

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 12

ANTTI JAAKKOLA:

OLKIEN, OLKITUHKAN JA SOKERIJUURIKKAAN NAATTIEN
ARVO KALIUMLANNOITTEINA

JOKIOINEN 1980

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 12

ANTTI JAAKKOLA:

OLKIEN, OLKITUHKAN JA SOKERIJUURIKKAAN NAATTIEN ARVO
KALIUMLANNOITTEINA

31600 JOKIOINEN

PUH. 916-133 33

Sisältö

Sivu

Tiivistelmä	1
Johdanto	2
Aineisto ja menetelmät	2
Tulokset ja tarkastelu	5
Kaliumlannoituksen vaikutus	5
Kasvinjätteen vaikutus	9
Kasvinjätteet ja typpilannoitus	11
Kasvinjätteen vaikutus maan humuspitoisuuteen	13

Tiivistelmä

Kaksivuotisessa astiakokeessa ohra koekasvina selvitettiin maahan sekoitettujen olkien, olkituhkan ja sokerijuurikkaan naattien kaliumlannoitusarvoa. Samalla tutkittiin myös näiden kasvinjätteen vaikutusta typpilannoitustarpeeseen. Koemaana oli karkea hieta, jossa viljelty ohra kärsi ankarasta kaliumin puutteesta.

Olkien kaliumin käyttökelpoisuutta pyrittiin arvioimaan kasvin kahdesta kaliumpitoisuudeltaan erilaisesta vehnän olkierästä ottamien kaliummäärien erotuksen perusteella. Olkierien välillä oli kuitenkin muutakin koekasvin kasvuun vaikuttavaa eroa kuin erilainen kaliumpitoisuus, mikä vaikeutti tulosten tulkintaa. Voitiin kaikesta huolimatta päätellä, että vähintään 45 prosenttia olkien kaliumista oli käyttökelpoista kahden vuoden kuluessa ja jonkin verran olisi tullut kasvin käyttöön vielä myöhemminkin. Oljet lievensivät selvästi ylisuuren kaliumlannoituksen haittavaikutusta. Oljet lisäsivät typpilannoitustarvetta ensimmäisenä vuonna. Osa käyttämättä jääneestä olkien ja lannoitteen tyydestä oli ilmeisesti käytettävissä seuraavana vuonna. Noin 30 prosenttia olkien orgaanisesta aineksesta oli jäljellä vielä kahden vuoden kuluttua maahan sekoittamisesta.

Tuhkaksi poltto ilmeisesti paransi ja ainakin nopeutti olkien kaliumin hyväksikäyttöä. Kaliuminoton lisäyksen perusteella laskettu hyväksikäyttö oli yhden vuoden jälkeen lähes 50 prosenttia eli yhtä suuri kuin kaliumkloridina annetun kaliumin hyväksikäyttö. Kahden vuoden aikana olkituhkan kaliumista näytti 85 prosenttia siirtyneen ohran olkiin ja jyviin.

Sokerijuurikkaan naatit olivat kaliuminlähteenä ilmeisesti suunnilleen olkituhkan veroisia. Naattien selvä typpilannoitusvaikutus vaikeutti jonkin verran kaliumlannoitusarvon arviointia.

Johdanto

Oljet sisältävät huomattavan osan viljakasvien ottamista ravinteista. Olkien kaliumilla on ilmeisesti eniten merkitystä niiden lannoitusarvon kannalta. Olkien sisältämä kaliummäärä on moninkertainen jyväsadon mukana pellolta poistuvaan määrään verrattuna. Muitakin ravinteita, kuten esim. kalsiumia on olkisadossa suhteellisen runsaasti, mutta niiden vaikutus lannoitusarvoon on vähäinen, koska tarve sisällyttää näitä ravinteita lannoitukseen on harvinainen. Sokerijuurikkaan naatit sisältävät ravinteita huomattavasti enemmän kuin juurisato. Lannoitustarpeen kannalta onkin oleellista merkitystä sillä, kynnetäänkö oljet tai naatit maahan vai korjataan ne muuhun käyttöön. Olkien ja naattien lannoitusarvon tunteminen auttaa oikealla tavalla ottamaan huomioon nämä vaihtoehdot lannoitusta suunniteltaessa.

Kevätvehnän olkien ja sokerijuurikkaan naattien kaliumlannoitusarvon selvittämiseksi suoritettiin kaksivuotinen astiakoe. Samankin viljalajin olkien kaliumpitoisuus saattaa vaihdella melkoisesti. Tutkittavaksi otettiin kaksi kaliumpitoisuudeltaan erilaista olkierää. Olkien poltto pellolla ennen kyntöä on eräs mahdollisuus, jonka vaikutusta kaliumlannoitusarvoon pyrittiin myös selvittämään.

Suoritetun kokeen ja siihen liittyneiden maa- ja kasvianalyysien tarkoituksena oli selvittää tutkittavien materiaalien kaliumlannoitusarvo toisiinsa ja kaliumkloridiin verrattuna. Lisäksi pyrittiin selvittämään olkien vaikutusta ylisuuren kaliumlannoituksen aiheuttamiin haittoihin. Koska sekä oljet että naatit ilmeisesti vaikuttavat myös typpilannoitustarpeeseen, sisällytettiin koesuunnitelmaan koejäseniä, joiden typpilannoitus oli erilainen.

Aineisto ja menetelmät

Koemaa oli Pihtiputaalta, maalajiltaan karkeaa hietaa. Maaerä otettiin paikalta, jonka tiedettiin aikaisemmin suoritettujen astia- ja kenttäkokeiden perusteella olevan selvässä kaliumlannoituksen tarpeessa. Analyysien mukaan koemaassa oli

- 6 % savesta (<0,002 mm)
- 15 % hiesua (0,002 - 0,02 mm)
- 48 % hietaa (0,02 - 0,2 mm)
- 31 % hiekkaa (0,2 - 2 mm)

Yli 2 mm lajite seulottiin pois. Viljavuusanalyysin mukaan maan ominaisuudet olivat seuraavat:

pH (H ₂ O)				6,1
P, happameen ammoniumasetattiin uuttuva				2,3 mg/l
K,	"	"	"	30 "
Ca,	"	"	"	1260 "
Mg,	"	"	"	110 "

Sekä kalium- että fosforipitoisuus oli hyvin alhainen. Kalkituksen tarpeessa maa ei ollut. Magnesiumpitoisuus oli kohtalainen.

Maan määrä astiaa kohti oli 4,2 kg. Maan kuiva-ainepitoisuus punnittaessa oli 77 %.

Tutkittavat kevätvehnän oljet olivat peräisin Tikkurilasta ja Korsosta. Tikkurilasta saatujen olkien kaliumpitoisuus oli 2,1 mg/g ja Korsosta saatujen 6,8 mg/g kuiva-ainetta kohti laskettuna. Kummankaan erän kaliumpitoisuus ei ollut erityisen korkea. Typpipitoisuus oli molemmissa oljissa 6,6 mg/g ja kosteus 9 %. Sokerijuurikkaan naateissa oli kuiva-ainetta kohti 53,3 mg/g kaliumia ja 28,5 mg/g typpeä. Kuiva-ainepitoisuus oli 12,2 %. Kokeessa koejäseninä olevat tutkittavat materiaalit sekä niiden ja niissä olevien kaliumin ja typen määrät astiaa kohti olivat seuraavat:

	g/astia	K mg/astia	N mg/astia
1. oljet	200	390	1220
2. oljet	200	1240	1190
3. olkien (2) tuhka		1240	0
4. naatit	190	1240	660

Koesuunnitelma sisälsi mainitut neljä koejäsentä ja ilman olkia, tuhkaa tai naatteja jätetyn verranteen muodostamia koejäsenarjoja kahdella kaliumlannoitustasolla: ilman kaliumlannoitusta (1. sarja) ja 2000 mg K kaliumkloridina astiaa kohti (3 sarjaa). Typpeä annettiin 1000 mg astiaa kohti ilman kaliumkloridia jätetyille koejäsenille sekä 500, 1000 ja 2000 mg/astia kaliumkloridin saaneille koejäsenarjoille. Lisäksi kokeeseen kuuluu olkia (1) saaneita ja verranneastioita, joihin lisättiin 1000 tai 4000 mg/astia K kaliumkloridina. Typpeä näihin astioihin annettiin 1000 mg. Koejäseniä kokeeseen kuului 24. Kerranteita oli neljä ja astioita 96. Kokeesta voidaan erottaa seuraavat osat, joilla on osittain yhteisiä koejäseniä:

1. Nousevat kaliummäärät (0, 1000, 2000, 4000 mg/astia) X-kasvinjätteet (verranne, oljet 1). $4 \times 2 = 8$ koejäsentä
2. Kasvinjätteet (verranne, 2 x oljet, olkituhka, naatit) ilman muuta kaliumlannoitusta. 5 koejäsentä.
3. Nousevat typpimäärät (500, 1000, 2000 mg/astia) X-kasvinjätteet (verranne, 2 x oljet, olkituhka, naatit). $3 \times 5 = 15$ koejäsentä.

Koe perustettiin 10-11.11.1977. Tällöin kuhunkin astiaan punnittiin suunnitelman mukainen maa- ja olki- tai naattimäärä. Tuhka valmistettiin polttamalla tarkoitettu olkierä hehkutusuunissa, jonka lämpötila kohotettiin 450°C :een. Kasvinjätteet sekoitettiin astioihin punnittuihin maaeriin, jotka kostutettiin 250 ml:lla vettä. Astiat olivat sisällä huoneenlämpötilassa 2 viikkoa, jonka jälkeen ne vietiin talveksi ulos.

Ensimmäinen koekasvi, Ingrid-ohra kylvettiin seuraavana keväänä 15.5. Ennen kylvää annettiin koesuunnitelman mukainen kalium- ja typpilannoitus sekä aluslannoitukseksi kaikkiin astioihin 400 mg P monokalsiumfosfaattina. Ohra tuli oralle 22.5. Se korjattiin tuleentuneena 30.8. Sato kuivattiin 105°C :ssa. Olkisato laskettiin kokonaan korjatun maanpäällisen kasvuston ja siitä puidun jyväsadon erotuksena. Jokaisen astian jyvä- ja olkisadosta otettiin näyte analyysijä varten.

Syyskesällä 1978 satoi niin runsaasti, että alusastioihin maasta valunutta vettä ei saatu kokonaan imeytetyksi takaisin vaan osa jouduttiin heittämään pois. Tämän osan sisältämä kalium määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrillä (Varian Techtron).

Astiat olivat talven ulkona. Niihin kylvettiin uudelleen Ingrid-ohra 10-19.5. Koesuunnitelman mukaiset typpi- ja kaliumlannoitus uusittiin, samoin fosforialuslannoitus. Aluslannoitukseksi annettiin toisena koevuonna lisäksi magnesiumsulfaattia sekä hivenravinteita.

Koe korjattiin tuleentuneena 14.8.1979. Sadot punnittiin ja näytteet otettiin kuten edellisenä vuonna. Jokaisesta astiasta otettiin myös maanäyte.

Satonäytteistä määritettiin typpi Tecator-laitteistolla tehdyllä Kjeldahl-poltolla ja tislamalla emäksiseksi tehdystä liuksesta vapautunut ammoniakki Nitromatic-laitteella. Kalium määritettiin 500°C :ssa hehkutetun tuhkan suolahappouutteesta Varian Techtron-atomiabsorptiospektrofotometrillä.

Maanäytteiden kaliumin maantutkimuslaitos määrittäi atomiabsorptiospektrofotometrillä happameen ammoniumasetaattiin tehdystä uuttesta.

Koejäsenten välisten erojen merkitsevyys testattiin varianssianalyysillä. Parittaiseen vertailuun sovellettiin Tukey'n testiä, jonka mukainen pienin merkitsevä ero (PME) on ilmoitettu seuraavissa taulukoissa. Testaus suoritettiin 5 prosentin riskillä.

Tulokset ja tarkastelu

Kaliumlannoituksen vaikutus

Ilman kaliumlannoitusta ohra kärsi selvästi kaliumin puutteesta (taul. 1). Astiaa kohti annettu 1000 mg K kaliumkloridina paransi kasvua huomattavasti. Sekä jyvät että olkisato kohosivat.

Taulukko 1. Kaliumlannoituksen vaikutus jyvä- ja olkisatoihin (g/astia kuivaainetta) ilman kasvinjätettä jätetyissä ja olkilisäyksen saaneissa astioissa.

	1. koevuosi			2. koevuosi			1.+2.
	Jyvät	Oljet	Yhteensä	Jyvät	Oljet	Yhteensä	koevuosi Koko sato yht.
Ilman kasvinjätettä							
Ilman K-lannoitusta	4,8	9,1	13,9	2,7	7,2	9,9	23,8
K 1000+1000 mg/astia	40,3	37,8	78,1	31,9	30,2	62,1	140,2
K 2000+2000 "	38,2	35,0	73,2	21,7	20,9	42,6	115,8
K 4000+4000 "	33,9	30,9	64,8	19,2	21,6	40,8	105,6
Olkia (2 mg/g K) 200 g/astia							
Ilman K-lannoitusta	18,5	24,0	42,5	19,9	25,5	45,4	87,9
K 1000+1000 mg/astia	27,2	32,4	59,6	32,8	33,8	66,6	126,2
K 2000+2000 "	29,3	33,8	63,1	37,6	38,0	75,6	138,7
K 4000+4000 "	31,1	33,5	64,6	36,7	33,8	70,5	135,1
PME (P = 0,05)	3,3	2,7	5,3	17,1	13,9	30,2	32,6

Suuremmat kaliumannokset, 2000 ja 4000 mg/astia, eivät enää olleet hyödyksi, suurempi näistä oli päinvastoin jo haitallinen ja alensi sekä jyvä- että olkisatoa 1000 mg/astia kaliumannoksella saavutetusta tasosta.

Toisena koevuonna kaliumin puute oli ilmeisesti entisestään kärjistynyt. On myös todennäköistä, että suurimman kaliumannoksen liiallisuus oli entistä selvempi ja että jo puolet siitä eli kahden vuoden aikana yhteensä 4000 mg/astia oli nyt liikaa. Valitettavasti satunnaisvaihtelu kokeessa oli toisena koevuonna niin suuri, etteivät kaliumtasojen erot olleet varmoja. Sensijaan ilman kaliumlannoitusta jätetty koejäsen poikkesi muista merkitsevästi.

Pelkkä olkien lisäys maahan kohotti satotason 3-4- kertaiseksi. Tämä vaikutus voidaan olettaa johtuvaksi pääasiassa olkien sisältämästä kaliumista (390 mg/astia), mutta on luultavaa että myös muut ilmiöt vaikuttivat. Oljet esim. lisäsivät astiaan punnitun maaerän tilavuutta erittäin selvästi, lähes neljänneksellä. Kaliumannosten välillä ei ollut mainittavaa eroa. On syytä panna merkille, että kaliumlannoituksella saavutettu satotaso ei ollut korkeampi kuin ilman kasvinjätettä jätetyssä maassa suurimmalla kaliumannoksella saavutettu taso, joka oli selvästi matalampi kuin pienemmillä annoksilla.

Toisen koevuoden tulosten satunnaisvaihtelu oli niin suuri, ettei koejäsenten eroista tehtäviin johtopäätöksiin ole juuri aihetta. Ainoastaan on aiheellista kiinnittää huomiota siihen, että kaliumlannoitustasolla 2000 mg/astia/v olkien lisäys sai aikaan kasvun paranemisen ja siis ilmeisesti poisti tai ainakin lievensi runsaan kaliumlannoituksen haittavaikutusta.

Kaliumlannoitus vaikutti jyvä- ja olkisatoihin suunnilleen samalla tavalla. Kaliumin puutteessa jyviä oli kuitenkin olkiin verrattuna jonkin verran vähemmän kuin silloin, kun kaliumia oli riittävästi tai liikaa tarjolla. Jyvien ja olkien yhteismäärän eli koko maanpäällisen sadon muuttuminen kuvasi riittävän tarkasti kaliumlannoituksen vaikutusta.

Kasvin kaliumin otto lisääntyi ensimmäisenä koevuonna kaliumlannoituksen lisääntyessä (taul. 2)

Taulukko 2. Kaliumin määrä (mg/astia) korjatuissa sadoissa.

	1. koevuosi			2. koevuosi			1.+2.
	Jyvissä	Oljissa	Yht.	Jyvissä	Oljissa	Yht.	koevuosi Yhteensä
Ilman kasvinjätteitä							
Ilman K-lannoitusta	28	25	53	15	22	37	90
K 1000+1000 mg/astia	177	343	520	125	543	668	1188
K 2000+2000 "	162	793	955	85	588	673	1628
K 4000+4000 "	143	1113	1256	80	844	924	2181
Olkia (2 mg/g K) 200 g/astia							
Ilman K-lannoitusta	90	135	225	89	80	169	394
K 1000+1000 mg/astia	128	458	586	130	637	767	1353
K 2000+2000 "	139	590	729	153	871	1024	1754
K 4000+4000 "	140	765	905	143	1055	1198	2104
PME (P = 0,05)	25	96	93	63	404	457	466

Ilman kaliumlannoitusta koko sato sisälsi vain 53 mg/astia K. Kaliumannoksista 1000 ja 2000 mg/astia noin 45 prosenttia näytti tulevan hyväksikäytetyksi, mutta suurimmasta annoksesta, 4000 mg/astia, vain 30 prosenttia kulkeutui kasviin. Kaliumlannoitus vaikutti nimenomaan olkien kaliumiin, jyvien kaliumpitoisuus muuttui verraten vähän ja muutokset jyvien kaliummäärässä johtuivat lähinnä jyväsadon määrän vaihteluista.

Olkien lisäys paransi kaliumin saantia, vaikka muuta kaliumlannoitusta ei annettukaan. Kaliumin otton lisäys oli 44 % olkiannoksen sisältämästä määrästä, mutta ei ole varmaa, että koko lisäys oli oljista peräisin. Oljen lisäys saattoi tehostaa myös ottoa maasta. Kaliumkloridina lisätyn kaliumin otto kuitenkin väheni olkien ansiosta. Vain 36-17 prosenttia lisätystä kaliumista näytti siirtyvän kasviin.

Astioista läpi valuneen veden mukana joutui hukkaan kaliumia. Kasvin ottaman ja veden mukana huuhtoutuneen kaliumin jälkeenkin astiaan jäi osa ensimmäisenä vuonna lisätystä kaliumista. Huuhtoutuneet ja astiaan käyttämättä jääneet määrät (tase) olivat seuraavat (mg/astia K):

	Ilman olkia		Olkia lisätty	
	Huuht.	Tase	Huuht.	Tase
Ilman K-lannoitusta	2	-55	8	-230
1000 mg/astia K	5	480	40	380
2000 "	130	910	200	1070
4000 "	580	2160	720	2380

Ylisuurista kaliumannoksista, 2000 ja 4000 mg/astia huuhtoutui varsin runsaasti. Maahan jäi kuitenkin käyttämätöntä kaliumia jopa runsaat puolet lisäystä määrästä. Pantakoon merkille, että maahan sekoitetut oljet lisäsivät nähtävästi jonkin verran kaliumin huuhtoutumista, mikä viittaa siihen, että liukoista kaliumia oli olkia saaneessa maassa enemmän. Kun oljenlisäys toisaalta vähensi kaliuminottoa, voidaan päätellä kasvin kaliuminottokyvyn heikentyneen. Maahan lisätty olki esti siis ilmeisesti sekä kasvin kasvua että kaliuminottoa.

Toisena koevuonna kasvin käytettävissä oli siis keväällä annetun kaliumin lisäksi edelliseltä vuodelta maahan jäänyttä kaliumia. Tämän kokonaismäärä oli noin puolet vuotuisannoksesta, mutta sen käyttökelpoisuutta kasville ei voitu arvioida. Joka tapauksessa kaliumia oli kaliumlannoituksen saaneissa astioissa tarjolla huomattavasti enemmän kuin edellisenä vuonna.

Runsaan kaliumlannoituksen, 2000 ja 4000 mg/astia, jälkeen kaliumin otto oli toisena koevuonna pienempi kuin ensimmäisenä vuonna (taul. 2), vaikka kaliumia oli siis enemmän tarjolla. Tämä johtunee lähinnä liian kaliumin aiheuttamasta kasvun (vrt. taul. 1) ja kaliuminottokyvyn heikkenemisestä.

Astioissa, joihin oli lisätty olkia, kaliumlannoitus ilmeisesti lisäsi kaliuminottoa enemmän kuin muissa astioissa, mutta suuren satunnaishajonnan takia erot eivät olleet merkitseviä.

Jyvien ja olkien sisältämien kaliummäärien suhde riippui selvästi kaliumin saannista. Ilman kaliumlannoitusta määrät olivat suunnilleen yhtä suuret. Tilanne oli sama sekä ankarassa kaliuminpuutteessa, joka vallitsi alkuperäisessä koe-
maassa, että olkilisäyksellä huomattavasti lievennetyssä puutteessa. Kaliumkloridiannoksen lisääntyessä nimenomaan olkien kaliummäärä nousi jyrkästi. Suurimmillaan oljissa oli noin 10 kertaa niin paljon kaliumia kuin jyvissä.

Kokeen päätyttyä kaliumtase (kaliumkloridina lisätty - kasvin ottama - huuhtoutunut, K mg/astia) ja happameen ammoniumasetattiin uuttuvan kaliumin pitoisuus (mg maalitraa kohti) oli koejäsenittäin seuraava:

	Ilman olkia		Olkia lisätty	
	Tase	Pitoisuus	Tase	Pitoisuus
Ilman K-lannoitusta	-90	33	-400	50
1000+1000 mg/astia K	810	100	610	160
2000+2000 "	2240	460	2050	390
4000+4000 "	5240	1210	5180	940

Maan uuttuva kaliumpitoisuus oli sitä korkeampi mitä enemmän kaliumkloridina lisättyä kaliumia oli jäänyt käyttämättömänä astioihin. Pienin merkitsevä ero oli 125 mg K maalitraa kohti. Näyttää kuitenkin siltä, että kohtuullisen kaliumlisäyksen jälkeen jäännöskaliumista oli uuttuvassa muodossa vähäisempi osa kuin runsaan lisäyksen jälkeen. Ilmeisesti koekasvi oli ottanut kohtuullisen kaliumlannoituksen jälkeen suuremman osan helppoliukoisesta kaliumista kuin runsaan lannoituksen jälkeen. Oljet lisäsivät astiassa olevan maa-erän tilavuutta, mikä luonnollisesti pienensi maalitraa kohti ilmoitettua kaliumpitoisuutta. Tämä käy ilmi varsinkin 2000 ja 4000 milligramman vuotuisen kaliumannoksen saaneiden koejäsenten kohdalla. Sen sijaan pienimmän kaliumlisäyksen jälkeen tätä ei havaittu, mikä viitanee hyväksikäyttämättömän helppoliukoisen kaliumin osuuden kasvamiseen oljenlisäyksen johdosta.

Kasvinjätteen vaikutus

Niukasti kaliumia sisältävät oljet, joiden mukana astiaan tuli 390 mg kaliumia, lisäsivät ohrasatoa selvästi (taul. 3). Ensimmäisen vuoden sadonlisäys oli vajaat puolet siitä, mihin päästiin antamalla 1000 mg/astia kaliumia kaliumkloridina. On huomattava, että oljet paransivat silminnähden maan ilmavuutta, millä seikalla ilmeisesti oli myös satoa lisäävää vaikutusta. Toisaalta oljilla saattaa olla myös kasvua haittaavia ominaisuuksia, kuten havaitaan selvästi olleen toisella kokeillulla olkierällä. Huolimatta siitä että tämä erä sisälsi astiaa kohti yli nelinkertaisen kaliummäärän toiseen erään verrattuna, sadonlisäys jäi paljon pienemmäksi. Olkien haitallinen vaikutus rajoittui ensimmäiseen koevuoteen, toisena vuonna olkierien väliset sadonlisäysten erot olivat selitettävissä erilaisen kaliumsisällön perusteella. On tärkeätä panna merkille, että kummankin olkierän satoa lisäävä vaikutus jatkui vielä toisena koevuonna, vieläpä vähintään samansuuruisena kuin ensimmäisenä vuonna.

Taulukko 3. Kasvinjätteiden vaikutus ohran kuiva-ainesatoon (jyvät+oljet), kaliumin ottoon ja maan uuttuvan kaliumin pitoisuuteen kokeen lopussa.

	Sato, g/astia			Kaliumin otto, mg/astia			Maan K mg/l
	1v.	2v.	1+2v.	1v.	2v.	1+2v.	
Ilman kasvinjätteitä	13,9	9,9	23,8	53	37	90	33
200 g/astia olkia (390 mg K)	42,5	45,4	87,9	225	169	394	50
200 g/astia olkia (1240 mg K)	29,2	74,7	103,9	306	470	776	88
200 g/astia olkia (1240 mg K) tuhkana	84,1	55,6	139,7	665	479	1145	47
190 g/astia naatteja (1240 mg K)	88,8	64,6	153,4	775	395	1170	45
PME (P = 0,05)	4,3	14,6	14,2	46	250	265	19

Kasvin kaliuminoton perusteella voidaan tehdä päätelmiä maan kaliumin ja maahan lisätyn kaliumin käyttökelpoisuudesta. Edellytyksenä on kuitenkin, että maahan lisätty aine ei vaikuta muulla tavoin kuin kaliumlannoitteena. Olki lisää maan ilmavuutta ja vaikuttaa siis ilmeisesti tätäkin kautta kasvin kasvuun ja kaliuminottokykyyn. Olkia saaneen astian kaliuminottoon lisäys ei siis välttämättä ole kokonaisuudessaan seurausta lisääntyneestä tarjolla olevan kaliumin määrästä, vaan myös kasvin muuttunut ravinteidenottokyky vaikuttaa asiaan. Kahden kaliumpitoisuudeltaan erilaisen olkierän vertailulla oli tässä kokeessa tarkoitus eliminoida muut vaikutukset ja saada esiin puhdas kaliumvaikutus. Tämä ei onnistunut, koska olkierät poikkesivat toisistaan kaliumpitoisuuden lisäksi ilmeisesti muillakin ominaisuuksiltaan.

Vaikka kaliumpitoisempi olkierä hidasti ensimmäisenä vuonna kasvua selvästi toiseen erään verrattuna, oli kaliumotto edellisestä kuitenkin jonkin verran suurempi. Toisena vuonna olkierien välinen ero kasvin kaliuminotossa oli 300 mg/astia. Yhteensä kahden vuoden aikana ero oli 380 mg/astia eli 45 prosenttia olkierien sisältämien kaliummäärien erotuksesta (850 mg/astia). Vähintään niin suuri osuus olkien kaliumista oli siis käyttökelpoista kasville kahden vuoden aikana. On ilmeistä, että osuus olisi ollut suurempi, jos koekasvi olisi kasvanut moitteettomasti ensimmäisenäkin vuonna. Jo hylättyjen alusastivesien mukana kaliumpitoisia olkia saaneista astioista joutui hukkaan huomattava

kaliummäärä (60 mg/astia). Toisen olkierän saaneista astioista huuhtoutumistapio oli vain 8 mg/astia. Edellisissä astioissa oli kokeen päättyessä viljavuus-analyyssissä uuttuvaa kaliumia lähes 40 mg/l eli astiaa kohti jopa lähes 200 mg enemmän kuin jälkimmäisissä.

Tuhkaksi poltettu olki vaikutti tässä kokeessa tuskin oleellisesti muulla tavalla kuin kaliumlannoitteena. Muiden ravinteiden riittävästä saannista huolehdittiin ja tuhka ei muuttanut maan rakennetta. Saavutettu sato oli ensimmäisenä vuonna jopa vähän korkeampi kuin kaliumkloridina tehdyn 1000 mg/astia kaliumlisäyksen jälkeen. Tuhkan aiheuttama kaliuminoton lisäys oli 610 mg/astia eli 49 prosenttia tuhkan sisältämästä kaliummäärästä. Kaliumkloridin kaliumista näytti siirtyneen kasviin samana aikana 47 prosenttia. Vielä toisenakin vuonna tuhka vaikutti vaikka huuhtoutuneen määrän (9 mg/astia) perusteella ei ollut syytä odottaa tuhkaa saaneissa astioissa olevan paljonkaan liukoista kaliumia jäljellä ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Tuhka lisäsi kahden vuoden ohrasadon ottamaa kaliummäärää kaikkiaan 1060 mg/astia eli 85 prosenttia tuhkan sisältämästä kaliumista. Kokeen päätyttyä tuhkaa saaneissa maissa ei ollut merkittävästi enempää uuttuvaa kaliumia kuin alunperin.

Sokerijuurikkaan naatit vaikuttivat tässä kokeessa ohran kasvuun ja kaliuminottoon suunnilleen tuhkan tavoin. Ilmeisesti naatit paransivat kasvua muutenkin kuin kaliumlannoitteena. Niiden sisältämä typpi (660 mg/astia) oli tuskin vailla merkitystä. Kaliuminoton lisäys, joka ensimmäisenä vuonna oli 720 mg/astia ja koko koekautena yhteensä 1080 mg/astia, johtui osittain kasvin parantuneesta ravinteidenottokyvystä ja vastaavat naattien kaliumin korkeat hyväksikäyttöprosentit, 58 ja 87 olivat osittain näennäisiä. Naatteja saaneista astioista huuhtoutui kokeen aikana 12 mg/astia K.

Kasvinjätteet ja typpilannoitus

Kasvinjätteiden ja typensaannin välisen vuorovaikutuksen selvittämiseksi tutkittiin koekasvin sadon ja typenoton riippuvuutta maahan sekoitetuista kasvinjätteistä eri typpilannoitustasoilla. Nämä tasot olivat kaliumlannoituksen ja kasvinjätteiden vaikutusta selvitettäessä käytetty 1000 mg/astia N vuosittain, puolet tästä määrästä ja kaksinkertainen määrä. Kaliumlannoitus oli 2000 mg/astia K kaliumkloridina vuosittain, joka määrä ilmeisesti ylitti optimin.

Olkien tyyppiä kuluttava vaikutus kävi selvästi ilmi alimmalla typpilannoitus-tasolla. Toisen olkierän lisääminen maahan pudotti ensimmäisenä vuonna sadon alle puoleen, toisen lisäys peräti viidennekseen (taul. 4). Kasvien typenoton erot olivat vielä suuremmat. Olkituhka ei vaikuttanut satoon, sen sijaan naatit lisäsivät sitä ilmeisesti sisältämänsä typen (660 mg/astia) ansiosta. Toisena vuonna suuri satunnaishajonta vei pohjan erojen tarkastelulta.

Taulukko 4. Typpilannoituksen ja kasvinjätteiden vaikutus ohran kuiva-aine satoon (jyvät+oljet) ja typen ottoon 2000 mg K kaliumkloridina vuosittain saaneissa astioissa.

	Sato, g/astia			N mg/astia		
	1v.	2v.	1+2v.	1v.	2v.	1+2v.
<u>N 500 + 500 mg/astia</u>						
Ilman kasvinjätteitä	53,6	37,4	91,0	554	410	965
200 g/astia olkia (390 mg K)	24,4	43,4	67,8	174	366	541
200 " olkia (1240 mg K)	10,8	45,3	56,1	85	400	486
200 " olkia (1240 mg K) tuhkana	60,9	33,3	94,2	599	327	927
190 " naatteja (1240 mg K)	66,2	45,1	111,3	792	507	1300
<u>N 1000 + 1000 mg/astia</u>						
Ilman kasvinjätteitä	73,2	42,6	115,8	958	612	1570
200 g/astia olkia (390 mg K)	63,1	75,6	138,7	507	855	1362
200 " olkia (1240 mg K)	30,4	79,5	109,9	234	860	1094
200 " olkia (1240 mg K) tuhkana	84,1	58,4	142,5	1004	700	1704
190 " naatteja (1240 mg K)	73,4	53,3	126,7	1175	779	1954
<u>N 2000 + 2000 mg /astia</u>						
Ilman kasvinjätteitä	96,2	41,1	137,3	1806	915	2721
200 g/astia olkia (390 mg K)	105,1	95,1	200,2	1217	1696	2913
200 " olkia (1240 mg K)	80,9	92,9	173,8	753	1636	2389
200 " olkia (1240 mg K) tuhkana	107,1	57,2	164,3	1852	1117	2969
190 " naatteja (1240 mg K)	86,4	62,5	148,9	1830	1364	3194
PME (P = 0,05)	11,4	43,3	43,5	133	660	700

Typpilannoituksen suurentaminen vaikutti eniten ohran kasvuun olkia saaneissa astioissa. Korkeimmalla typpilannoitustasolla toinen olkierä ei enää aiheuttanut sadonalennusta, vaikka typenotto olikin selvästi vähentynyt. Olkierien välinen ero oli samansuuntainen, mutta suhteellisesti pienempi kuin alimmalla typpilannoitustasolla. Toisena vuonna yli vuoden maassa olleet oljet eivät näyttäneet enää estävän typen ottoa. Päinvastoin olkia saaneet kasvoivat paremmin ja typenotto niistä oli runsaampaa kuin ilman kasvinjätteitä jätetyt astiat. On epävarmaa, kuinka suuri osa vaikutuksesta johtui olkien ylisuuren kaliumlannoituksen aiheuttamaa haittaa vähentävästä vaikutuksesta ja miten suuri osa olkien sisältämän typen (alunperin n. 1200 mg/astia) vapautumisesta tai muusta maahan edelliseltä vuodelta jääneestä tpeestä.

Olkituhka ja naatit eivät vaikuttaneet korkeammilla typpilannoitustasoilla saatoon. Naattien typpi lisäsi ensimmäisen vuoden typenottoa 1000 mg lannoitetyppeä saaneissa astioissa, mutta ei enää 2000 mg/astia typpilannoitustasolla.

Kasvinjätteiden vaikutus maan humuspitoisuuteen

Kokeen päätyttyä maasta tehtiin humuspitoisuuden määrittäminen märkäpolttomenetelmällä vertaamalla nousevan humuspitoisuuden omaavaan maanäytesarjaan (taul. 5). Ainoastaan olkien vaikutus näkyi selvänä humuspitoisuuden nousuna.

Taulukko 5. Kasvinjätteiden vaikutus maan humuspitoisuuteen (% maan painosta). Pienin merkitsevä ero ($P = 0,05$) 0,7 %.

	Org. ainesta li- sätty, % maan painosta	Kaliumlannoitus, mg/astia				
		0	2x2000		2x4000	
		2x1000	2x500	2x1000	2x2000	2x1000 mg/ast
Ilman kasvinjätteitä	0	4,7	4,9	4,7	4,9	4,8
200 g olkia (1)	5,4	6,4	6,2	6,3	6,5	6,7
200 g olkia (2)	5,3	6,1	6,2	6,4	6,5	-
Oljet (2) tuhkana	0	5,1	5,0	5,0	5,1	-
190 g naatteja	0,7	5,2	5,0	5,0	5,0	-

Olkien (1) oltua maassa kaksi vuotta humuspitoisuus oli keskimäärin koko kokeessa 1,5 % korkeampi kuin ilman kasvinjätteitä jätetyssä maassa. Näyttää siis, että noin 30 prosenttia olkien orgaanisesta aineksesta oli vielä jäljellä.

Tuhkan mukana maahan ei joutunut orgaanista ainesta. Sokerijuurikkaan naatit olivat niin vesipitoisia, ettei kokeessa käytetyllä annoksella ollut edellytyksiä nostaa maan humuspitoisuutta merkittävästi.

