vastaavasti hienokseltaan lisääntynyt. Lannoittamattomaan verrattuna 100 kg ammoniumnitraattia hehtaarille oli lisännyt maan hiiltä 9 %.

Toisaalta kolmen vuoden seurantajakson aikana ei typpi annettuna 70-280 kg vuodessa heinä-apilanurmelle lisännyt maan orgaanista hiiltä (CLEMENT ja WILLIAMS 1964). Ruotsissa todettiin (PERSSON 1980) kalkkisalpietarina ja ammoniumsulfaattina annettun typpilannoituksen vaikuttaneen 23 vuoden seurannan aikana negatiivisesti maan humustaseeseen, vaikkakin humuksen häviö oli vähäisempi kuin kokonaan ilman typpeä viljellyn koejäsenen.

Humus lisää maan veden hyötykapasiteettia erityisesti hiesumaissa ja keskinkertaista vähemmän humusta sisältävissä jäykissä savimaissa (HEINONEN 1954).

KIRJALLISUUTTA

BRAGE, B. L., THOMPSON, M. J. & CALDWELL, A. C. 1950. The long-time effect of rotation length on the yield and chemical constituents of the soil. Soil Sci. Soc. Proc. 15: 262-264.

CLEMENT, C. R. & WILLIAMS, T. E. 1964. Leys and soil organic matter. 1. The accumulation of organic carbon in soils under different leys. J. Agric. Sci. 63: 377-388.

- COOKE, G. W. 1959. Chemistry department. Rep. Rothamsted exp. Sta. 1958: 41-60.
- DELPHIN, J. E. & CONESA, A. Ph. 1979. Evolution de la matière organique du sol d'un essai rotations, irrigation, restitution des pailles dans la plaine de la Hardt. 1. Etat. des réserves organiques. Ann. Agron. 30: 167-178.
- EICH, D. 1966. Der Einfluss der Pflanzen auf die Humusdynamik im Boden. Tagungsberichte 82, Teil 2: 283-294.
- ERVIÖ, R. 1978. Maaperäkarttaselitys Riihimäki-Mäntsälä. Ann. Agric. Fenn. 17. Suppl. 1: 1-38.
- FREI, E. 1971. Der Einfluss der organischen Dünger und der Vegetation auf den Humuszustand des Bodens. Schw. Landw. Forsch. 10: 352-373.
- HEGE, U. 1980. Einfluss kurzfristig starker Humusanreicherung und regelmässiger organischer Düngung auf Humusgehalt und Ertrag. Landwirtsch. Forsch. 33: 290-302.
- HEINONEN, R. 1954. Multakerroksen kosteussuhteista Suomen maalajeissa. Agrogeol. Julk. 62: 1-82.
- JENKINSON, D. S. 1969. Radiocarbon dating of soil organic matter. Rep. Rothamsted exp. Sta. 1968. Part 1: 73.
- KOLENBRANDER, G. J. 1974. Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. 10th Int. Congr. Soil Sci., Vol. II: 129-136.
- LARSON, W. E., CLAPP, C. E., PIERRE, W. H. & MORACHAN, Y. B. 1972. Effects on increasing amounts of organic residues on continuous corn. II. Organic carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur. Agronomy J. 64: 204-208.
- PERSSON, J. 1972. Metodik för humusanalys i fältförsök. Grundförbättring 25: 165-172.
- PERSSON, J. 1974. Humusbalans i odlad jord. Maatal. tiet. Aikak. 46: 247-263.
- PERSSON, J. 1980. Detaljstudium av den organiska substansens omsättning i ett fastliggande ramförsök. Sveriges Lantbruksuniversitet. Avd. Växtnäringslära. Rapp. 128: 1-9.
- REUTER, G. 1981. Zwanzig Jahre Rostocker Dauerversuche zur Humusbildung im Boden. 1. Mitteilung: Versuchbedingungen und Entwicklung der Humusgehalte. Arch. Acker- Pfl.bau Bodenk. 25: 277-285.
- SALONEN, M. 1949. Tutkimuksia viljelyskasvien juurten sijainnista Suomen maalajeissa. Suomen Maatal.tiet. Seur. Julk. 70, 1: 1-91.

- SALONEN, M. 1971. The effect of rate of leys and intensity of nitrogen dressing in different crops rotations II. Selostus: Nurmen määrän ja typpilannoitustason vaikutus erilaisissa viljelykierroissa II. Ann. Agric. Fenn. 10: 203-214.
- SALONEN, M. & HONKAVAARA, T. 1954. Karjanlannan ja väkivilannoitteiden vaikutuksen vertailua. Valt. Maatal.koet. Julk. 142: 1-41.
- SALONEN, M. & TAINIO, A. 1956. Savimaan lannoitusta koskevia tutkimuksia. Valt. Maatal.koet. Julk. 146: 1-86.
- SCHMALFUSS, K. 1940. Mineraldüngung und Kohlenstoffhaushalt des Bodens. Bodenk. Pfl.ernähr. 17: 28-32.
- SIPPOLA, J. 1982. A comparison between a drycombustion method and a rapid wetcombustion method for determining soil organic carbon. Selostus: Vertailu maan orgaanisen hiilen määrittämisestä kuiva- ja märkäpolttomenetelmällä. Ann. Agric. Fenn. 21: 146-148.
- SPRINGER, U. 1936. Wie äussert sich der Einfluss der Düngung auf die organische Substanz des Bodens und wie lässt er sich nachweisen? Z. Pfl.ernähr. Düng. Bodenk. 42: 303-322.
- URVAS, L. 1968. Teisko-Murole, Agrogeologisia karttoja 24. Ann. Agric. Fenn. 8. Suppl. 2: 1-23.
- WAKSMAN, S. A. & STEVENS, K. R. 1930. A critical study of the methods for determining the nature and abundance of soil organic matter. Soil Sci. 30: 97-116.

