

FOSFORILANNOITUSTARPEEN VÄHENTÄMINEN

Into Saarela
Maatalouden tutkimuskeskus

Tiivistelmä

Tutkimuksessa pyrittiin vähentämään kalliin ja ympäristöä kuormittavan fosforilannoituksen tarvetta tehostamalla maan ravinnevarojen ja lannoituksen hyväksikäyttöä. Runsaan lannoituksen seurauksena peltomullan fosforipitoisuus kasvoi 1980-luvulla Suomessa lähes yhden prosentin vuosivauhdilla. Lannoituskokeiden mukaan optimaaliseen satoon (97 % maksimista) tarvitaan fosforia 1,8 kertaa niin paljon kuin sadoissa poistuu. Maan ravinnevarojen saatavuuden parantaminen 88 %:sta 92 %:iin kasvin tarpeesta tai lannoituksen hyväksikäyttöasteen nostaminen viidestä yhdeksään prosenttiin pienentäisi optimilannoituksen yhtä suureksi kuin sadoissa korjataan. Vesistöjä enemmän kuormittavaa pintalannoitusta pyrittiin vähentämään korvaamalla osa nurmen lannoituksesta ennen kylvöä maahan mullattavalla fosforilla.

Fosforilannoituksen hyväksikäytön tehostaminen tarkennetulla lannoitteen sijoittamisella osoittautui ongelmalliseksi. Taimien fosforin saantia voitiin kyllä parantaa sijoittamalla fosforilannoite lähemmäksi siementä, mutta suuri fosforikonsentraatio oli haitallinen ja saattoi hidastaa kasvua. Siementen kanssa kosketukseen joutunut lannoite haittasi itämistä etenkin rypsillä, joka pienisiemenisenä kasvina kärsii enemmän myös pitkästä siemenen ja lannoitteen välisestä etäisyydestä. Paras lannoitteen etäisyys siemenestä näyttäisi olevan 2–5 cm, joka on nykyisen tekniikan vaihtoehtojen (0 tai 7 cm) välissä. Kasvien alkukehityksen varmistaminen mahdollisimman pienillä fosforimäärillä näyttäisi edellyttävän juurisolujen fysiologian kannalta nykyisiä parempia lannoitteita. Perustettavien nurmien lannoituksen vaikutusaikaa voitaneen pidentää säätelemällä fosforin pidättymistä maahan lannoitteiden kemiallisella ja fysikaalisella formuloinnilla.

Maan fosforivarojen saatavuuden parantamisessa tärkeimmäksi keinoksi osoittautui edelleen liiallisen happamuuden poistaminen kalkituksella. Maan pH-luvun nostaminen paransi fosforin saatavuutta eniten hienoissa kivennäismaissa, joissa on paljon epäorgaanista tartuntapintaa. Liiallinen happamuus huononsi myös viljavuustutkimuksen fosforimäärityksen luotettavuutta, mutta pH:n, multavuuden ja kasvilajin mukainen korjaus teki eri happamuustasoilla olevien näytteiden analyysitulokset vertailukelpoisiksi. Vesiuutto ja uusi fosforin diffuusioon perustuva menetelmä ennustivat ohran ja kauran fosforin saantia tarkemmin kuin käytössä oleva asetaattiuutto. Tutkimuksen avulla voidaan tarkentaa nykyisen analyysimenetelmän tulosten tulkintaa sekä suunnitella jatkotutkimuksia tarkempaa maa-analyysiä varten. Mahdollisuudet kehittää rutiinikäyttöön soveltuva neuvonnallinen fosforin, typen, kaliumin, boorin ym. ravinteiden saatavuuden arviointimenetelmä näyttävät hyviltä. Analyysin yksinkertainen uuttovaihe soveltuu suoritettavaksi tiloilla tai alueellisissa kenttälaboratorioissa, jolloin kemian laboratorion tehtäväksi jäisi ravinnepitoisuuksien mittaaminen uutteista.

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Runsaan lannoituksen seurauksena Suomen peltojen multakerroksen fosforivarat kasvoivat 1980-luvulla vajaan yhden prosentin vuosivauhdilla, ja fosforilannoituksella arvellaan olevan osuutta vesistöjen haitallisessa rehevöitymisessä. Kasvintuotannossa fosforilannoitus on merkittävä kustannuserä, viljalla noin seitsemän prosenttia tavoitehinnasta. Tutkimuksessa pyrittiin vähentämään kallista ja ympäristöä kuormittavaa lannoitusta tehostamalla sekä maan fosforivarojen että fosforilannoituksen hyväksikäyttöä.

Lannoituskokeiden mukaan kokonaan ilman fosforia saadaan viljalla keskimäärin noin 88 % suurimmasta mahdollisesta sadosta. Tavanomaisella viiden prosentin hyötysuhteella optimaaliseen satoon (97 % maksimista) tarvitaan fosforia 1,8 kertaa niin paljon kuin sadoissa poistuu. Lannoituksen tarkistaminen nykyisten suositusten mukaiseksi ei siten lopeta maan fosforipitoisuuden kasvua. Maan ravinnevarojen saatavuuden parantaminen 92 prosenttiin kasvin tarpeesta tai lannoituksen hyväksikäyttöasteen nostaminen yhdeksään prosenttiin pienentäisi optimaalisen lannoituksen yhtä suureksi kuin sadoissa korjataan ja poistaisi näin ympäristön kuormitusta lisäävän maan fosforipitoisuuden kasvattamisen tarpeen.

Tarkennettu lannoitteen sijoittaminen

Aikaisempien tutkimusten perusteella oletettiin, että lannoitteen sijoittaminen parantaa fosforin hyväksikäyttöastetta vähentämällä liiallista pidättymistä maahan, mutta tulokset ovat olleet tämän hypoteesin vastaisia. Astiakokeissa saatiin hyvin erilaisilla kaksoissuperfosfaatin multaus- ja sijoitustavoilla ohralla ja rypsilä hyvin samankaltaisia tuloksia:

		Ohran sato, g/astia	P:n otto mg/astia	Rypsin sato g/astia
Fosforia	0 mg/astia	2-4	14-17	8-9
	100 "	28-30	57-72	18-22
	400	46-54	103-129	34-37

Kun sato ja fosforin otto olivat jokseenkin yhtä suuria sekoitettaessa fosforilannoite tasaisesti viiden litran maa-erään ja sijoitettaessa lannoite renkaaksi siemenen viereen sijoituslannoitusta vastaavalla tavalla, voidaan päätellä ettei riviin sijoittaminen merkittävästi estänyt fosforin pidättymistä maahan.

Pienruuduissa ns. lavakokeena suoritettussa fosforin sijoituksen optimointikokeessa kaksoissuperfosfaatin sijoittaminen lähemmäksi ohran siementä kuin nykyisessä kylvölannoitustekniikassa tehdään paransi hiukan fosforin saantia ja kasvua, mutta siemenriviin sijoittaminen oli huonompi vaihtoehto (kuva 1). Lannoitemäärää lisättäessä huonontunut kasvu osoittaa suuren lannoitekonsentraation vaikuttaneen tällä kohtalaisen happamalla hietamaalla myrkyllisesti. Käytetyillä sijoitustavoilla ei näyttänyt olevan mahdollista saada aikaan yhtä hyvää kasvua kuin sekoitettaessa suuri määrä fosforia (300 kg P/ha) tasaisesti 10 cm:n pintakerrokseen. Pienemmät fosforimäärät (30 ja 60 kg P/ha) sekoitettiin äestystä vastaten 0-5 cm:n syvyyteen.

Kenttäkokeessa hyvin niukkafosforisella maalla Jokioisissa vuonna 1991 NPK-lannoitteen vaikutus oli aikaisella orasasteella paljon heikompi kuin äestäen mullatun kaksoissuperfosfaatin (kuva 2). Liian suuren lannoitteen ja siemenen välisen

etäisyyden lisäksi fosforin saantia haittasi ilmeisesti juurten toiminnalle liian väkevä maaneste runsaasti helpoliukoisia kloridi- ja nitraattianioneja sisältävien lannoite-keiden läheisyydessä, johon niukkaliukoisemmat fosfaatti-ionit jäivät. Lanta paransi ohran kasvua myös NPK-lannoituksen kanssa. Vaikealiukoista raudalla saostettua fosforia sisältävä puhdistamoliete oli paljon heikompi fosforin lähde kuin lanta, jonka fosforista suurin osa on vesiliukoista.

Neljällä koepaikalla suoritetuissa ns. starttilannoituskokeissa siemenen kanssa sijoitettu diammoniumfosfaatti nopeutti niukkafosforisilla mailla rypsin alkukehitystä ja paransi siemensatoa. Typen sijoittamisesta siemenriviin oli hyötyä eniten silloin, kun typpimäärä oli niukka. Kasvustohavainnot ja puintikosteudet osoittivat, että siemenen kanssa sijoitettu typpi hidasti rypsin tuleentumista. Kasvuajan pidentyminen saattoi suurentaa satoa vaikka kasvusto olisi jäänyt harvemmaksi kuin normaalilla teknikalla. Tarkennetusta lannoitteen sijoituksesta näyttää olevan suurin hyöty pienisiemenisellä rypsillä.

Fosforilannoituksen hyväksikäyttöasteen parantamisen ongelmallisuus osoitti maahan vuosien aikana kertyneen fosforin suuren arvon kasvintuotannossa. Äskettäin raivattujen tai laajaperäisessä "luomutuotannossa" olleiden maiden viljelyssä fosforitilan parantaminen on edelleen järkevää ja eduksi myös ympäristön ravinnekuormituksen kannalta, sillä epätasapainoinen lannoitus lisää muiden ravinteiden huuhtoutumista.

Maan fosforivarojen arviointi

Fosforin saatavuuden arvioinnissa kokeiltiin aivan uutta menetelmää, jossa mitataan fosforin diffuusiota kasvin juuren toimintaa jäljittelevällä menetelmällä. Tulokset ennustivat kasvien fosforin saantia tarkemmin kuin nykyisin käytössä oleva asetaattimenetelmä, joka oli happamilla mailla luotettavaa vain pH:n mukaan korjattuna. Jatkotutkimuksissa uutta menetelmää tulisi pyrkiä soveltamaan myös muille ravinteille. Ravinteiden diffuusioon perustuvalla tekniikalla lieenee mahdollista mitata ainakin fosforin, typen, kaliumin, boorin, rikin, kalsiumin ja magnesiumin saantia maasta. Analyysin yksinkertainen uuttovaihe soveltunee suoritettavaksi tiloilla tai alueellisissa kenttälaboratorioissa, jolloin kemian laboratorioon voitaisiin lähettää valmiiksi mitattavissa muodossa olevia uutteita. Uusi menetelmä osoittaisi fosforin huuhtoutumisriskin paljon luotettavammin kuin nykyinen asetaattimenetelmä.

Kasvilajien ja -lajikkeiden fosforin tarve

Lannoitustarve riippuu paitsi maan ravinnevaroista ja kasvin ravinnetarpeesta myös kasvin kyvystä ottaa maasta ravinteita. Kasvin fosforinottokyky riippuu mm. juuriston laajuudesta ja tiheydestä sekä kasvuajasta. Tiheäjuuriset ja koko kasvukauden ravinteita ottavat nurmikasvit hyödyntävät maan ravinnevaroja tehokkaasti. Aikaiset kevätiljat ja herneet eivät ehdi ottaa maasta ravinteita yhtä paljon kuin pitempään kasvavat lajit. Lajikkeiden fosforin tarvetta vertaavissa astiakokeissa aikaiset ohralajikkeet olivat myöhäisiä vaateliaampia (taulukko 1). Maan happamuudelle arat ulkomaiset ohrat menestyivät heikosti fosforilannoituksen ollessa niukka. Kohtalaisen happamalla multamaalla kaura otti fosforia selvästi tehokkaammin kuin muut kevätiljat. Kivennäismaalla rypsin ja vehnän alkukehitys häiriytyi, ellei riittävä

fosforilannoitusta annettu. Tältä osin tulos ei ole samansuuntainen kenttäkokeiden kanssa.

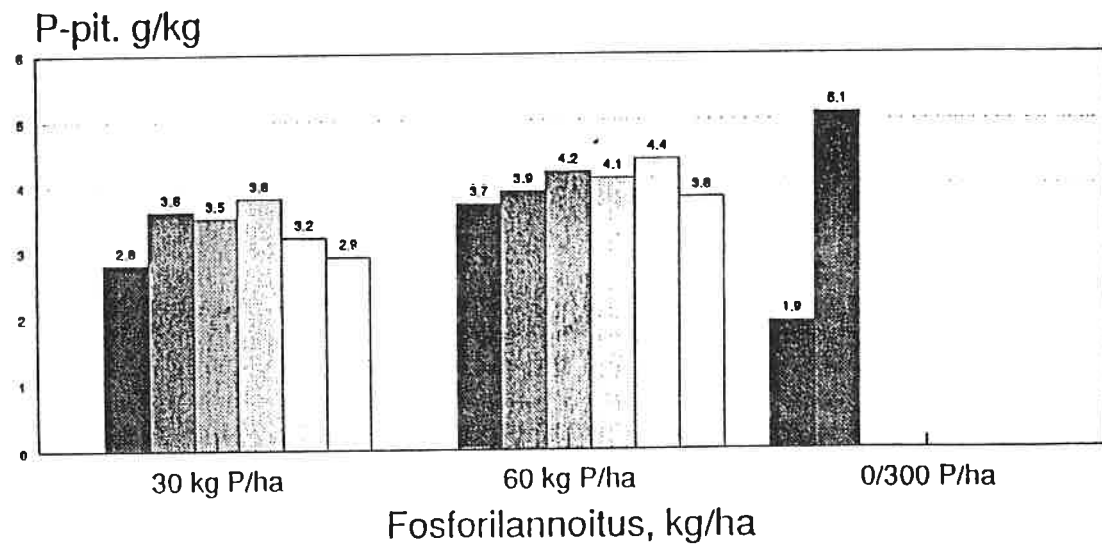
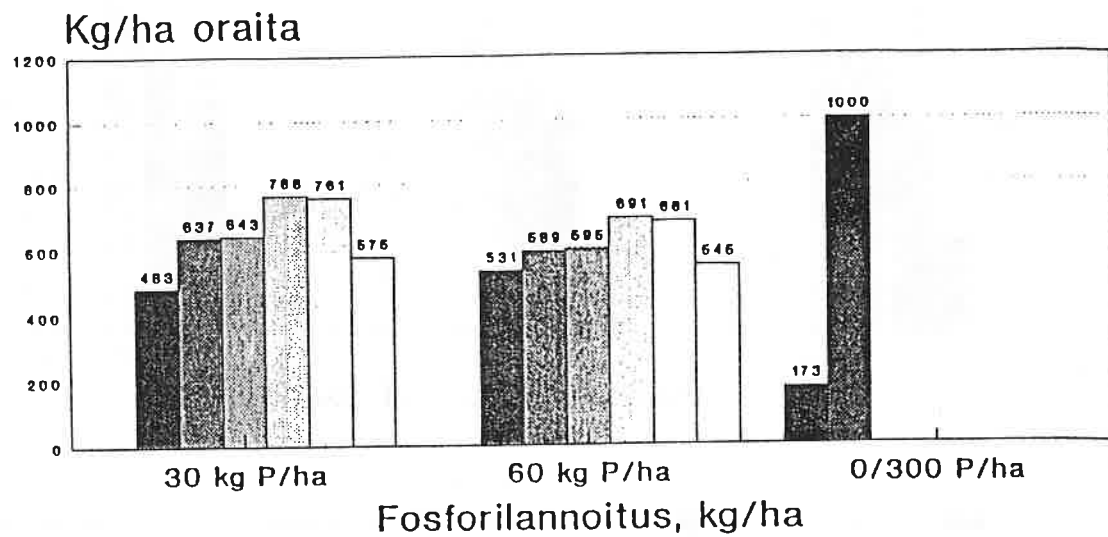
Taulukko 1. Peltokasvilajien ja -lajikkeiden suhteellinen sato eri fosforilannoitus-tasoilla.

Kasvi	Ilman P-lann.	Niukka	Runsas P-lann.
Kohtalaisen hapan multamaa			
Ohra	75	85	100
Vehnä	82	91	100
Kaura	93	99	100
Rypsi	75	90	100
Lievästi hapan kivennäismaa			
Aikainen ohra	59	72	100
Keskiaik. ohra	57	72	100
Keskimyöh. ohra	61	74	100
Myöhäinen ohra	72	82	100
Vehnä	43	63	100
Kaura	61	81	100
Rypsi	33	72	100
Herne	66	82	100

Tulosten soveltaminen ja tutkimuksen jatko

Vesistöjen kuormituksen kannalta tärkeinä pidettyjä nurmen lannoitussuosituksia tarkistettiin alustavasti aikaisempien tutkimusten perusteella vuonna 1991, vaikka sitä varten vuosina 1990–91 perustetut uudet kokeet päättyivät vasta vuosina 1993–94. Vuonna 1991 aloitetut karjanlannan fosforin hyödyntämistä selvittävät tutkimukset jatkuvat suunnitelmien mukaan vuonna 1992. Maahan kertyneen fosforin käyttökel-poisuutta kasveille ja sen arviointia tutkitaan pitkäaikaisten lannoituskokeiden jälkivaikutus-osassa.

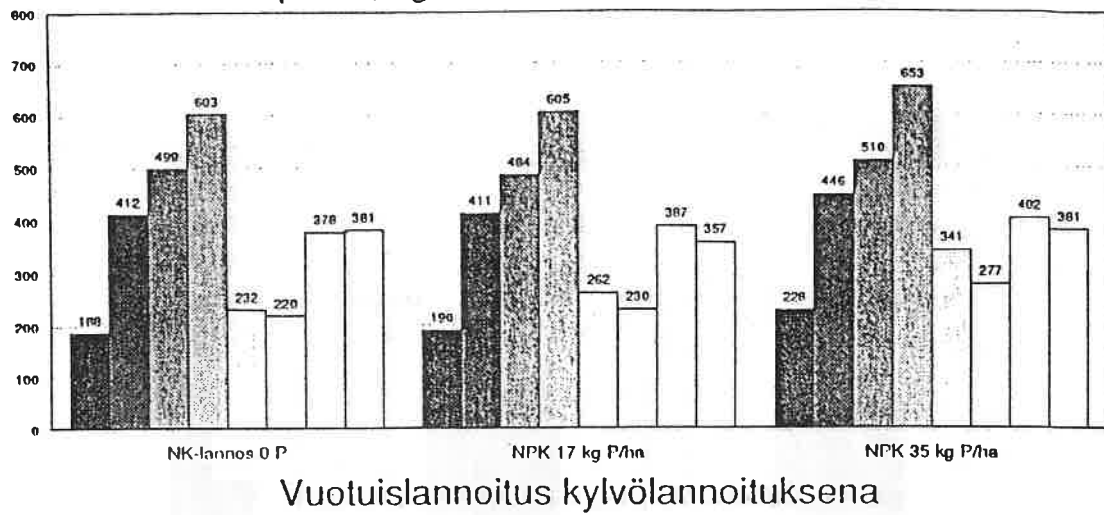
Monipuoliset laboratorio- ja astiakokeet, joissa käytettiin kenttäkokeista otettuja maanäytteitä, helpottavat ja tarkentavat lannoituskokeiden tulosten tulkintaa. Kontrol-loiduissa olosuhteissa suoritettavat kokeet mahdollistivat maan happamuuden vaikutuksen määrittämisen matemaattisesti ja eri happamuustasoilla olevien näytteiden fosforilukujen muuntamisen vertailukelpoisiksi. Liiallinen maan happamuus on ollut aikaisemmissa tutkimuksissa ilmeinen syy siihen, miksi fosforilannoituksen vaikutus ei paljonkaan riippunut maan helppoliukoisesta fosforista. Vähemmän happamilla sokerijuurikasmailla sama menetelmä toimi hyvin jo 1950-luvulla. Maan happamuuden vaikutus ja aikaisten ohralajikkeiden vaateliaisuus tulisi ottaa fosforin tarvetta arvioitaessa huomioon erityisesti pohjoisimmilla äärialueilla, joilla riittävän fosforilannoituksen merkitys on suurin. Etelä-Suomessa viljeltävät myöhäiset ohrat ja kaura käyttävät maan fosforivaroja tehokkaammin ja tuottavat siten hyviä satoja niukemmalla lannoituksella.



Verranne	Multaus	Norm. sij.	Joka väliin
Tih. rivit	Riv. vier.	Siem.riviin	

Kuva 1. Fosforin sijoituksen vaikutus oraiden kasvuun lavakokeessa (yläkuva) ja oraiden fosforipitoisuuteen (alakuva).

Oraiden kuivapaino, kg/ha



Kuva 2. Fosforilannoituksen vaikutus ohran oraiden kasvuun niukkafosforisella maalla.