

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

# MAANTUTKIMUSLAITOS

Tiedote N:o 4 1978

LANNOITUS JA KALKITUS "VIHREÄN LINJAN"  
VILJELYSSÄ

Mikko Sillanpää

Tiedote N:o 4

1978

LANNOITUS JA KALKITUS "VIHREÄN LINJAN"  
VILJELYSSÄ

Mikko Sillanpää

TIIVISTELMÄ

"Vihreän linjan" viljelyllä tarkoitetaan säilörehun tuottamista tavanomaista suuremmilla typpilannoitemäärillä. Paitsi typpimäärien suhteen poikkeaa tämä muusta viljelystä siinä, että maasta sadoissa korjattavat ravinnemäärät ovat erittäin suuret. Ellei muita ravinteita ja kalkkia anneta oikeassa suhteessa typeen nähden on seurauksena ravinnetasapainohäiriöitä maassa ja maan tuottokunnan aleneminen.

Maan kaliumvarojen vähenemisen ehkäiseminen olisi vaatinut lannoituksessa yhtä monta kalium(K)-kiloa kuin typpikiloja oli annettu. Savimailla, joiden kaliumvarat ovat huomattavasti suuremmat kuin muiden maalajien, voidaan suositella vähäisempää kalilannoitusta kuin karkeilla kivennäismailla ja turpeilla. Jotta säilörehun kaliumpitoisuus ei ensimmäisen niiton sadossa nousisi liian korkeaksi olisi kalium kuten muutkin ravinteet annettava kullekin niittokerralle erikseen.

Lannoitteiden sisältämät kalsiummäärät olivat riittävät korvaamaan satojen maasta ottaman kalsiumin, joten tämä ei sellaisenaan aiheuttanut kalkitustarvetta. Sensijaan typpilannoitus oli alentanut maan pH-lukua voimakkaasti. Maan pH on eräs tärkeimmistä ravinteiden liukoisuutta säätelevistä tekijöistä ja sen aleneminen tulisi estää. Tämä tapahtuu luonnollisesti kalkituksella. Kolme kiloa kalkkikivijauhetta jokaista annettua typpi(N)-kiloa kohden riittää estämään pH:n alenemisen. Kalkitus nostaa myös meillä tavallisesti liian alhaista kalsium/fosfori-suhdetta sadossa ja parantaa siten tuotettavan rehun laatua.

Ensimmäiset lannoitteena annetut typpikilot antavat suurimmat sadonlisäykset typpikiloa kohden. Typpilannoitusta lisättäessä vähenee jokaisella lisätyppikilolla saatu sadonlisäys kunnes hyvin suurilla typpimäärillä sato alkaa vähentyä.

Saadut sadonlisäykset eivät ole yksin typen aikaansaamia, vaan typpi on sekä kiihoittanut kasvua, että myös muiden ravinteiden ottoa maasta ja voimakas N-lannoitus on myös alentanut maan pH:a. Maasta "lainatut" ravinteet on sinne palautettava, jos maan kasvukunto halutaan säilyttää ja pH on pidettävä kurissa kalkituksella. Nämä seikat nostavat lisärehukilojen tuotantokustannuksia, ja ne täytyy ottaa huomioon taloudellisinta typpilannoitusmäärää laskettaessa.

Näiden koetulosten mukaan 195 kg typpeä hehtaarille + muut tarvittavat ravinteet ja kalkki antaisivat parhaan taloudellisen tuloksen. On kuitenkin huomattava, että yleensä kokeissa saadut satotulokset ovat jonkun verran parempia kuin käytännön viljelyksen sadot, joten 150-190 kilon typpilannoitus "vihreän linjan" viljelyssä näyttäisi olevan pitkällä tähtäyksellä taloudellisesti edullisinta.

## JOHDANTO

"Vihreän linjan" viljelyllä tarkoitetaan säilörehun tuottamista poikkeuksellisen suurilla typpilannoitemääriä käyttäen. Se poikkeaa muusta viljelystä siinä, että käytetyt lannoite-, erityisesti typpimäärät ovat paljon suurempia, mutta ennenkaikkea siinä, että maasta korjattava ravinnesato on huomattavasti suurempi kuin muita kasveja viljeltäessä. Näin vaikutetaan myös maan ravinnetilanteeseen ja ravinnetasapainoon tavallista voimakkaammin.

Typpi on lannoite ja kasvinravinne, joka enemmän kuin muut ravinteet kiihottaa kasvien kasvua, mutta samalla se kiihottaa muiden ravinteiden ottoa maasta. Ellei muita ravinteita anneta oikeassa suhteessa typpeen nähden, on seurauksena ravinnetasapainohäiriöitä maassa, joiden seuraukset tulevat jo lähivuosina selvinä esiin. Nämä seurausilmiöt on otettava huomioon myös taloudellisinta typpilannoitustasoa arvioitaessa.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

Maatalouden tutkimuskeskuksella oli joitakin vuosia sitten kolmivuotisia "vihreän linjan" kokeita 18:lla paikkakunnalla.

Koska typpi on avainasemassa "vihreän linjan" viljelyssä otettiin tämä huomioon kokeiden lannoitus suunnitelmia laadittaessa. Niinpä typpimäärät kokeissa nousivat portaittain 0:sta aina 600 kg N/ha asti 150 kg:n portain. Fosfori- ja kaliumlannoitus pidettiin vakiona kaikilla typpitasoilla. Se oli 500 kg superfosfaattia hehtaarille (vastaa 43,5 kg P/ha) ja 200 kg 60 %:sta kalisuolaa/ha (vastaa 100 kg K/ha).

Kokeista tehtiin lähes 30 000 maa- ja kasvianalyysiä, joiden perusteella on selvitetty eri typpilannoitemäärien vaikutusta sekä maan ravinnevaroihin että rehun laatuun (Hiivola ym. 1974, Joy ym. 1973, Rinne ym. 1974a, 1974b, 1977, Sillanpää & Rinne 1975).

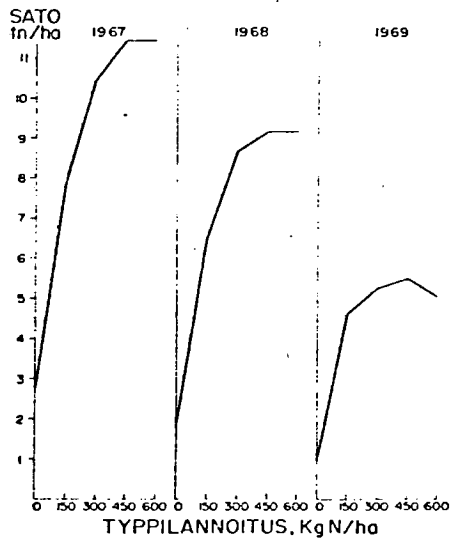
Tässä tiedotteessa tarkastellaan typen vaikutusta eri typpilannoitustasoilla sekä satoon että muiden ravinteiden ja kalkin tarpeeseen ja selvitetään lannoituksen taloudellisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

## TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO

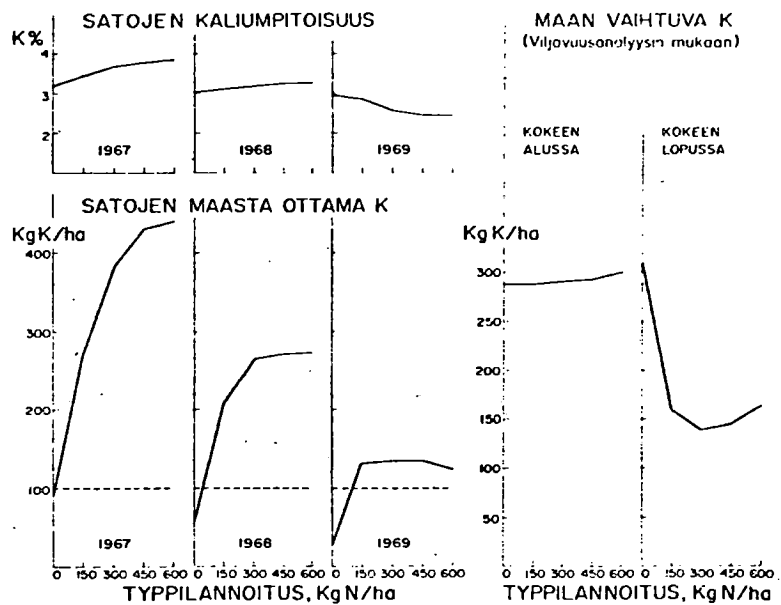
Sadot. "Vihreän linjan" kokeet ovat osoittaneet, että nurmien satotaso voidaan moninkertaistaa runsaalla typpilannoituksella ainakin joksikin aikaa. Kuvassa 1 on esitetty satotason (nurminata ja koiranheinä keskimäärin) riippuvuus annetusta typpilannoitemäärästä kolmena perättäisenä koevuonna. Suurimmat typpimäärät nostivat satotason ensimmäisenä koevuonna noin 3 tonnista (ilman typpeä) 11 tonniin kuiva-ainetta hehtaarilta. Toisena koevuonna oli maksimisato laskenut noin 9 tonniin ja kolmantena noin  $5\frac{1}{2}$  tonniin hehtaarilta eli puoleen ensimmäisen vuoden maksimisadosta. Lasku oli jonkinverran lievempää savimailla kuin karkeilla kivennäismailla ja turvemaille. Sadon alenemista oli tapahtunut myös typpilannoittamattomilla koejäsenillä.

Satojen jyrkkään alenemiseen näinkin lyhyenä koejaksona lie-nee useitakin syitä, kuten sääolot, talvituhot jne. On kuitenkin ilmeistä, että käytetyllä radikaalisen suurella typpilannoituksella (suurimmat typpitasot) on järkytetty ravinnetasapainoa maassa ja juuri tämä onkin ilmeinen pääsyy satojen alenemiseen. Yhden ravinnetekijän äkillinen ja voimakas muuttaminen ei ole mahdollista ilman, että sen vaikutus heijastuu muihin maaperätekijöihin. Vaikutusaste riippuu toimenpiteen voimakkuudesta ja välillisesti myös maalajista.

Kalium. Satojen kaliumpitoisuus nousi ensimmäisenä vuonna typpilannoituksen noustessa runsaan 3 %:n tasolta lähes 4 %:iin (Kuva 2). Toisena koevuonna sadoissa oli kaliumia 3 %:n vaiheilla ja se oli lähes riippumaton tpeestä, mutta kolmantena vuonna se oli laskenut n. 2,5 %:iin suuria typpimääriä saaneilla koeruuduilla. Tämä viittaa kasvien kaliumin saannin vaikeutumiseen. Vastaavasti satojen maasta ottaman kaliumin määrä oli ensimmäisenä koevuonna noussut kasvavan typpilannoituksen mukana noin 100 kilon tasolta 450 kilon tasolle hehtaaria kohden (kuvassa alavasemmalla). Seuraavina koevuosina oli kaliumin otto laskenut suhteellisesti enemmän kuin sadot, mikä johtuu satojen kaliumpitoisuuksien samanaikaisesta vähenemisestä.



Kuva 1. Kuiva-ainesatojen (nurminata ja koiranheinä, keskim.) riippuvuus typpilannoituksesta hietamailla kolmena perättäisenä koevuonna (Sillanpää 1976).



Kuva 2. Satojen kaliumpitoisuus (ylh. vas.) ja satojen maasta vuosittain ottaman kaliumin määrä (alh. vas.) eri typpilannoitustasoilla kolmena perättäisenä koevuonna. Katkoviiva osoittaa vuotuista kaliumlannoitusta. Oikealla viljavuusanalyysin osoittama maan vaihtuvan kaliumin tilanne ennen kolmivuotista koejaksoa ja sen jälkeen (Sillanpää 1976).



Kun kaliumia oli vuosittain annettu kalisuolana 200 kg eli 100 kg kaliumia hehtaarille (merkitty kuvaan katkoviivalla) oli vain osa kasvien ottamasta kaliumista tällä lannoituksella korvattu. Esimerkiksi suurimmat sadot ja suurimmat kaliumhäviöt antaneella typpitasolla (450 kg N/ha/vuosi) sadot ottivat maasta kolmivuotisen koejakson aikana yhteensä 820 kg kaliumia (K) hehtaarilta. Kun jakson aikana annetulla kaliumlannoituksella korvattiin tästä 300 kg K/ha, jäi kaliumin kokonaispoistunaksi maasta 520 kg K/ha. Tämä ilmenee myös kokeen alussa ja lopussa tehdyn viljavuustutkimuksen osoittamana maan vaihtuvan kaliumin vähenemisenä. Kuvan 2 mukaan typpilannoittamattomilla koeruuduilla oli vaihtuvan kaliumin määrä kokeen lopussa suunnilleen sama kuin se oli kokeen alkaessa eli noin 300 kg/ha. Suuret typpilannoitemäärät sensijaan ovat pudotta- neet vaihtuvan kaliumin noin 150 kiloon hehtaarilla eli puoleen kokeen alussa vallinneesta tasosta.

Nämä tulokset osoittavat, että kaliumia olisi pitänyt antaa huomattavasti enemmän kuin 200 kg kalisuolaa hehtaarille. Jonkinlaisena nyrkkisääntönä voisi pitää sitä, että kaliumia olisi annettava alkuainekaliumina laskien suunnilleen yhtä monta kiloa hehtaarille kuin typpeä annetaan hehtaarille aina 300 kilon tasolle asti.

Maalajilla ja maan viljavuustasolla on kuitenkin tärkeä merkitys kaliumlannoituksen suhteen. Savimailla, joiden kaliumvarat ovat huomattavasti suuremmat kuin muiden maalajien, voidaan suositella jonkinverran vähäisempää kaliumlannoitusta kuin karkeilla kivennäismailla ja turpeilla. Niinpä tasaväkevän ja typpirikkaan Y-lannoksen käyttö vuorotellen sopinee savimaille, kun taas karkeilla kivennäismailla ja turvemaisilla kalirikas olisi paremmin paikallaan, etenkin silloin, kun maan kaliumvarat monivuotisessa "vihreän linjan" viljelyssä ovat alkaneet vähentyä.

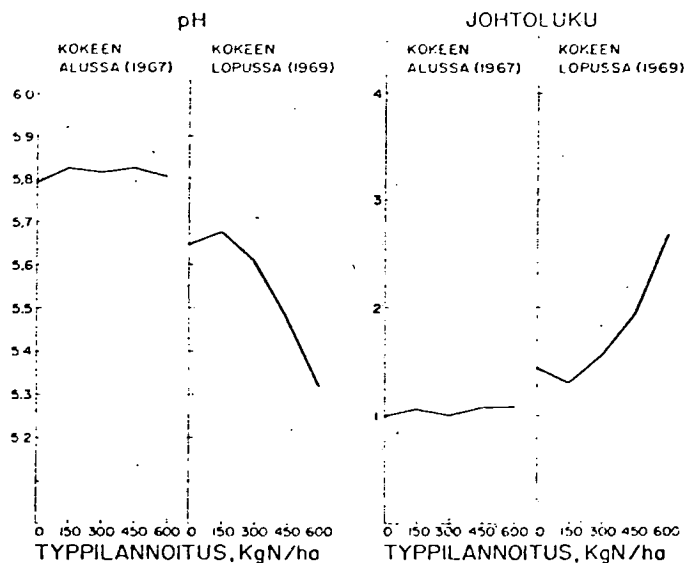
Jotta säilörehun kaliumpitoisuus ei ensimmäisen niiton sadossa nousisi liian korkeaksi olisi kalium, kuten muutkin ravinteet annettava kullekin niittokerralle erikseen, eli esim. kolmena eränä, jos säilörehu niitetään kolmesti kasvukauden aikana.

Typpilannoituksella on taipumus lisätä kasvien kaliumin ottoa

ja nostaa sadon kaliumpitoisuus turhan korkeaksi varsinkin silloin, kun kaliumia on maassa runsaasti saatavissa. Eräänä vaihtoehtona voisi tulla kysymykseen myös vaikeampiliukoisten kaliumlannoitteiden käyttö.

Fosfori. Typpilannoituksen lisääntyessä ruohon fosforipitoisuus nousi lievästi ensimmäisen niiton sadoissa, mutta laski voimakkaasti myöhemmin korjatuissa sadoissa (Rinne ym. 1974a). Typen fosforipitoisuutta alentava vaikutus kasvoi kolmivuotisen kokeen loppua kohden. Myös maa-analyysien mukaan typpilannoitus oli alentanut liukoisen fosforin pitoisuutta maassa koejakson aikana siitäkkin huolimatta, että fosforilannoitus (44 kg P/ha/v) selvästi ylitti satojen maasta ottaman fosforin määrän. Fosforin käyttökelpoisuuden väheneminen on todennäköinen seuraus typpilannoituksen aiheuttamasta maan pH:n alenemisesta. On ilmeistä, että fosforin käyttökelpoisuusaste olisi pysynyt korkeamana, jos maan pH:n aleneminen olisi voitu estää esim. kalkituksella, ja siten fosforilannoituksen tarve olisi ollut pienempi.

Kalkitus ja pH. Kokeissa käytettyjen lannoitteiden sisältämät kalsiummäärät olivat riittävät korvaamaan sadoissa poistuneet kalsiummäärät, joten maan kalsiumtilanteen ylläpitäminen ei varsinaisesti vaatinut kalkitusta näissä kokeissa. Tämä on kuitenkin vain osa totuutta. Toinen osa siitä nähdään kuvassa 3, jossa on esitetty maan pH-tilanne eri typpilannoitustasoilla sekä ennen kolmivuotista koejaksoa että sen jälkeen. Siitä nähdään, että pH on laskenut kaikilla typpitasoilla, 0-tasolla lievästi mutta suurilla typpitasoilla jopa puolen pH-yksikön verran. Samasta kuvasta ilmenevät vastaavat muutokset maan vesiliukoisten suolojen määrässä, jota ilmaistaan maan johtoluvulla. On selvää, että näin suuri pH:n aleneminen vaikuttaa olennaisesti maan kasvukuntoon, koska pH on eräs tärkeimmistä maan ravinteiden liukoisuutta säätelevistä tekijöistä. Sen merkitystä ei tule aliarvioida. Senvuoksi pH:n aleneminen tulisi estää, ja tämä tapahtuu luonnollisesti kalkitsemalla. Eräänlaisena nyrkkisääntönä tässä voitaneen pitää sitä, että ylläpitokalkkia tulisi "vihreän linjan" viljelyksessä antaa kalkkikivijauheena suurin piirtein 3-kertainen kilomäärä typpikiloihin verrattuna. Kalkituksella voidaan myös nostaa meillä tavallisesti liian alhaista Ca/P-suhdetta ja näin parantaa rehun laatua.



Kuva 3. Maan pH ja johtoluku ennen kolmivuotista koejaksoa ja sen jälkeen eri typpilannoitustasoilla (Sillanpää 1976).

Koska typpilannoitus nostaa sadon magnesiumpitoisuutta, ja kun sadot samanaikaisesti voimakkaasti kasvavat, ottavat N-lannoitetut sadot maasta moninkertaisia magnesiummääriä. Senvuoksi säilörehun viljelykseen aiottuja tai siinä olleita peltoja kalkittaessa magnesiumpitoinen dolomiittikalkki lienee paremmin paikallaan kuin tavallinen kalkkikivijauhe. Erityisen tärkeää tämä on alueilla, joilla on jo todettu magnesiumin puutetta tai sitä on syytä epäillä. Lisäksi magnesiumpitoisen dolomiittikalkin käytöllä on edullinen vaikutus rehun magnesiumpitoisuuteen, joka meillä tuotetussa rehussa yleensä pyrkii jäämään liian alhaiseksi.

Edellä mainitut suhteellisen pienet kalkkimäärät koskevat vain ylläpitokalkitusta "vihreän linjan" viljelyssä. Maan pH- tai kalkkitilanteen parantaminen, peruskalkitus, on toinen asia. Ylläpitokalkitusta ei käytännössä voida suorittaa joka vuosi, vaan esim. nurmen perustamisen yhteydessä, jolloin annetaan useamman vuoden kalkkimäärä. "Vihreän linjan" viljelijän on syytä seurata maan pH-tilanteessa tapahtuneita muutoksia viljavuustutkimuksen avulla.



Lannoituksen taloudellisuus. Lannoitteiden hinnat ovat viime vuosina huomattavasti kohonneet. Niinpä viljelijän on entistä enemmän kiinnitettävä huomiota viljelynsä kannattavuustekijöihin.

Kuvassa 1 esitettyjen satotulosten perusteella 450 kg typpeä hehtaarille on antanut suurimman sadon kaikkina kolmena koevuonna. Suurin sato ei kuitenkaan ole taloudellisesti edullisin, koska se tuotetaan liian suurin kustannuksin.

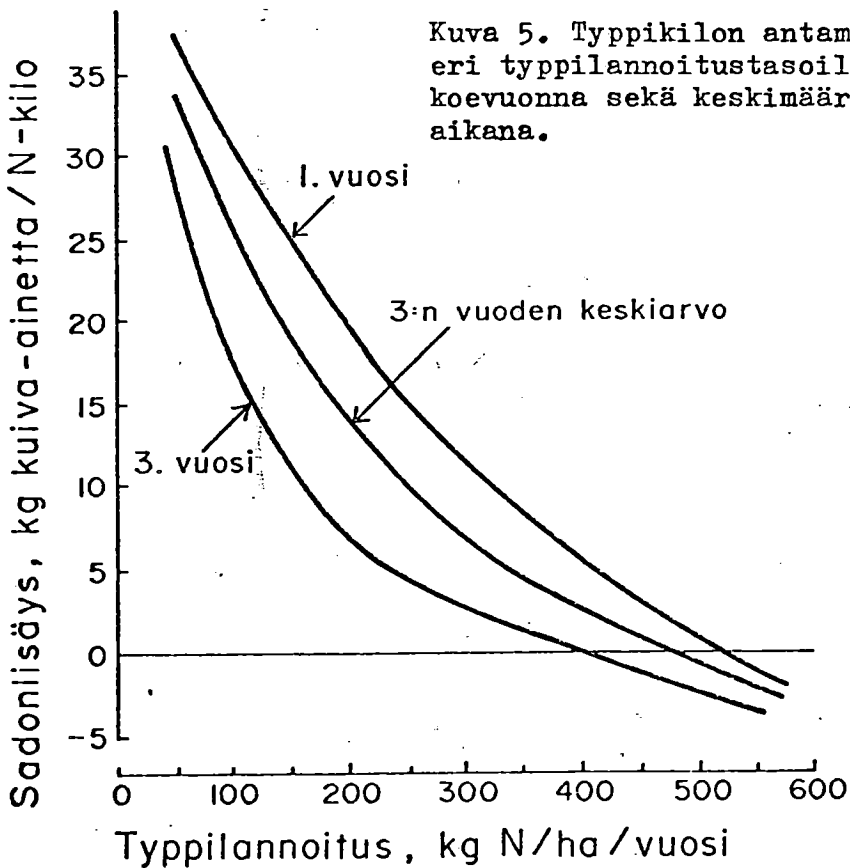
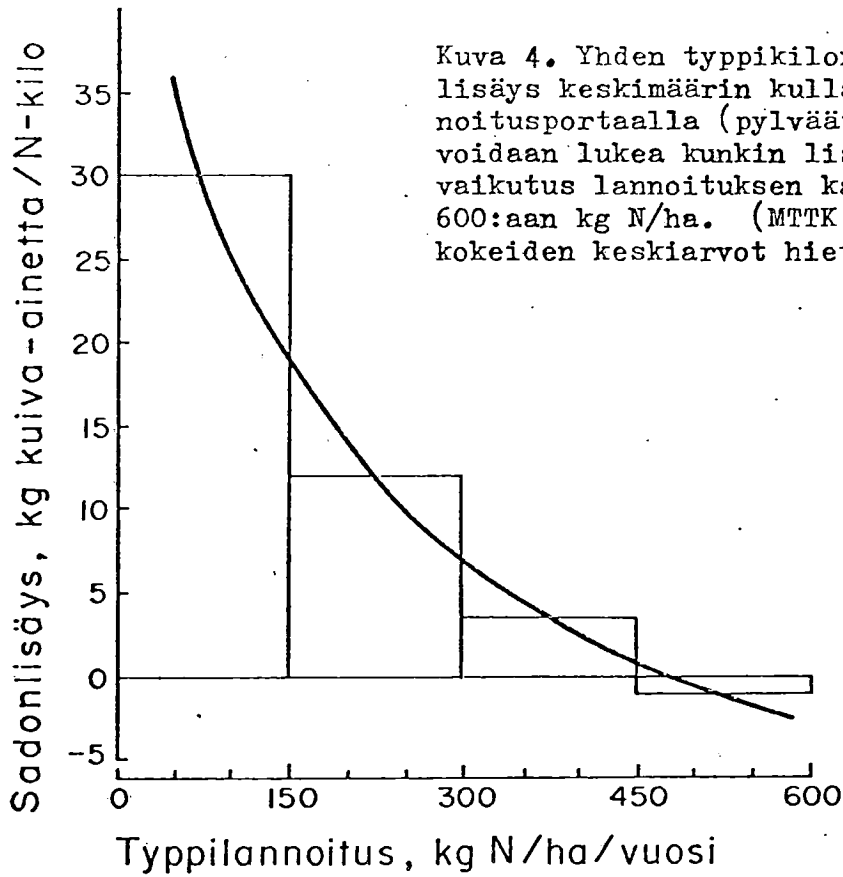
Tässä tiedotteessa typpilannoituksen vaikutus ilmaistaan yhden typpikilon eri typpilannoitustasoilla antamana sadonlisäyksenä.

Kuvassa 4 olevat pylväät osoittavat montako rehukiloa (kuivaainetta) yksi typpikilo on antanut sadonlisäystä keskimäärin kullakin 150 kg:n typpilannoitusportaalla. Siitä nähdään, että ensimmäiset 150 typpikiloa ovat lisänneet satoa keskimäärin 30 rehukilolla kukin. Kun typpilannoitusta on lisätty 150 kilolla (150:stä 300:aan), on kukin näistä N-lisäkilosta nostanut satoa edelleen keskimäärin 17 rehukilolla. Typpilannoitustasolla 300-450 kg on rehukiloja saatu vielä vajaan 4 kullakin N-kilolla, mutta lannoitusta siitä vielä nostettaessa on tullut jo sadon vähennystä.

Ensimmäiset lannoitetyppikilot ovat lisänneet satoa monta kertaa enemmän kuin viimeiset lisäkilot. Kuvassa 4 olevalta käyrältä voidaankin suoraan lukea, että esim. 100:s N-kilo on antanut n. 26 lisärehukiloa, 300:s N-kilo 7 rehukiloa ja 500:s alentanut satoa yhdellä rehukilolla.

Kuvassa 4 olleen kolmen vuoden keskiarvokäyrän lisäksi on kuvassa 5 esitetty myös I. ja III. koevuosien vastaavat käyrät. (Keskiarvokäyrä on lähes yhteneväinen II. vuoden käyrään, joten tätä ei ole kuvaan piirretty).

Käyrien pintapuolisen tarkastelun mukaan näyttäisi siltä, että esim. 300:s typpikilokin olisi vielä antanut taloudellisesti



edullisen tuloksen, sillä onhan 300:s typpikilo antanut ensimmäisenä vuonna n. 11 kilon ja vielä kolmantenakin vuonna yli 2 kilon eli keskimäärin 7 kuiva-ainekilon sadonlisäyksen.

On kuitenkin muistettava, että saadut sadonlisäykset eivät ole yksin typen aikaansaamia, vaan typpi on sekä kiihoittanut kasvua että myös muiden ravinteiden ottoa maasta, ja voimakas typpilannoitus on myös alentanut maan pH:a. Maasta "lainatut" ravinteet on sinne palautettava, jos maan kasvukunto halutaan säilyttää, ja pH on pidettävä kurissa kalkituksella. Nämä seikat nostavat lisärehukilojen tuotantokustannuksia ja ne täytyy ottaa huomioon taloudellisinta typpilannoitusmäärää laskettaessa. Myös muut tuotantokustannukset muuttuvat riippuen sekä typpilannoitustasosta että saadun sadon määrästä. Toisaalta eri typpilannoitustasoilla tuotetun rehun laatu ei ole samanaista, vaan mm. sen valkuaispitoisuus riippuu sekä käytetystä typpimäärästä että vuodesta ja saadun sadon määrästä.

Taulukossa 1 on em. koetuloksiin perustuen esitetty laskelma typpilannoituksen kannattavuudesta eri typpilannoitustasoilla.

Siinä on sarakkeessa A esitetty typpilannoitustasot.

Sarakkeissa B ovat yhden typpikilon antamat sadonlisäykset kullakin typpitasolla sekä 1. että 3. koevuonna ja keskimäärin kolmivuotisen koejakson aikana (vrt. kuva 5).

Sarakkeissa C on esitetty vastaavasti tuotetun rehun kuiva-ainekilon hinta. Lähtökohtana hintalaskelmassa on sellaisen rehun hinta, joka sisältää 15 % raakavalkuaista, jolloin rehuyksikön hinnaksi on arvioitu 91 penniä, mikä vastaa 65 pennin hintaa rehun kuiva-ainekilolle. Tällaista rehua saatiin keskimäärin vajaan 200 kilon typpilannoituksella (Hiivola ym. 1974).

Raakavalkuaispitoisuus kasvaa typpilannoituksen kasvaessa melko voimakkaasti. Esim. typpilannoitustasolla 100 kg N/ha se oli runsas 13 %, mutta 300 kilon tasolla n. 18 %. Edelleen, keskimääräinen raakavalkuaispitoisuus oli 1. vuoden sadossa 16.6 %, toisena vuonna 17.2 % ja kolmantena 18.2 %. Koska valkuainen on tuotetun rehun arvokkain aineosa, on kuiva-ainekilojen hinta sarakkeessa C laskettu (em. raakavalkuaispitoisuuden muutokset

huomioon ottaen) raakavalkuaispitoisuudesta suoraan riippuvana (lähtöarvona 65 penniä 15 prosenttiselle rehulle).

Sarakkeessa D esitetyt yhdellä typpikilolla saatujen sadonlisäysten arvot on laskettu kertomalla sadonlisäykset sarakkeesta B vastaavalla rehukilon hinnalla sarakkeesta C.

Tuotantokustannuksia (sarake E) laskettaessa on otettu huomioon, että jokainen käytetty typpikilo vaatii suunnitteen yhtä monta kiloa kaliumia. Myös fosforia tarvitaan. Nykyisistä Y-lannoksista "tasaväkevä" (15-15-15) täyttää parhaiten "vihreän linjan" vaatimukset. Siinä tulevat sekä kalium-, että fosforitarve tyydytetyiksi (fosforia tulee liikaakin, mutta sopivampaa esim. 15-8-15 Y-lannosta ei ole).

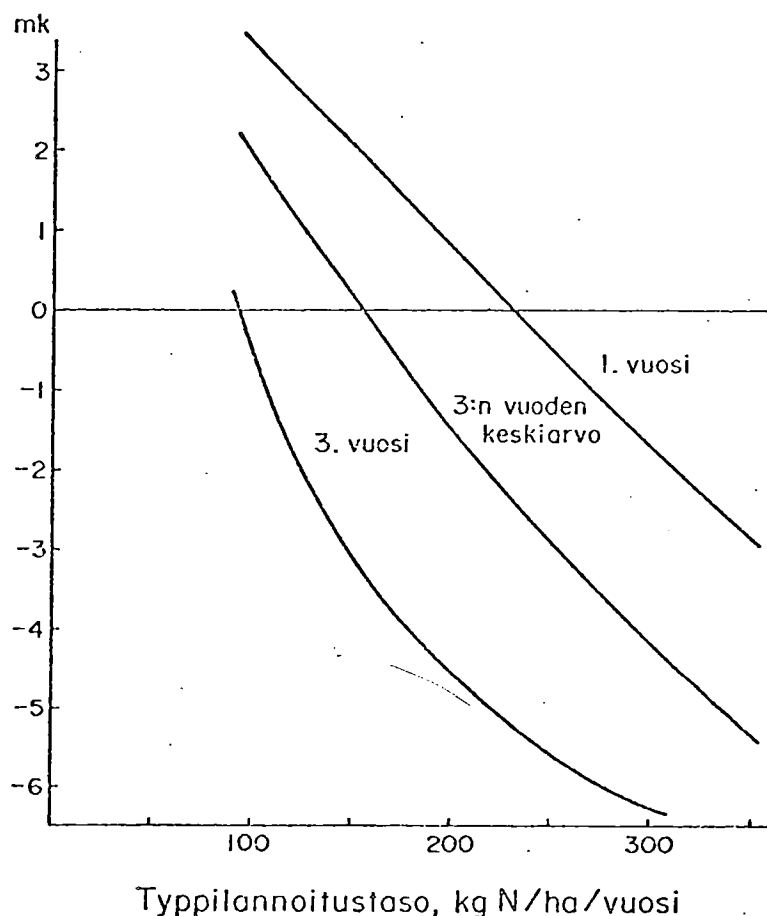
Tasaväkevä Y-lannos maksaa 87 penniä kilo (syyskuun 1978 hinta), ja jotta se sisältäisi yhden typpikilon, sitä tarvitaan 6.66 kiloa, eli kustannus tältä osin 5.80 mk annettavaa N-kiloa kohden. Kuten edellä todettiin, tarvitaan lisäksi n. 3 kalkkikiloa jokaista typpikiloa kohden, mikä nostaisi lannoite + kalkkikustannuksia noin 20 pennillä eli 6 mk:aan typpikiloa kohden.

Kustannuksiin on vielä lisättävä siemen-, säilöntäaine-, sekä ihmis- ja konekustannukset, jotka Maatalouskeskusten Liiton tekemien laskelmien (Hakkola 1978) mukaan ovat 150-300 kg:n typpilannoitustasoilla keskimäärin 867-995 mk/ha eli 5.8-3.3 mk annettua

A Typpi- lannoitus- taso kg N/ha/V.	B Yhden lannoitetyppikilon tuot- tama sadonlisäys kg ka/kg N		C Rehun kulva-ainekilon hinta mk		D (=BxC) Yhdellä typpikilolla saadun sadonlisäyksen arvo mk/kg N		E Tuotantokustannukset annet- tua typpikiloa kohden mk		F (=D-E) Sadonlisäyksen arvo minus tuotantokustannukset typpi- kilon kohden mk						
	1. vuonna	3. vuonna	1-3. vuonna keskim.	1. vuonna	3. vuonna	1-3. vuonna keskim.	1. vuonna	3. vuonna	1-3. vuonna keskim.	1. vuonna	3. vuonna	1-3. vuonna keskim.			
109	31.3	18.1	26.4	55.5	61.0	57.4	17.4	11.0	15.2	14.1	11.5	13.3	3.3	- 0.5	1.9
150	24.8	11.3	19.4	59.3	65.3	61.7	14.7	7.4	12.0	12.6	10.5	11.8	2.1	- 3.1	0.2
200	19.4	7.2	14.1	63.4	69.5	65.7	12.3	5.0	9.3	11.5	9.7	10.8	0.8	- 4.7	- 1.5
250	15.0	4.6	10.0	67.3	73.9	69.9	10.1	3.4	7.0	10.6	9.0	9.9	- 0.5	- 5.6	- 2.9
300	11.3	2.5	7.0	71.3	78.1	73.9	8.1	2.0	5.2	9.8	8.5	9.3	- 1.7	- 6.5	- 4.1
350	8.5	1.5	4.5	75.4	82.6	78.1	6.4	1.2	3.5	9.3	8.0	8.9	- 2.9	- 6.8	- 5.4

typpikiloa kohden. Kun nämä lisätään lannoite- ja kalkkikustannuksiin nousevat tuotantokustannukset 150 kg/ha typpilannoitus- tasolla 11.8 mk:aan ja 300 kg/ha tasolla 9.3 mk:aan käytettyä typpikiloa kohden. Tätä kustannustasoa on pidetty perustana las- kettaessa kokonaiskustannuksia 1-3. koevuodelle keskimäärin. Las- kettaessa tuotantokustannuksia 1. ja 3. vuodelle on satojen poik- keavuudet 1-3. vuoden keskiarvosadoista otettu huomioon säilön- täineenkustannuksien osalta 100 prosenttisesti ja työkustannusten osalta 50 prosenttisesti.

Sarakkeeseen F on laskettu yhden, eri lannoitustasoilla annetun typpikilon antama nettotuotto eli sadonlisäyksen arvo vähennet- tynä vastaavilla tuotantokustannuksilla. Sama asia on esitetty graafisesti kuvassa 6.



Kuva 6. Yhden typpikilon eri lannoitustasoilla antama nettotuotto (mk) ensimmäisenä ja kolmantena koevuonna sekä keskimäärin koejakson aikana. Nettotuoton nolla- tason ja käyrien leikkauskohdat osoittavat vastaavat typpilannoituksen optimimäärät.

Kuvassa 6 olevien käyrien mukaan ensimmäisenä koevuonna vielä noin 230:s typpikilo on antanut sadonlisäyksen, jonka arvo on peittänyt tuotantokustannukset. Lannoitusta tästä lisättäessä on jokainen lisätyppikilo vähentänyt nettotuottoa ja vastaavasti alle 230 kg/ha typpilannoituksella ei ole saavutettu suurinta mahdollista nettotuottoa. Ts. ensimmäisenä koevuonna typpilannoituksen optimi oli 230 kg N/ha. Vastaavasti koko kolmivuotisen koejakson keskimääräiseksi optimiksi saatiin n. 155 kg N/ha, mutta kolmantena eli viimeisenä vuonna se jäi jo 100 typpikilon alapuolelle.

Typpilannoituksen optimin arvioiminen. Edellä esitetyt laskelmat perustuvat MTTK:n kolmivuotisten "vihreän linjan" kokeiden tuloksiin. Niiden soveltaminen sellaisenaan ei ilmeisestikään johtaisi oikeaan typpilannoitusoptimi-arvioon mm. seuraavista seikoista johtuen:

- Näissä kokeissa kalium- ja fosforilannoitus pidettiin vakiona ts. riippumattomana käytetyistä typpimääristä. Kaliumlannoitus osoittautui riittämättömäksi erityisesti suurimpia typpimääriä saaneilla ruuduilla, ja suureksi osaksi siitä johtuen sadot 2. ja 3. koevuonna laskivat voimakkaasti. On ilmeistä, ettei 2. ja 3. koevuoden satoja olisi voitu pitää 1. vuoden satojen tasolla, vaikka kaliumlannoitus olisikin pidetty riittävänä ja kalkitusella estetty pH:n aleneminen, koska osa satojen alenemisestä johtui ilmeisesti talvituhoista tai muista tekijöistä. Selvää kuitenkin on, että 2. ja 3. vuoden sadot olisivat olleet suuremmat, jos lannoitus ja kalkitus olisivat tulleet oikein hoidetuiksi. Tämä merkitsee sitä, että em. koetulosten perusteella saadut typpilannoitusoptimit ovat sekä 3. vuoden että 1-3. vuosien keskimäärän kohdalla liian alhaiset.

- Edellä esitetyssä laskelmassa on lannoitekustannus ja kalkitus otettu huomioon siten, että ne toteutettuna olisivat estäneet maan ravinnevarojen vähenemisen. Nämä nostavat kustannukset näennäisesti liian korkeiksi. Toisaalta niiden huomioon ottaminen on perusteltua, koska maasta "lainatut" ravinteet on sinne palautettava koejakson jälkeen, mikäli maan kasvukunto halutaan palauttaa koetta edeltäneelle tasolle.



- Laskelma perustuu kokeisiin, jotka on suoritettu hietamailla, jotka ovat yleisiä "vihreän linjan" viljelyalueilla. Savimailla on esim. kaliumlannoituksen tarve pienempi kuin hiedoilla. Tämä pienentäisi savimaiden lannoituskustannusta. Toisaalta savimaille olleissa kokeissa saadut sadonlisäykset olivat pienemmät kuin hietamailla, ensimmäisenä vuonna n. 30 ja sen jälkeen n. 10 prosentin verran. Nämä kaksi tekijää kompensoivat suureksi osaksi toisensa arvioitaessa typpilannoitusoptimia, ts. pienentävät maalajeista johtuvia eroja.

- Koeasemilla suoritetuissa kokeissa saatavat satotulokset ovat yleensä parempia kuin käytännön viljelyn sadot. Esim. Hakkola (1978) arvioi eron olevan 30 prosentin luokkaa. Tämän mukaan edellä esitetyt typpilannoituksen taloudellisuutta koskevat laskelmat ovat liian optimistisia ja niissä saadut typpilannoitusoptimit ovat liian korkeita.

- Koska lannoituskustannusten osuus kokonaiskustannuksista on huomattava, alhaisimmilla typpitasoilla (100-150 kg N/ha) vajaa puolet ja korkeimmilla (250-350 kg N/ha) lähes kaksi kolmannesta kokonaiskustannuksista, olisi syytä tutkia mahdollisuuksia niiden vähentämiseksi. Jos esim. osa tarvittavasta kaliumista voitaisiin antaa nurmen perustamisen yhteydessä hitaasti liukenevana biotiittina, voitaisiin vuotuisissa ja kasvukauden aikana tapahtuvissa lannoituksissa käyttää "tasaväkevän" (15-15-15) sijasta "typpirikasta" (20-10-10) Y-lannosta. Näin tulisi lannoitekustannus typpikiloa kohden halvemmaksi. Samalla saavutettaisiin myös se etu, ettei fosforia tulisi annettua muihin ravinteisiin nähden turhan paljoa ja toisaalta kasvien liikaa kaliumin ottoa hillittäisiin maan kaliumvaroja huonontamatta.

- Saadun sadonlisäyksen suuruus vaikuttaa typpilannoituksen optimiin varsin herkästi. Esim. yhden prosentin nousu tai lasku typpikilon antamassa sadonlisäyksessä nostaa tai laskee typpilannoitusoptimia keskimäärin noin 1.5 prosentilla.

Yhteenvetona todettakoon, että MTTK:n koetuloksiin ja käytettyihin sadon hinnoitteluun ja tuotantokustannuksiin perustuvassa laskelmassa typpilannoituksen optimi vaihteli vajaasta 100:sta

230:een kg N/ha, ollen keskimäärin 155 kg N/ha/vuosi. Edellä on esitetty joukko tekijöitä, joista toiset vaikuttavat optimia nostavasti toiset sitä laskevasti. Niiden kvantitatiivinen määrittäminen voidaan tehdä vain suuruusluokalleen, joten typpilannoituksen suorituspäämäärää ei voida kovin tarkasti määrittää.

Jos oletetaan, että oikealla lannoituksella ja kalkituksella 3. vuoden satotaso olisi voitu pitää 1-3. vuosien keskiarvon tasolla ja 2. vuoden satotaso vastaavasti tämän ja 1. vuoden satotason välillä (kts. kuva 1) olisi keskimääräinen typpilannoituspäämäärä "koetulosten" perusteella noin 195 kg N/ha. Käytännön viljelyssä se olisi tätä jonkin verran alhaisempi, joten suositeltavana typpilannoitusmääränä "vihreän linjan" viljelyssä voitaneen pitää 150-190 kg N/ha vuodessa.

On kuitenkin huomattava, että sekä rehun arvossa että lannoituskustannuksissa tapahtuu vuosittain muutoksia, tai ne voivat olla paikkakunnittain jopa tiloittain erilaisia ja siten vaikuttaa taloudelliseen tulokseen ja typpilannoitusmäärän valintaan. "Vihreän linjan" rehun tuottamisen taloudellisuus riippuu myös ostoväkirehujen hinnasta. Siksi näitä rehuja olisi vertailtava ja selvitettävä paljonko ostoväkirehuissa tilalle hankitusta valkuaisesta voidaan kannattavasti korvata "vihreän linjan" rehussa tuotetulla valkuaisella.

Kirjallisuutta

- HAKKOLA, H. 1978. Nurmikasvikokeiden tuloksia. Maatalouden tutkimuskeskus, Pohjois-Pohjanmaan koeaseman tiedote 5: 1-23.
- HIIVOLA, S.-L., HUOKUNA, E. & RINNE, S.-L. 1974. The effect of heavy nitrogen fertilization on the quantity and quality of yields of meadow fescue and cocksfoot. Selostus: Runsaan typpilannoituksen vaikutus nurminadan ja koiranheinän satoihin. Ann. Agric. Fenn. 13: 149-160.
- JOY, P., LAKANEN, E. & SILLANPÄÄ, M. 1973. Effects of heavy nitrogen dressings upon release of potassium from soils cropped with ley grasses. Selostus: Nurmille annettujen suurten typpilannoitemäärien vaikutus maan kaliumiin. Ann. Agric. Fenn. 12: 172-184.
- RINNE, S.-L., SILLANPÄÄ, M., HIIVOLA, S.-L. & HUOKUNA, E. 1977. Effects of nitrogen fertilization on the Ca/P ratio of grass herbage. Selostus: Typpilannoituksen vaikutus nurminadan ja koiranheinän Ca/P-suhteeseen. Ann. Agric. Fenn. 16: 177-183.
- RINNE, S.-L., SILLANPÄÄ, M., HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S.-L. 1974 a. Effects of heavy nitrogen fertilization on potassium, calcium, magnesium and phosphorus contents in ley grasses. Selostus: Runsaan typpilannoituksen vaikutus säilörehunurmen kalium-, kalsium-, magnesium- ja fosforipitoisuuteen. Ann. Agric. Fenn. 13: 96-108.
- RINNE, S.-L., SILLANPÄÄ, M., HUOKUNA, E. & HIIVOLA, S.-L. 1974 b. Effects of heavy nitrogen fertilization on iron, manganese, sodium, zinc, copper, strontium, molybdenum and cobalt contents in ley grasses. Selostus: Runsaan typpilannoituksen vaikutus säilörehunurmien rauta-, mangaani-, natrium-, sinkki-, kupari-, strontium-, molybdeeni- ja kobolttipitoisuuteen. Ann. Agric. Fenn. 13: 109-118.
- SILLANPÄÄ, M. 1976. Maan ravinnetasapaino ja "Vihreä linja". VSOM tiedottaa 1976, 2: 6-9.
- SILLANPÄÄ, M. & RINNE, S.-L. 1975. The effect of heavy nitrogen fertilization on the uptake of nutrients and on some properties of soils cropped with grasses. Selostus: Runsaan typpilannoituksen vaikutus nurminadan ja koiranheinän ravinteiden ottoon ja maan ravinnetilaan. Ann. Agric. Fenn. 14: 210-226.

