

Kirjallisuusselvitys olkien poiston vaikutuksesta satoon ja maaperän laatuun

20.3.2015

Kristiina Regina
Luonnonvarakeskus
Luonnonvarat ja biotalous
31600 Jokioinen
kristiina.regina@luke.fi

Johdanto

Maatalousmaan ravinteiden ja hiilen kierto perustuu pitkälti siihen, että kasvintähteissä maahan palautuu osa ravinteista. Silputtu olki ei yleensä haittaa seuraavan sadon kasvua, joten normaali käytäntö on jättää kaikki olki silputtuna sadonkorjuun jälkeen maahan. Oljelle kuitenkin on jonkin verran käyttöä lannan kuivikkeena ja enenevässä määrin energiantuotannossa. Olkea voidaan joko polttaa sellaisenaan tai käyttää biokaasureaktorissa lisämateriaalina tai nestemäisten polttoaineiden raaka-aineena. Vuotuinen olkibiomassa Suomessa on n. 2650 milj. kg kuiva-aineena, ja tällä hetkellä siitä hyödynnetään vain pieni osa (Pahkala ym. 2009). Jos energiakäyttö lisääntyy tulevaisuudessa, on hyvä pohtia oljen poiston vaikutuksia peltoekosysteemien toimintaan ja ravinnetalouteen. Yleinen ravinnetalouden köyhtyminen voi potentiaalisesti vaikuttaa satokasvien kasvuun ja hiilipitoisuuden vähenemisellä on myös ilmastovaikutuksia. Maaperän köyhtyessä sen sisältämästä hiilestä voi päätyä ilmakehään hiilidioksidina lisäten siten ilmaston lämpenemistä. Maatalousmaiden hiilipitoisuus on 20-40 % alhaisempi kuin luonnontilaisissa ekosysteemeissä, mutta viljelymenetelmillä voidaan jonkin verran vaikuttaa maan hiilivaraston kokoon. Energiantuotannon ollessa kyseessä on syytä tarkastella bioenergiasta saavutettavia ilmastohyötyjä suhteessa peltojen hiilivaraston mahdolliseen vähenemiseen sekä ottaa huomioon pitkäaikaisen olkien hyödyntämisen mahdolliset vaikutukset maan kasvukuntoon. Tässä selvityksessä tarkastellaan Suomessa ja muualla maailmassa tehtyjen tutkimusten tuloksia kenttäkokeista, joissa oljen poisto on ollut yksi koekäsittely.

Olkien poiston vaikutus satoon ja maaperään

Satovaikutukset

Etelä-Suomessa toteutettiin aurattoman viljelyn koe 1979-1992 kuudella eri koepaikalla. Siinä yhtenä koekäsittelynä oli myös olkien poisto. Kymmenen ensimmäisen koevuoden perusteella kolmella hiesu- tai hietamaan koepaikalla oljen poisto hieman (ei tilastollisesti merkitsevästi) lisäsi sadontuottoa (Pitkänen 1994). Savimailla oljen poisto kuitenkin pienensi satoja, tilastollisesti merkitsevästi vain kahdella koepaikalla, joten selkeää vaikutusta ei voitu sanoa olevan.

Jokioisille perustettiin olkikäsittelyjen vaikutusta selvittävä koe savimaalle vuonna 1983 (Singh ym. 2015). Siinä olki joko jätettiin peltoon kokonaisuudessaan, poistettiin tai poltettiin. Käsittelyillä ei ollut merkittävää vaikutusta satoihin (Taulukko 1).

Taulukko 1 Keskimääräiset satomäärät 30 vuoden aikana ja niiden perusteella arvioidut maanalaiset ja maanpäälliset hiilisyötteen olkikäsittelyissä Jokioisten pitkäaikaiskokeessa (muokattu lähteestä Singh ym. 2015)

	Kyntö			Kevennetty muokkaus		
	Olki maahan	Olki poistettu	Olki poltettu	Olki maahan	Olki poistettu	Olki poltettu
Sato (85% k.a., $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$)	419±142	431±149	437±145	423±132	417±133	423±136
Maanalainen hiilisyöte ($\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$)	112	116	117	113	112	113
Maanpäällinen hiilisyöte ($\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$)	183	57	19	187	55	19

Oljen poiston vaikutuksia on tarkasteltu kattavassa kokooma-artikkelissa (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Kasvintähteiden poiston vaikutukset satotasoihin ovat olleet hyvin vaihtelevia, sadot ovat olleet pienempiä, suurempia tai samansuuruisia eri käsittelyissä. Säätvaihtelut selittävät satotasoja paremmin kuin olkikäsittelyt. Kahdessa norjalaisessa kenttäkokeessa havaittiin, että oljen poisto lisäsi satoja sateisina vuosina ja vähensi niitä kuivina (Borresen 1999).

Maaperän fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet

MTT:n aurattoman viljelyn kokeessa oljen poisto ei vaikuttanut maan tilavuuspainoon, mutta lisäsi pienten murujen osuutta maassa ja heikensi murujen vedenkestävyyttä (Pitkänen 1988).

Jokioisten olkikokeessa ei havaittu eroja makro- ja mikroaggregaattien määrässä olkikäsittelyjen välillä (Singh ym. 2015). Tilavuuspainoissa, ravinteiden määrässä tai muissa muuttujissa ei havaittu kovin selkeitä eroja (Liite 1), näitä vaikutuksia ei tosin ole testattu tilastollisesti.

Oljen poisto saattaa lisätä maan pinnan kuorettumista, kun olki ei suojaakaan maata vesipisaroiden vaikutukselta (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Kuorettuminen voi haitata taimettumista sekä veden, ilman ja lämmön liikkeitä. Maan murujen kestävyyttä kasvintähteiden poisto on heikentänyt useimmissa kokooma-artikkelin raportoimissa kokeissa, mutta ei kaikissa. Jos kasvintähteen poisto vähentää orgaanisen aineksen pitoisuutta tai biologista aktiivisuutta, esimerkiksi lierojen määrää, voi maan tilavuuspaino kasvaa ja maa tiivistyä. Kasvintähteen poisto voi muuttaa maan vesitaloutta esimerkiksi lisäämällä haihduntaa, heikentämällä veden läpivirtausta tai lisäämällä pintavaluntaa tai vähentämällä maan vedenpidätyskykyä. Näitä vaikutuksia on havaittu vaihtelevasti ja vaikutus riippuukin maalajista, ojituksesta ja ympäristötekijöistä.

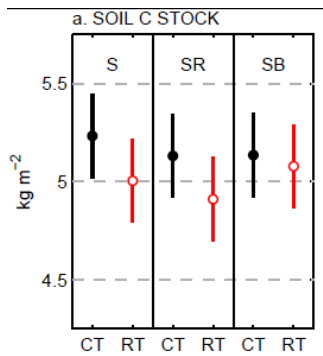
Maan pH saattaa alentua kasvintähteiden poiston vaikutuksesta, mutta tätä ei ole havaittu kaikissa kokeissa (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Sähkönjohtokyvyn lisääntyminen on havaittu ainakin parissa tutkimuksessa. Monissa kokeissa on havaittu, että kasvintähteiden poisto vähentää hiilen ja typen määrää pintamaassa suhteellisesti enemmän kuin muiden ravinteiden. Fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin määrät ovat joissakin kokeissa toki vähentyneet kasvintähteiden poiston vuoksi.

Lierojen, mikrobien ja sienten määrän on usein havaittu olevan pienempi kuin kasvintähteet on poistettu (Blanco-Canqui ja Lal 2009). Jokioisten olkikokeessa ei kuitenkaan havaittu merkittävää eroa kastelierojen tai mikrobibiomassan määrässä 30-vuotisen oljenpoiston jälkeen (Singh ym. 2015). Aurattoman viljelyn kokeessa oljen poisto vähensi lierojen määrää vain yhdellä kolmesta tutkitusta koepaikasta (Nuutinen 1992).

Maaperän hiilipitoisuus

Aurattoman viljelyn kokeessa olkien poisto vähensi maan hiilipitoisuutta jonkin verran kylvämättömässä maassa (Pitkänen 1988).

Jokioisten olkikokeessa maan pintakerroksen hiilimäärässä ei ollut merkitseviä eroja olkikäsittelyjen välillä 30 vuotisen koejakson lopussa (Kuva 1).



Kuva 1 Hiilen määrä pintamaassa, kun olki on jätetty (S), poistettu (SR) tai poltettu (SB). Maanmuokkauskäsittelyt olivat kyntö (CT) ja kevennetty muokkaus (RT) (Singh ym. 2015).

Powlson ym. (2011) kokosivat yhteen 25 kenttäkokeen tulokset, jotka olivat kestoaltaan 6-56 vuotta (Liite 2). Sen mukaan olkien poisto näyttäisi vähentävän maan hiili- ja typpipitoisuutta, mutta vain lievästi (<10 %). Näistä kokeista vain kuudessa olkien poiston vaikutus oli tilastollisesti merkitsevää.

Tulosten tarkastelu

Peltojen sadontuotto tai viljavuus muuten kuin hiilen ja typen osalta eivät näyttäisi kovin vakavasti kärsivän kasvintähteiden poistosta. Vaikutukset todennäköisesti riippuvat esimerkiksi maalajista, ojituksesta, kaltevuudesta, maanmuokkaustavasta, lannoituksesta, ilmastosta ja poistetun kasvintähteen määrästä. Näiden tekijöiden vaikutuksesta ei ole vielä tehty kattavaa analyysiä.

Oljen poistolla on yleisesti havaittu maaperän hiiltä vähentävä vaikutus, joka kuitenkin näyttää jäävän melko vähäiseksi ja on harvoin tilastollisesti merkitsevää. Vähäistä vaikutusta voi osaltaan selittää sillä, että olki on vain osa maahan jäävästä biomassasta. Sänki ja juuristo sekä kasvukauden aikana erittyneet juurieritteet ovat kohtalainen osa kasvintähteiden määrästä. Jokioisten olkikokeessa oljen ja sängen osuus maahan tulevasta hiilen määrästä oli 60 % silloin, kun olki jätettiin maahan (Taulukko 1). Kun olki poistettiin tai poltettiin, maanalainen ja osa maanpäällisestä kasvintähteestä kuitenkin jää maahan. Taulukon arvot ovat laskennallisia arvioita, joissa ei ole otettu huomioon sitä, että sadonkorjuun ja oljenpoiston välille jäävän parin viikon aikana kastelieroit ovat saattaneet kuljettaa olkisilppua syvälle maahan jopa puolet oljen määrästä. Juuriston merkitys kasvintähteissä korostuu myös siksi, että juuret tuottavat kuollutta juuritähdettä ja eritteitä pitkin kasvukautta ja tällä kasvintähteellä on hyvä kontakti maahan (Campbell ym. 1991). Juurten hiilen kiertoaika ja pysyvyys maassa on yli kaksinkertainen maanpäälliseen kasvintähteeseen verrattuna, mikä johtuu mm. juurten erilaisesta kemiallisesta koostumuksesta (Rasse ym. 2005; Kätterer ym. 2011). Kun olkitähdettä sekoitetaan pintamaahan, se voi myös edistää maassa jo olevan orgaanisen aineksen hajotusta (ns. priming effect), mikä saattaa johtaa isompaan hajotusaktiiviteettiin silloin, kun olkea jää maahan enemmän (Bell ym. 2003).

Vähäisistä vaikutuksista maan hiilivarastoon ja sitä kautta ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen ei kuitenkaan pidä vetää sitä johtopäätöstä, että oljen energiakäytöstä ei pitkällä aikajänteellä tulisi mitään negatiivisia vaikutuksia. On havaittu, että pienikin muutos maaperän hiilen määrässä voi vaikuttaa maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi maan murujen stabiilisuuteen tai veden suotautumiseen maan läpi (Powlson ym. 2011).

Useissa julkaisuissa on suositeltu, että ennen kuin oljen korjuuta vaativia energiantuotantojärjestelmiä laajamittaisesti rakennetaan, on selvitettävä paikalliseen aineistoon perustuen, mikä on hyväksyttävä peltoilta poistettavan oljen osuus. On peltojen kasvukunnon kannalta riskialtista perustaa näitä järjestelmiä vuotuiselle koko olkimäärän korjuulle. Jos olkien

korjuu tulevaisuudessa yleistyy, on syytä kiinnittää huomiota viljelymenetelmiin. Oljen korjuun negatiivisia vaikutuksia voitaisiin mahdollisesti lievittää esimerkiksi monipuolisten viljelykiertojen tai aluskasvien avulla, jolloin aluskasvin biomassaa korvaisi poistettua kasvintähdettä.

Tässä selvityksessä on tukeuduttu ennen kaikkea katsausartikkeleihin, eikä kaikkea aiheesta julkaistua kirjallisuutta ole käyty läpi. Tilastollinen analyysi jo julkaistujen tulosten perusteella eri tekijöiden vaikutuksista ja yhteisvaikutuksista auttaisi määrittelemään alueellisia ja viljelyjärjestelmäkohtaisia suosituksia ympäristöllisesti kestävästä oljen hyödyntämisestä. Suomen kannalta sellainen analyysi olisi hyödyllisin, jos se tehtäisiin pohjoismaisesta aineistosta.

Kirjallisuus

Bell JM, Smith JL, Bailey VL, Bolton H (2003) Priming effect and C storage in semi-arid no-till spring crop rotations. *Biol. Fertil. Soils* 37, 237-244.

Blanco-Canqui H, Lal R (2009) Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28, 139-163.

Borresen T (1999) The effect of straw management and reduced tillage on soil properties and crop yields of spring-sown cereals on two loam soils in Norway. *Soil & Tillage Research* 51: 91-102.

Campbell CA, Lafond GP, Zentner RP, Biederbeck VO (1991) Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada. *Soil Biology & Biochemistry*, 23, 443-446.

Katterer T, Bolinder MA, Andren O, Kirchmann H, Menichetti L (2011) Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agriculture Ecosystems & Environment* 141: 184-192.

Nuutinen V (1992) Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. *Soil & Tillage Research* 23: 221-239.

Pahkala K, Hakala K, Kontturi M, Niemeläinen O (2009) Peltobiomassat globaalina energianlähteenä. *Maa- ja elintarviketalous* 137, 53 s., Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2009. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-214-0>

Pitkänen J (1988) Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. *Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote* 21/88. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014042925156>

Pitkänen J (1994) A long-term comparison of ploughing and shallow tillage on the yield of spring cereals in Finland. *Proceedings of the 13th Conference of International Soil Tillage Research. ISTRO 1994.*

Powlson DS, Glendining MJ, Coleman K, Whitmore AP (2011) Implications for soil properties of removing cereal straw: results from long-term studies. *Agronomy Journal*, 103, 279-287.

Rasse DP, Rumpel C, Dignac MF (2005) Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. *Plant and Soil* 269: 341-356.

Singh P, Heikkinen J, Ketoja E, Nuutinen V, Palojarvi A, Sheehy J, Esala M, Mitra S, Alakukku L, Regina K (2015) Tillage and crop residue management methods had minor effects on the stock and stabilization of topsoil carbon in a 30-year field experiment. *Science of the Total Environment* 518–519: 337–344.

Liite 1 Maaperän ominaisuudet eri olki- ja kyntökäsittelyissä (muokattu julkaisusta Singh ym. 2015)

	Kyntö			Kevennetty muokkaus		
	Olki maahan	Olki poistettu	Olki poltettu	Olki poistettu	Olki poltettu	Olki maahan
Tilavuuspaino (g cm ⁻³)	1.28±0.11	1.27±0.07	1.30±0.11	1.28±0.13	1.29±0.12	1.30±0.12
C (%)	2.45±0.08	2.40±0.12	2.40±0.12	2.30±0.34	2.24±0.31	2.32±0.27
N (%)	0.18±0.01	0.18±0.01	0.18±0.01	0.17±0.03	0.17±0.03	0.17±0.02
P (mg l ⁻¹) ^a	26.2±1.85	27.1±1.97	23.8±2.42	23.1±3.58	22.9±4.00	27.7±6.18
Liuk. P (mg kg dry soil ⁻¹)	23.0±3.40	24.5±2.06	23.6±3.08	20.8±3.44	20.3±3.30	23.1±2.92
Ca (mg l ⁻¹) ^a	3019±215	2898±78.4	2907±75.0	2849±119	2922±178	2914±190
K (mg l ⁻¹) ^a	294±24.7	319±25.8	284±33.1	279±80.9	259±84.4	311±100
Mg (mg l ⁻¹) ^a	309±33.8	306±33.3	298±31.9	334±74.9	333±86.2	316±66.8
S (mg l ⁻¹) ^a	6.14±0.67	6.51±0.66	6.36±0.83	6.64±0.72	6.47±0.58	6.79±0.49
pH _{water}	6.47±0.13	6.37±0.05	6.33±0.09	6.34±0.09	6.38±0.12	6.43±0.12
Johtokyky (μS cm ⁻¹)	124±21.2	121±23.9	133±13.6	126±27.2	130±24.6	136±23.9
NH ₄ ⁺ -N (mg kg dry soil ⁻¹)	1.14±0.33	1.07±0.31	1.09±0.44	1.45±0.53	1.48±0.66	1.22±0.53
NO ₃ ⁻ -N (mg kg dry soil ⁻¹)	8.45±3.75	8.66±2.85	8.08±3.43	6.91±3.10	7.84±3.54	8.26±4.64

Liite 2 Oljen poiston vaikutus maan hiili- ja typpipitoisuuteen pitkäaikaiskokeissa (Powlson ym. 2011).

Reference	Site	Soil	Crop/rotation/cultivation	Straw treatment	Yr	Soil C		Soil N	
						%C	%change	%N	% change
Saffigna et al., 1989	Queensland Australia	vertisol 41% clay, 0–10 cm	sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) †tined	No straw	6	1.21	7.4	0.099	9.1
				4 t ha ⁻¹ straw	6	1.30*		0.108	
Saffigna et al., 1989	Queensland Australia	vertisol 41% clay, 0–10 cm	sorghum †no till	No straw	6	1.29	7.8	0.115	1.7
				4 t ha ⁻¹ straw	6	1.39*		0.117	
Malhi and Lemke, 2007	Star City Canada	gray luvisol 0–15 cm	barley/pea (<i>Pisum sativum</i> L.) /wheat/OSR‡	No straw	8	3.23	-3.7	0.276	-4.3
				3.5 t ha ⁻¹ straw	8	3.11§		0.264§	
Ketcheson and Beauchamp, 1978	Guelp Canada	loam	maize mean of three fertilizer treats	No straw	9	2.09	2.9	0.10	-10.0
				With straw	9	2.15		0.09	
Thomsen, 1993	Askov Denmark	sandy loam 11% clay	continuous spring barley biomass mean of four experiments	No straw	10	1.35	24.4	0.119	21.0
				12 t ha ⁻¹ straw	10	1.68¶		0.144¶	
Silgram and Chambers, 2002	Morley UK	sandy loam 11% clay	cereals, sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) mean of fertilizer treats	No straw	10	0.89	22.5	ns#	
				With straw	10	1.09		ns	
Solberg et al., 1997	Breton Alberta	gray luvisol 22% clay	barley 0–7.5 cm, 4 N rates	No straw	13	1.47	5.4	0.1495	5.4
				With straw	13	1.55		0.1576	
Solberg et al., 1997	Ellerslie Alberta	black chernozem	barley 0–7.5 cm, 4 N rates	No straw	13	6.40	1.9	0.579	2.9
				With straw	13	6.52		0.596	
Johnston et al., 2009	Rothamsted UK	20% clay 0–10 cm	wheat (OSR in 1992) plowed	No straw	17	1.84	1.6	0.150	6.7
				With straw	17	1.87¶		0.16¶	
Johnston et al., 2009	Rothamsted UK	20% clay 0–10 cm	wheat (OSR in 1992) tined	No straw	17	2.28	5.3	0.179	12.3
				With straw	17	2.40¶		0.201¶	
Johnston et al., 2009	Woburn UK	13% clay loam, 0–10 cm	wheat (OSR in 1992) plowed	No straw	17	1.08	18.5	0.093	16.1
				With straw	17	1.28¶		0.108¶	
Johnston et al., 2009	Woburn UK	13% clay 0–10 cm	wheat (OSR in 1992) tined	No straw	17	1.54	2.6	0.117	14.5
				With straw	17	1.58¶		0.134¶	
Powlson et al., 1987	Ronhave Denmark	sandy loam 14% clay	continuous spring barley	No straw	18	1.16	5.2	0.119	8.4
				4 t ha ⁻¹ straw	18	1.22		0.129	
Powlson et al., 1987	Studsgaard Denmark	loamy sand 6% clay	continuous spring barley	No straw	18	2.46	4.5	0.115	10.4
				4 t ha ⁻¹ straw	18	2.57		0.127	
Biederbeck et al., 1980	Melfort SK Canada	black chernozem	continuous spring wheat 0–15 cm	No straw (burned)	19	4.4	18.2	0.460	5.4
				With straw	19	5.2¶		0.485*	
Biederbeck et al., 1980	Indian Head Canada	black chernozem	wheat/fallow + fertilizer N 0–15 cm	No straw (burned)	20	2.9	10.3		
				With straw	20	3.2*			
Dalal et al., 1991	Queensland Australia	vertisol 0–100 cm	wheat/barley/fallow, plowed mean of three fertilizer treats	No straw	20	1.76	2.3	0.139	2.2
				With straw	20	1.80		0.142	
Dalal et al., 1991	Queensland Australia	vertisol 0–100 cm	wheat/barley/fallow, no till mean of three fertilizer treats	No straw	20	1.69	6.5	0.134	9.7
				With straw	20	1.80*		0.147*	
Houot et al., 1989	36 Parcelles France	Agrudalf loam	bare fallow	No straw	26	0.96	37.5	0.11	26.4
				7 t ha ⁻¹ straw	26	1.32¶		0.139¶	
Persson and Mattson, 1988	Ultana Sweden		arable cropping (various) with 80 kg N ha ⁻¹	No straw	26	1.42	26.8		
				8.7 t ha ⁻¹ straw	26	1.80*			
Frankinet and Raimond, 1996; Smith et al., 1997	Gembloux Belgium	15% clay	2–3 yr arable rotation	No straw	30	0.81	14.8		
				2.4 t ha ⁻¹ straw	30	0.93¶			
Lafond et al., 2009	Indian Head Canada	black chernozem	fallow/wheat/wheat 0–15 cm, fertilizer N	No straw	50	2.11	-0.9	0.2060	-0.2
				3 t ha ⁻¹ straw	50	2.09		0.2056	
Rasmussen and Parton, 1994	Pendleton Oregon	silt loam 0–30 cm	wheat/fallow + fertilizer N	No straw (burned)	56	1.08	7.4	0.089	4.5
				5 t ha ⁻¹ straw	56	1.16		0.093	

*=Tilastollisesti merkitsevä ero (p>0.05)