

Sijoituslannoituksen kehityksestä ja tutkimustoiminnasta Suomessa

OSMO KARA ja LASSI RÄISÄNEN

Maatalouskoneiden tutkimuslaitos, Rukkila, 00001 Helsinki

On the development and field experiments of fertilizer placement in Finland

OSMO KARA and LASSI RÄISÄNEN

Finnish Research Institute of Engineering in Agriculture and Forestry, Rukkila, 00001 Helsinki

Abstract. The placement of fertilizer in connection with sowing of cereal has become very popular in Finland within the last 10 years. Today we generally place fertilizer and drill seed at the same time with a fertilizer placement drill, which drills seed to rows and places fertilizer between every other row. We also use machines, fertilizer and seed drills, with which the sowing and the fertilizer placement are done with the same coulters in different operations. Shares of the drill coulters can also be turnable so that one end is a fertilizer coulters and the other a seed coulters. The sale of fertilizer placement drills is at present about 10 times larger than the total sale of traditional seed drills in Finland.

There have been many field experiments in the placement of fertilizer with spring cereals in Finland.

The placement of fertilizer into a depth of 8–10 cm has increased grain yields of spring cereals on an average about 14 percent. The increase in grain yields has varied between 0–40 % in different years.

The placement of fertilizer has improved most the availability of nitrogen, next of potassium and then of phosphorus. The placement has also accelerated ripening. The crude protein content of the grain yield has decreased somewhat by the placement of fertilizer.

Sprinkler irrigation did not appear to reduce the effect of placement of the fertilizer. These two methods form a highly efficient combination.

Sijoituslannoituskoneiden kehityksestä

Lannoitteen sijoittaminen samaan riviin siemenen joukkoon tai määrätai-syydelle siemenestä on ollut tunnettu jo viime vuosisadalla ja on yleisessä käytössä mm. Yhdysvalloissa. Euroopassa ensiksi mainittu menetelmä yleis-tyi jossain määrin toisen maailmansodan aikana Englannissa. Pohjoismaissa viljan viljelyyn liittyviä sijoituslannoitusta koskevia tutkimuksia alettiin suorittaa 1940-luvulla. Alustavien tutkimusten perusteella mm. Ruotsissa

julistettiin v. 1946 suunnittelukilpailu erillisen rivilannoittimen kehittämiseksi. Suunnitellut koneet jäivät kuitenkin kokeiluasteelle.

Suomessa *M a a s e u d u n K o n e* valmisti v. 1955 siementen joukkoon lannoitteet kylvävän hevos- ja traktorivetoisen kylvölannoittimen koekappaleet. Koneiden vastaanotto oli kuitenkin siinä määrin ristiriitainen, että valmistaja katsoi parhaaksi jäädä odottamaan lisäselvityksiä.

Vuonna 1957 ahvenanmaalainen maanviljelijä *C. Nordlund* rakensi yhdistetyn kylvökoneen, johon oli yhdistetty myös muokkaukone ja jyrä. Tämäkään kone ei päässyt teollisen valmistuksen asteelle.

Vaikka maassamme myytiinkin ulkomaisia lannoitteen siementen joukkoon kylväviä koneita 1950-luvulla jonkin verran, menetelmä ei kuitenkaan yleistynyt. Tämä johtui ainakin osittain siitä, että kyseisten koneiden riviväli oli melko suuri eivätkä sadon lisäykset vastanneet odotuksia. Koneet olivat myös alttiita ruostumaan ja lyhytikäisiä.

Vuonna 1958 professori *Martti Salonen* suunnitteli kenttäkokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää ennen viljan kylvöä määräsyyvyyteen sijoitetun lannoitteen vaikutusta. Tarkoitusta varten maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella vahvistettiin hevosvetoinen viljankylvökone. Tämä vetovantainen kone oli kuitenkin heikkorakenteisena rivilannoitukseen sopimaton ja kokeet epäonnistuivat.

Seuraava varsinainen rivilannoittimen koekappale suunniteltiin ja rakennettiin kevättalvella 1959 maatalouskoneiden tutkimuslaitoksella yhteistoiminnassa Yliopiston maanviljelyskemian laitoksen kanssa. Tämän koekappaleen (kuva 1) suunnittelussa oli pyrkimyksenä rivilannoituksen ohella korvata osittain myös kylvömuokkaus samalla ajokerralla. Koneen runko-osana oli silmuk-



Kuva 1. Rivilannoituskoneen koekappale v. 1959.

Fig. 1. *Experimental fertilizer placement drill in 1959.*

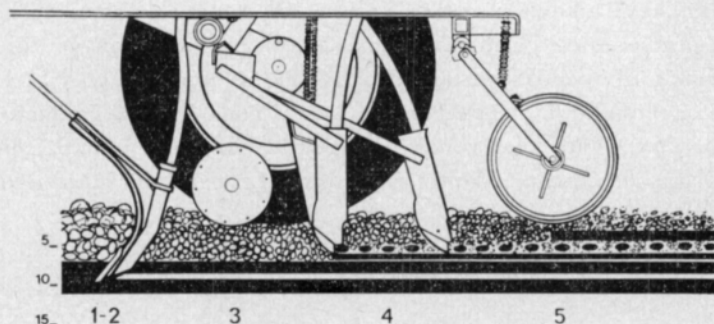
kakultivaattori ja syöttökoneistona viljankylvökoneen syöttölaite säiliöineen. Lannoiteputket johdettiin kultivaattorin terien taakse kiinnitettyihin suppiloihin. Koneen kokeilun yhteydessä suoritettiin alustavia kenttäkokeita melko ravinneköyhillä multa- ja hietamoreenimailla. Näissä alustavissa kokeissa sadon lisäykset olivat yllättävän suuria, keskimäärin noin 25 % hajalannoitettuun verrattuna (NIEMINEN ja HEINONEN 1960, HEINONEN ja NIEMINEN 1961).

Em. rivilannoittimen lisäksi tutkittiin lähinnä koneiden kehittämisen suunnan selvittämiseksi myös lautasterin muokkaavien ja multaavien rivilannoittimien soveltuvuutta. Raskasrakenteisina koneet olivat kuitenkin hankalia käsitellä ja niiden edelleen kehittämistä luovuttiin.

Alustavissa kokeissa saatujen myönteisten kokemusten jälkeen rivilannoittimien teolliseen valmistuskuntoon saattaminen ja jatkokehitys siirtyi pääasiassa maatalouskoneteollisuudelle. Vuonna 1961 Junnilan Konepaja valmistti ensimmäisen teollisesti valmistetun S-piikein varustetun rivilannoittimen koekappaleen. Tehdasvalmisteisten koneiden myynti alkoi vuonna 1963, jolloin em. tehdas valmisti 15 rivilannoittimen koesarjan. Kahdena seuraavana vuonna erilliseen lannoitteen multaamiseen tarkoitettujen rivilannoittimien myynti oli vielä melko vähäistä, yhteensä n. 460. Tämän jälkeen myynti lisääntyi tuntuvasti.

Kylvö-lannoituskoneita (kuva 2), joilla lannoitus tapahtuu samalla ajokerralla kuin kylvö määräsyvyyteen ja -etäisyyteen siemenrivistä, on maassamme valmistettu myyntiä varten vuodesta 1966 alkaen. Koneet olivat aluksi lannoitteen jokaiseen kylvöriviväliin sijoitettavia. Näitä koneita kehitettiin myös yliopiston koetilalla Malminkartanossa agr. Matti Kareksen toimesta. Koneen rakenteen yksinkertaistamiseksi ja tukkeutumisvaaran pienentämiseksi lannoitusvantaiden määrää vähennettiin niin, että kone sijoitti lannoitteet joka toiseen kylvöriviväliin. Kenttäkokein menetelmät todettiin likimain tasavertaisiksi. Nykyisin kaikki maassamme valmistetut kylvö-lannoittimet ovat viimeksi mainittua mallia.

Yleisvantaalla varustettuja rivilannoittimia, joilla kylvö ja lannoitus tapahtuu samalla koneella eri ajokerroilla, on myyty maassamme v. 1970



Kuva 2. Kylvölannoituskoneen kaaviokuva. 1-2) lannoitusvannas, 3) varpajyrä, 4) kylvövantaat ja 5) jyräpyörät.

Fig 2. Principle of fertilizer placement and seed drill with machines of the present time. 1-2) fertilizer drill, 3) rotary spiral-cage tiller, 4) seed drills, 5) press wheels.

alkaen. Kone poikkeaa tavallisesta kylvökoneesta vain vantaan rakenteen suhteen. Jokainen painojousella varustettu vannas toimii kylvövantaan tapaan toisistaan riippumatta. Vantaan kärjen muoto on tehty ottavaksi lannoitteen riittävän sijoitusyvyyden saavuttamiseksi. Valmistetaan myös konemallia, jossa vannas voidaan kääntää sekä viljan kylvöä että lannoitusta varten.

Sijoituslannoitus- ja kylvökoneiden myynti maassamme käy ilmi taulukosta 1.

Taulukko 1. Sijoituslannoitus- ja kylvökoneiden myynnin kehitys

Table 1. The development of the sale of seed drill and fertilizer placement machines in Finland

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Kylvökoneet	3 370	2 900	3 000	2 200	1 560	1 590	410
<i>Seed drills</i>							
Kylvö-lannoittimet	100	200	570	2 050	3 000	2 950	3 480
<i>Combine placement drills</i>							
Rivilannoittimet	2 170	2 600	3 000	2 200	1 460	570	430
<i>Fertilizer drills</i>							
Yleisvannaskoneet	—	—	—	100	200	600	1 860
<i>Fertilizer and seed drills</i>							

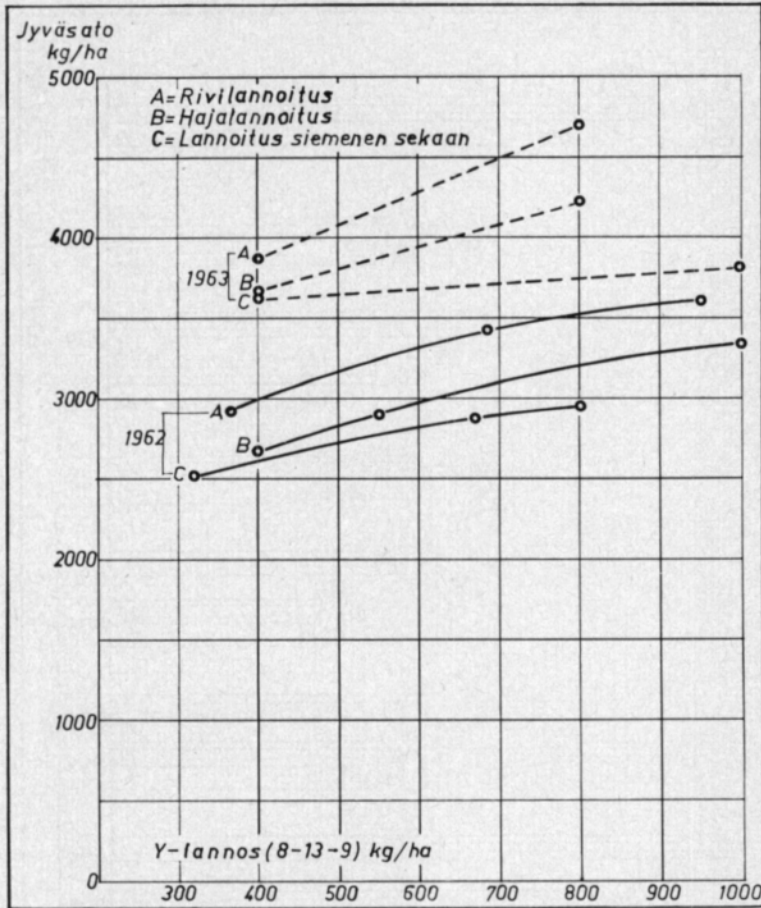
Tilaston perusteella voidaan todeta, että kylvö-lannoituskoneiden ja ns. yleisvannaskoneiden käytön yleistyttyä varsinaisten kylvökoneiden myynti on pienentynyt romahdusmaisesti, kuten myös varsinaisten rivilannoittimienkin. Arvion mukaan nykyisin n. 70 % kevätiljoista lannoitetaan lannoitteet maahan sijoittaen, ja kehityksen suunnan jatkuessa tultaneen tällä vuosikymmenellä viljakasvien hajalannoituksesta maassamme lähes tyystin luopumaan.

Sijoituslannoitusta koskevat tutkimukset

Useissa tutkimuksissa on todettu, että äkeellä syväänkin muokattaessa lannoitteet jäävät 0—5 cm syvyyteen, siis kylvö- ja juurikerroksen yläpuolelle. Kuivan alkukesän aikana, mikä on oloissamme tyypillistä, suurin osa äkeellä mullatusta amonium- ja nitraattitypeistä pysyttelee maan pintakerroksissa ja on kasveille alkukehityksen aikana käyttökelvotonta (KAILA ja HÄNNINEN 1961). Maan pinnalle levitetyn typen teho on vielä äkeellä mullattuakin huonompi (SALONEN 1960). Sateisinakaan kausina suuri osa huonosti liikkuvasta kylvömuokkauskerrokseen sekoitetusta fosforista ei joudu juurten ulottuville.

Lannoitteiden kylvö siementen joukkoon

Eri maissa suoritetuissa tutkimuksissa on voitu todeta, että samaan riviin siementen joukkoon sijoitettujen pienehköjen superfosfaattimäärien lannoitus-teho on lisääntynyt tuntuvasti vastaaviin hajalannoituksena annettuihin määriin verrattuna. HONKAVAARAN (1945) suorittamissa kokeissa 50 kg superfos-



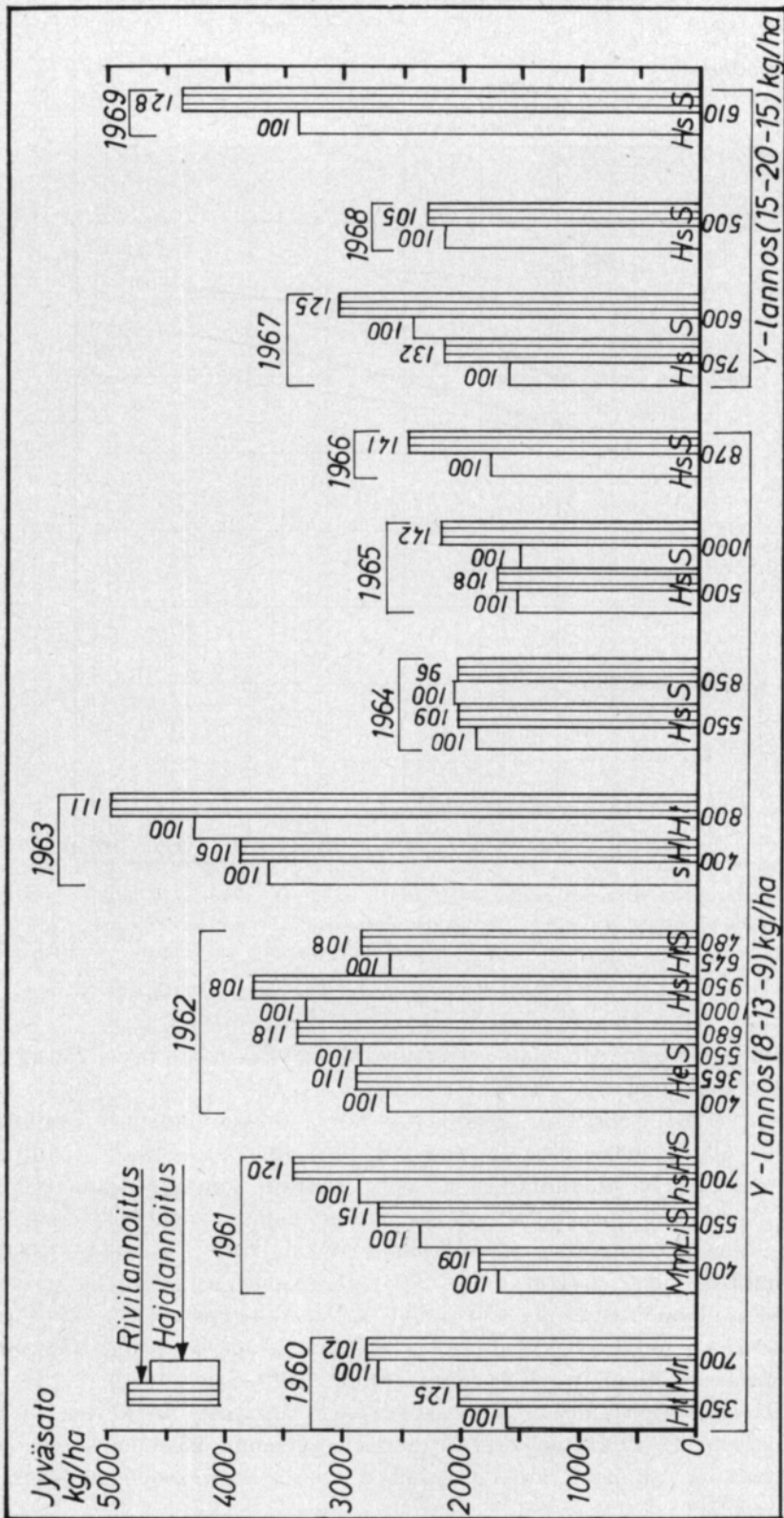
Kuva 3. Samaan riviin siemenen kanssa sijoitetun lannoitteen vaikutus jyväsadon määrään verrattuna erilliseen rivilannoitukseen ja hajalannoitukseen (Svenno-kevätvehnä).

Fig. 3. Effect of fertilizer placement. A) Fertilizer placed in rows in different operations, B) broadcast, and C) fertilizer and drill seed placed in the same row.

faattia lisäsi lannoittamattomaan verrattuna hajalevittäen satotasoa 250 kg/ha ja siementen joukkoon kylvettynä 500 kg/ha.

NIEMISEN (1964) suorittamissa kokeissa (kuva 3) lannoitustason vaihdellessa välillä 300–1 000 kg/ha Y-lannosta (8 – 13 – 9) lannoite pantuna siemenen joukkoon on antanut sekä hajalannoitettuja, mutta etenkin rivilannoitettuja koejäseniä pienempiä satoja. Lannoitustason noustessa satoerot ovat suurentuneet tuntuvasti rivilannoituksen eduksi. Myös Ruotsissa on saatu saman suuntaisia tuloksia (HEINONEN 1965). Kotkaniemen koetilalla suoritetuissa kokeissa lannoitustasoilla 450 ja 700 kg/ha Y-lannosta (15 – 20 – 15) lannoite siemenen joukkoon kylvettynä ja rivilannoittaen ovat em. tuloksista poiketen antaneet likimain yhtä suuret sadot. (PESSI ym. 1970).

Lannoitteiden sijoittamistavan ja sadetuksen vaikutusta koskevien tutkimuksien perusteella vaikuttaa siltä, että mitä kuivempi kasvukausi on sitä haitallisempaa on sijoittaa lannoite samaan riviin kylvösiemenen kanssa. (KARA ym. 1970)



Kuva 4. Sijoituslannoituksen vaikutus kevätvehnän satoon vuosina 1960–1969.
 Fig. 4. The effect of fertilizer placement on the grain yields of wheat (1960–1969). Not ruled = broadcast, ruled = placed.

Runsaanlaista lannoitusta käytettäessä siemenen joukkoon sijoitettu lannoite vaikuttaa haitallisesti siemenen itämiseen ja orastumiseen sekä hidastuttaa alkukehitystä. HONKAVAARA (1946) on todennut rukiin orastumisen pienentyneen 93 %:sta 75 %:iin, kun superfosfaattimäärää lisättiin 50 kg:sta 200 kg:aan hehtaaria kohden. Yksiravinteisista lannoitteista kaliumin ja typen yhdisteet ovat itävyydelle haitallisempia kuin fosfaatit (OLSON ja DREIER 1956). Suurimpana syynä myrkyvaikutuksen ohella on siementen veden saantia rajoittava vesiliukoisten suolojen kokonaismäärä.

Sijoituslannoitus.

1960-luvun alussa rivilannoituksella saatujen erittäin myönteisten tulosten perusteella aloitettiin maassamme järjestelmällinen koe- ja tutkimustoiminta eri koeasemilla ja tutkimuslaitoksilla aluksi rivi- ja myöhemmin kylvölannoitukseen liittyvien kysymysten selvittämiseksi. Merkillepantavaa on se riipeys, millä kotimainen teollisuus on käyttänyt hyväkseen tutkimustulokset ja vaikuttanut ratkaisevasti uuden lannoitusmenetelmän yleistymiseen maassamme.

S a t o t a s o. Lannoitteen sijoittamisen satotasa lisäävä vaikutus on ollut kiistaton lähes kaikissa maassamme suoritetuissa kenttäkokeissa. Sijoituslannoitus on suurentanut kevätvehnän satotasa Pakankylässä (Espoo) suoritetuissa 10-vuotuisissa kokeissa keskimäärin 415 kg/ha eli 16,1 % (kuva 4). Eri koeasemilla ja tutkimuslaitoksilla suoritetuissa kenttäkokeissa sijoituslannoitus on lisännyt ohran ja kauran suhteellista satoa keskimäärin likimain samalla tavoin kuin vastaavia vehnäsatoja. Ohran ja kauran suoranaiset sadon lisäykset ovat olleet suurempia kuin vehnän niiden paremmasta ominaissaatouudesta johtuen.

L a n n o i t u s t a s o. Sijoituslannoituksen tehostuva vaikutus lannoitustasa nostettaessa on tullut selvästi esille lähes kaikissa maassamme suoritetuissa kenttäkokeissa. Lisättäessä lannoitusta noin 400 kg:sta 800 kg:aan Y-lannosta hehtaaria kohden sijoituslannoituksella saadut sadon lisäykset ovat keskimäärin kaksinkertaistuneet (NIEMINEN ym. 1967). Heikosti kasvavilla mailla sadon lisäykset ovat jo pienehköjen lannoitemäärien sijoituksen vaikutuksesta olleet tuntuvammat kuin paremmilla mailla (KIVI ja HOVINEN 1969, PAULAMÄKI ja LUOSTARINEN 1971). Myös lannoitustason lisääminen vaikuttaa ensiksi mainituilla mailla tehokkaammin.

Paitsi Etelä-Suomen savimailla sijoituslannoitus on eri osissa maata suoritetuissa kokeissa antanut myös turve- ja multamailla huomattavia sadonlisäyksiä, joskin sadon lisäykset ovat Etelä-Suomen savimailla olleet varminmat (LARPES 1969).

S i j o i t u s l a n n o i t u s j a s a d e t u s. Sijoituslannoituksen ja sadetuksen yhteisvaikutusta on tutkittu Pakankylässä hiesusavimaalla seitsemänä vuonna 1964—70 (ELONEN ym. 1967 ja KARA ym. 1970) ELONEN ja KARA 1972). Taulukkoon 2 on laskettu yhteen kertaan 19—22. 6. sadetettujen koejäsenten satotulokset. Sadetusa määrä on eri vuosina vaihdellut 30—37 mm.

Taulukko 2. Sadetuksen vaikutus sijoituslannoituksen tehoon (jyväsadot kg/ha, kosteus 15 %).
 Table 2. The effect of sprinkler irrigation and fertilizer placement on the grain yields of wheat, barley and oats (kg/ha, moisture 15 %).

		Pintalannoitus <i>Broadcasting</i>		Sijoituslannoitus <i>Placement</i>	
		ei sadetettu <i>not irrigated</i>	sadetettu <i>irrigated</i>	ei sadetettu <i>not irrigated</i>	sadetettu <i>irrigated</i>
Vehnä (6 v.)	} kg/ha	2 080	2 950	2 460	3 430
Wheat (6 years)		100	142	118	165
Ohra (3 v.)	} kg/ha	2 850	4 080	3 350	4 660
Barley (3 years)		100	143	118	163
Kaura (1 v.)	} kg/ha	3 140	4 730	3 450	5 010
Oats (1 years)		100	151	110	160

Taulukosta 2 ilmenee, että lannoitteen sijoittaminen on lisännyt kevätviljasatoja lähes yhtä paljon sadetetuilla kuin sadettamattomilla koeruuduilla, sadetettujen tuntuvasti korkeammasta satotasosta huolimatta. Rivilannoituksen ja sadetuksen yhteisvaikutus on lisännyt vehnän ja ohran satotasoa n. 65 % ja kauran 60 % (1 koevuosi) hajalannoitettuun sadettamattomaan verrattuna.

Sijoituslannoituksen suhteen on usein arveltu, että sen teho jää hajalannoitukseen verrattuna tuntuvasti pienemmäksi, jos sadetta saadaan riittävästi. Näiden kokeiden perusteella on kuitenkin todettu sijoituslannoituksen ja sadetuksen täydentävän toisiaan niin, että sijoituslannoitus vaikuttaa tehokkaimmin heti oraalle tulon jälkeen, kun taas paras sadetusaika alkaa 2–3 viikkoa myöhemmin, koska kasvit pystyvät alkukesästä käyttämään sijoitettua lannoitetta sadettamattakin (ELONEN ym. 1967).

Kasvuston kehitys ja ravinteiden otto. Kun kylvömuokkaus on suoritettu kunnolla sijoituslannoituksen ei yleensä ole todettu vaikuttavan ainakaan sanottavasti orastuvuuteen. Versojen väri on sijoituslannoitetuilla ruuduilla lähes poikkeuksetta ollut selvästi tummemman vihreää kuin hajalannoitetuilla. Nämä värierot ovat säilyneet lähes koko kasvullisen kehitysjakson ajan.

Laihon kuivapainoa sijoituslannoitus on lisännyt tuntuvasti hajalannoitukseen verrattuna (AURA 1967). Varhaisemmassa kehitysvaiheessa sijoituslannoitettujen ruutujen eri lannoitustasoilla ei näissä Pakankylän kokeissa ole ollut vaikutusta. Myöhemmässä kehitysvaiheessa lannoitustason nostaminen on vaikuttanut tuntuvasti sijoituslannoitettujen ruutujen laihon kuivapainoon. Samansuuntaisia tuloksia on saatu Tammiston kokeissa (KIVI ja HOVINEN 1969).

Paitsi maanpäällisten kasvinosien painoa, sijoituslannoitus on lisännyt suhteellisesti yhtä paljon myös juuriston painoa. Sijoituslannoitus on vaikuttanut juuriston sijaintiin niin, että pääosa muokkauskerroksen juuristoa on hakeutunut lannoiterivien ympärille sijoitusyvyteen (KÄHÄRI ja ELONEN 1969).

Sijoituslannoitus on lisännyt Pakankylän kokeissa erityisesti ohran mutta jossain määrin myös vehnän pensastumista kuten Tammiston kokeissakin. Sijoituslannoituksen vaikutus kasvuston rehevyyteen on ilmennyt myös korren ja tähkän pituuden lisääntymisenä.

Lannoitteiden sijoittaminen lisää suhteellisesti eniten viljakasvien typen ottoa, jonkin verran vähemmän kalsiumin ottoa ja vähiten fosforin ottoa (AURA 1967, PESSI ym. 1970).

Sadetuksen ja typpilannoituksen sijoituksen vaikutusta koskevissa tutkimuksissa (KAILA ja ELONEN 1970) poikkeuksellisen kuivana kesänä 1969 jyväsatojen perusteella laskettu lannoitetypen (120 N kg/ha) hyväksikäyttö oli vain 30 % hajalannoituksena annetusta tpeestä. Sijoitus lisäsi hyväksikäytön 42 %:ksi, sadetus 52 %:ksi ja molemmat toimenpiteet yhdessä 61 %:ksi. Sadetuksen vaikutus on siis ollut tehokkaampi kuin sijoituksen, mutta molemmat yhdessä ovat antaneet parhaan tuloksen.

J y v ä s a d o n l a a t u. Sijoituslannoituksen jyvien puintikosteutta pienentävä eli tuleentumista jouduttava vaikutus on eräitä poikkeuksia lukuunottamatta käynyt selvästi ilmi lähes kaikissa maassamme tehdyissä kenttäkokeissa. Sijoituslannoitus on Pakankylän kokeissa (ELONEN ym. 1967, KARA ym. 1970) pienentänyt vehnän jyvien kosteutta (10 v. kokeet) keskimäärin 1,9 %-yksikköä, ohran (4 v.) 1,2 ja kauran (3 v.) 1,9 %-yksikköä. Ainoastaan poikkeuksellisen kuivana kasvukautena 1969, jolloin sijoituslannoitus ilmeisesti esti kuivuudesta johtuvan »hätätuleentumisen», vehnän puintikosteus on sijoituslannoitetuilla koeruuduilla ollut 2,8 %-yksikköä suurempi kuin hajalannoitetuilla. Sijoituslannoitus on alentanut jyvien kosteuspitoisuutta samalla tavoin lannoitustasosta riippumatta.

Jyvien kokoon ja tilavuuspainoon sijoituslannoituksella ei keskimäärin ottaen liene sanottavaa vaikutusta. Eräissä kokeissa sijoituslannoitus on suurentanut sekä tilavuuspainoa että jyvän kokoa (ELONEN ym. 1967, KÖYLIJÄRVI 1969), kun taas vastaavasti toisissa kokeissa suunta on ollut päinvastainen (KIVI ja HOVINEN 1969, KARA ym. 1970). Vihreiden jyvien osuutta sijoituslannoitus on pienentänyt tasaisemman tuleentumisen seurauksena yleensä melko tuntuvasti (KÖYLIJÄRVI 1969). Ero hajalannoitettuun verrattuna on ollut suurin niinä vuosina jolloin tuleentuminen on ollut epätasaista.

Rivilannoituksen on useimmissa kenttäkokeissa todettu alentaneen kevätviljojen raakavalkuaispitoisuutta. Pakankylän kokeissa vehnän raakavalkuaispitoisuus on sijoituksen vaikutuksesta pienentynyt 1,6 %, ohran n. 0,5 % ja kauran 0,3 %. Typpilannoitustasoa nostettaessa jyvien raakavalkuaispitoisuuden aleneminen on jossain määrin lieventynyt.

KIRJALLISUUS

- AURA, E. 1967. Effect of the placement of fertilizer on the development of spring wheat. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 39: 149–155.
- ELONEN, P. & KARA, O. 1972. Sprinkler irrigation on clay soils in Southern Finland. IV. The effect of repeated applications of water and nitrogen fertilization on spring cereals. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 44: 149–163.
- » — NIEMINEN, L. & KARA, O. 1967. Sprinkler irrigation on clay soils in southern Finland. I–III. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 39: 67–98.
- HEINONEN, R. 1965. Väkilannoitteiden rivimultauskoneista ja koneyhdistelmistä. *Maatalous* 4: 74–76.
- » — & NIEMINEN, L. 1961. Väkilannoitteiden rivikylvö. *Maatal. ja Koetoin.* 4: 124–134.
- HONKAVAARA, T. 1945. Pula-ajan menetelmä fosforilannoitukseen. *Koetoin. ja Käyt.* 4: 1–2.
- » — 1946. Fosfaattien levittäminen kylvösiemenen mukana. *Koetoin. ja Käyt.* 4: 12.
- KAILA, A. & ELONEN, P. 1970. Influence of irrigation and placement of nitrogen fertilizers on the uptake of nitrogen by spring wheat. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 42: 123–130.
- » — & HÄNNINEN, P. 1961. Fertilizer nitrogen in soil. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 33: 169–184.
- KARA, O., RÄISÄNEN, L. & PALOMÄKI, A. 1970. Rivilannoitus sekä rivi- ja kylvö-lannoituskoneet. *Vakolan tiedote* 11: 1–12.
- KIVI, E. & HOVINEN, S. 1969. Lajikkeen ja lannoitustavan vaikutus kevätvehnän viljelyarvoon. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 49: 258–274.
- KÄHÄRI, J. & ELONEN, P. 1969. Effect of placement of fertilizer and sprinkler irrigation on the development of spring cereals on the basis of root investigations. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 41: 89–104.
- KÖYLIJÄRVI, J. 1969. Rivilannoitus kevätiljasatojen varmentajana. *Pellervo* 70: 204–207.
- LARPES, G. 1969. Rivilannoitus valtaa alaa maan keski- ja pohjoisosissakin. *Koetoin. ja käyt.* 4: 16.
- NIEMINEN, L. 1964. Det lönar sig att utveckla placeringsmaskiner för handelgödsel. *Växtnäringsnytt* 1: 14–17.
- » — & HEINONEN, R. 1960. Väkilannoitteiden riviinkylvökoneista. *Koetoin. ja Käyt.* 12: 37–40.
- » — KARA, O. & ELONEN, P. 1967. Kokemuksia sijoituslannoituksesta. *Maatal. ja Koetoin.* 21: 42–49.
- OLSON, R. & DREIER, A. 1956. Fertilizer placement for small grains in relation to crop stand and nutrient efficiency in Nebraska. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 19–24.
- PAULAMÄKI, E. & LUOSTARINEN, H. 1971. Fertilizer drilling on peat soils. *Acta Agr. Fenn.* 123: 167–172.
- PESSI, Y., YLÄNEN, M., LESKELÄ, A. & SYVÄLAHTI, J. 1970. Results of tests made with placement fertilization on the Kotkaniemi Experimental Farm. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 42: 193–202.
- SALONEN, M. 1960. Salpietarin multaus vaiko käyttö pintalannoituksena. *Koetoin. ja Käyt.* 5: 17–20.