

## Typpilannoituksen ja kasvinsuojeluaineiden käytön vaikutus mallas- ja rehuohran viljelyn taloudelliseen tulokseen

Lauri Juntti <sup>1)</sup>, Lauri Jauhiainen <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, [lauri.juntti@mtt.fi](mailto:lauri.juntti@mtt.fi).*

<sup>2)</sup> *MTT TUT/TPY, 31600 Jokioinen, [lauri.jauhiainen@mtt.fi](mailto:lauri.jauhiainen@mtt.fi)*

### Johdanto

Kasvinviljelyssä sato muodostuu annettujen panosten, kasvuympäristön ja kasvukauden sään yhteisvaikutuksen mukaan. Kasvuprosessin tunteminen on tärkeää taloudellisesti optimaalisen panos–tuotosuhteen määrittämisessä. Nämä tekijät ovat nousseet voimakkaasti esille Euroopan unioniin liittymisen jälkeen, jolloin panosten ja tuotosten hintasuhteiden kehitys Suomessa on ohjannut tuotantoa ekstensiivisen viljelyn suuntaan. Tämän johdosta on keskustelu siirtymisestä näennäisviljelyyn yleistynyt. Tuotettavan sadon pitää kuitenkin täyttää markkinoiden laatuvaatimukset, mikä edellyttää jonkinasteista panostusta viljelyyn. Täysin näennäisviljelyyn siirtyminen ei siten liene taloudellisesti paras mahdollinen ratkaisu. Erityisen hankala tilanne on niiden kasvilajien viljelyssä, joissa laatuvaatimukset täyttävän sadon tuottaminen vaatii huolellisuutta ja monipuolista tuotantopanosten käyttöä. Eräs tällainen tuotannonmuoto on mallasohran viljely. Mallasohran laatuvaatimukset ovat erittäin tiukat, jolloin kasvutekijöiden ja tuotantopanosten käytön vaikutukset lopputulokseen on tunnettava varsin tarkasti. Mallasohran hinta markkinoilla on rehuohran hintaa suurempi (esim. MMM 2002a), jolloin viljelijälle on teoriassa olemassa kannustin panostaa viljelyyn ja siten tuottaa hyvälaatuisia ohraa. Lisäksi mallasohralle maksetaan kansallista lisätukea, joka vuonna 2002 oli noin 84 €/ha (MMM 2002b). Toisaalta hintaero ja tuki eivät kuitenkaan anna kovin suuria mahdollisuuksia sijoittaa viljelyyn lisäpanoksia, sillä esimerkiksi sääolojen suurta vaikutusta lopputulokseen ei voida täysin hallita. Näistä viljelijän hallitsemattomista satoon vaikuttavista tekijöistä johtuen tuotantopanoksilla ei varmuudella voida kohottaa satotasoa ja varmistaa laatuvaatimusten täyttymistä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kenttäkoeaineistosta keskeisten viljelijän käytettävissä olevien tuotantopanosten, lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden, vaikutuksia ohran satoon ja laatuun sekä viljelyn tuottoihin ja kustannuksiin. Tutkimuksen päätavoitteena oli määrittää tuotantofunktioiden avulla kyseisille viljelijän valittavissa oleville tuotantoteknologioille taloudellisesti optimaaliset typpilannoitustasot nykyisillä tuotteiden ja tuotantopanosten hinnoilla, sekä löytää parhaan taloudellisen tuloksen antava teknologia sekä koepaikoittain että koko koejaksolle. Tutkimuksen toisena tavoitteena oli tutkia näiden tuotantopanosten vaikutuksia viljan laatuun. Tutkimuksessa pyrittiin tuottamaan viljelijälle tuotannon suunnittelua ja viljelyteknologian valintaa helpottavaa informaatiota. Tutkimuksen kolmantena tavoitteena oli verrata typpilannoituksen biologisten ja taloudellisten optimipisteiden suhdetta ympäristötuen ehtoihin.

### Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistona käytettiin Kemira Agron ja Nylands Svenska Lantbrukssällskapin yhteistyönä vuosina 1996–2000 tehdyn koesarjan tuloksia. Kokeita järjestettiin Kotkaniemen koetilalla Vihdissä, Västankvarnin koulutilalla Inkoossa sekä Suur-Sarvilahden kartanossa Pernajassa. Kokeessa tutkittiin lannoituksen ja kasvinsuojeluaineiden vaikutuksia ohran satoon. Kokeessa oli viisi typpilannoitustasoa: 0, 60, 90, 120 ja 160 kg typpeä/ha. Lannoitus annettiin Pellon Typpi Y- seoslannoitteena (NPK 26-2-3). Lisäksi kokeessa oli jokaista lannoitustasoa kohden seuraavat kasvinsuojelukoejäsenet:

1. Käsittelemätön.
2. Rikkakasvien torjunta.
3. Rikkakasvien ja kasvitautien torjunta.
4. Rikkakasvien ja laon torjunta.
5. Rikkakasvien, kasvitautien ja laon torjunta.

Kaikissa rikkakasvien torjunnan sisältävissä koejäsenissä käytettiin torjunta-aineena Express 50T-valmistetta 1,5 tablettia/ha ja lisäksi Super-kiinnitettä 0,2 l/ha. Kasvitautien torjunta-aine vaihtui lähes vuosittain, käytetty aine oli joko koeaine tai Kemira Agro Oy:n uusien markkinoilla ollut tuote. Kasvunsäteenä sisältävissä koejäsenissä käytettiin Cerone – valmistetta 0,3 l/ha.

Koepaikat olivat vuosittain seuraavat:

1996 Västankvarn, Sarvilahti ja Kotkaniemi.

1997 Västankvarn, Sarvilahti ja Kotkaniemi.

1998 Västankvarn.

1999 Sarvilahti ja Kotkaniemi.

2000 Sarvilahti.

Ohralajikkeina kokeissa käytettiin vuosina 1996 – 1998 Kymppiä ja vuosina 1999 - 2000 Saanaa. Siemen oli sertifioitua ja peitattua. Koealueiden maalajit olivat lieju-, hiue- tai hietasavea.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin tuotantofunktioanalyysiä. Aineistosta estimoitiin tuotantofunktioita käyttäen typpilannoitusta selittävänä muuttujana. Funktiomuodoksi valittiin neliöfunktio. Kasvinsuojelun tasot erotettiin toisistaan estimoimalla funktiot jokaiselle käsittelylle erikseen. Lannoituksessa oletettiin muiden ravinteiden paitsi typen tarpeen olevan aina täytetty. Lisäksi kasvitautilien torjunta-aineiden välillä ei oletettu olevan vaikutuseroja.

Satotasojen suuren vuotuisvaihtelun vuoksi tuotantofunktiot estimoitiin erikseen jokaiselle vuodelle ja koepaikalle, jolloin jokaista kasvinsuojelukäsittelyä kohden saatiin kymmenen tuotantofunktioita. Tällä menettelyllä pyrittiin minimoimaan muiden kuin tutkittavien muuttujien vaikutus sadonmuodostukseen. Tällä menettelyllä pystyttiin myös paremmin selvittämään lannoituksen ja kasvinsuojelun merkitystä erilaisina kasvukausina. Ympäristötuen ehtojen rajoituksia ei sisällytetty malliin. Tämä menettely on edellytyksenä sille, että funktio voitiin estimoida täysin biologis-fyysisin perustein.

Satunnaiskertoimisella regressiomallilla tutkittiin lisäksi eri käsittelyjä saaneiden mallien eroja käsittelemättömien malliin. Tutkimus tehtiin yli vuosien ja koepaikkojen. Malli perustuu siihen, että parametreille on olemassa keskimääräiset tasot, jotka hyväksyvät jokaiselle koepaikalle ja vuodelle omat funktionsa. Tässä aineistot käsitellään yhtä aikaa ja hyväksytään parametrien vaihtelu käsittelyltä toiselle. Käsittelyt annetaan Dummy – muuttujina, jolloin tulokset antavat kahden käsittelyn eron ja sen tilastollisen merkitsevyyden.

Typpilannoitteen lyhyen aikavälin taloudellinen optimikäyttömäärä ratkaistiin pelkästään typpilannoitteen ja kasvituotteen hintasuhteen  $w/p$  perusteella kaavalla:

$$\Psi = py - wx,$$

missä  $\Psi$  lyhyen aikajänteen ylijäämä,  $p$  on tuotteen  $y$  hinta,  $w$  on panoksen  $x$  hinta.

Taloudellisesti parhaan tuotantoteknologian ratkaiseminen edellytti tuotantoteknologioiden muuttamista vertailukelpoisiksi. Vertailukelpoisuus saavutettiin vähentämällä kasvinsuojelusta aiheutuvat kustannukset taloudellisen lannoitusoptimin antamasta taloudellisesta ylijäämästä. Kasvinsuojelun kustannukset muodostuivat ainekustannuksista ja ruiskutuskustannuksista. Ruiskutuskustannuksena käytettiin urakoitsijaveloitusta. Rikkakasvien torjunnan sisältäneestä koejäsenessä ruiskutuskustannus vähennettiin ylijäämästä kerran, muista kasvinsuojeluaineista sisältäneiden koejäsenten ylijäämästä kaksi kertaa.

Typpilannoitteen hinta johdettiin kokeessa käytetyn seoslannoitteen hinnasta. Seoslannoitteen ja kasvinsuojeluaineiden hintoina käytettiin vuoden keskihintoja. Lannoitteen hintaan lisättiin rahtikustannus. Mallassohran ja rehuohran hintoina käytettiin tutkimuksen tekoajankohdan markkinahintoja, joista oli vähennetty rahtikustannus.

Viljan laatua kuvaavista ominaisuuksista valkuaispitoisuuden kehitystä tutkittiin regressioanalyysillä. Analyysin avulla määriteltiin suurin mahdollinen typpilannoitustaso, jolla valkuaispitoisuus jäi alle mallassohran maksimivaatimuksen, 11,5 %:n. Jyväkokoja tutkittiin laskemalla koejäsenkohtaiset keskiarvot suurimmasta lajitteluasteesta,  $>2,5$  mm. Laatuongelmat ovat johtaneet siihen, että laatuvaatimuksia on paikoin löyhennetty edellä mainitusta, mutta sitä ei tässä tutkimuksessa otettu huomioon. Regressioanalyysin tulosten ja keskiarvojen avulla saatiin määriteltyä ohran laatu riittävän tarkasti, jolloin koejäsenten sato voitiin jakaa joko mallasohraksi tai rehuohraksi.

## Tulokset ja tulosten tarkastelu

Vuotuinen satovaihtelu oli suurta. Esimerkiksi käsittelemättömien koejäsenten biologiset maksimisadot vaihtelivat vuodesta riippuen 1200 – 8500 kilon välillä. Myös typpilannoituksen biologiset optimipisteet vaihteli-

vat samoissa koejäsenissä paljon, 57 – 275 kilon välillä. Myös kasvinsuojelukäsittelyjä sisältäneissä koejäsenissä vaihtelu oli suurta, vaikkakin luvut poikkesivat käsittelemättömistä koejäsenistä. Suurimmat typpilannoituksen biologiset optimipisteet nousivat korkeammiksi kuin tutkimusaineiston suurin typpilannoitustaso. Tämän johdosta näihin lukuihin on suhtauduttava varauksin, sillä ne saattavat olla harhaisia.

Satunnaiskertoimisen regressiomallin tulosten perusteella biologisten typpioptimien olisi pitänyt olla jokaisessa koepaikassa kaikilla kasvinsuojelukäsittelyillä samat ja ainoastaan sadon määrän olisi pitänyt vaihdella. Tällä mallilla ei kuitenkaan voitu osoittaa sitä, että funktion parametrit vakioparametria lukuun ottamatta olisivat kaikissa olosuhteissa samat kaikilla käsittelyillä. Estimoitu malli kuvasi pitkän aikavälin tilannetta, jolloin siihen luonnollisesti sisältyi vaihtelua. Tämän perusteella laskentamallin käyttö, jossa kaikkien parametrien oletettiin muuttuvan, oli yksittäisen koepaikan analysoinnissa perusteltua.

Kasvinsuojelukäsittelyjä sisältäneiden koejäsenten biologiset maksimisadot olivat lähes poikkeuksetta vastaavien käsittelemättömien koejäsenten maksimisatoja suurempia. Biologiset optimit olivat kuitenkin muutamissa pelkän rikkakasvien torjunnan tai yhdistetyn rikkakasvien torjunnan ja laon torjunnan saaneissa koejäsenissä pienemmät kuin vastaavissa käsittelemättömissä koejäsenissä. Kun vielä tautien torjunta lisättiin edellisiin käsittelyihin, niin silloin jokaisen käsitellyn koejäsenen biologinen sato-optimi oli jokaisessa koepaikassa suurempi kuin vastaavan käsittelemättömän koejäsenen biologinen sato-optimi. Satunnaiskertoimisen regressiomallin mukaan käsiteltyjen koejäsenten satotasot olivat kuitenkin keskimäärin aina käsittelemättömää suurempia.

Typpilannoituksen vaikutus sadon valkuaispitoisuuteen vaihteli vuosittain varsin paljon. Esimerkiksi vuonna 1996 typpilannoituksen vaikutus sadon valkuaispitoisuuteen oli pieni. Syy alhaisiin valkuaispitoisuuksiin oli kasvukauden erinomaiset kasvuolosuhteet. Kyseisenä vuotena satotasot olivat varsin korkeat, jolloin kasvit käyttivät ravinteet sadonmuodostukseen. Vuonna 1999 valkuaispitoisuudet taas nousivat varsin korkeiksi, sillä jopa lannoittamattomissa koeruuduissa valkuaispitoisuudet nousivat mallasohran maksimipitoisuuden yläpuolelle. Kasvinsuojelukäsittelyjen vaikutus jyväkokoon oli vaihtelevaa. Pelkällä rikkakasvien tai rikkakasvien ja laontorjunnalla ei juuri ollut vaikutusta lajitteluasteisiin. Kasvitautilien torjunnan yhdistäminen edellä mainittuihin käsittelyihin lisäsi suurimpien, yli 2,5 mm jyvien osuutta.

Biologisen typpioptimin tapaan myös ohran taloudellisesti optimaalinen typpilannoitus vaihteli vuosittain ja koepaikoittain varsin paljon. Esimerkiksi käsittelemättömien koejäsenten taloudelliset typpioptimit vaihtelivat välillä 0 – 133 kg/ha. Taloudellinen lannoitusoptimi jäi nolnaan kiloon käsittelemättömissä koejäsenissä yhteensä kolmessa koepaikassa. Kasvinsuojelukäsittelyitä sisältäneiden koejäsenten taloudellisesti optimaaliset typpilannoitustasot vaihtelivat eri tavoin kuin käsittelemättömien koejäsenten taloudelliset typpilannoitusoptimat. Kaikki taloudelliset typpilannoitusoptimat mahtuivat kokeessa käytettyjen typpilannoitustasojen välille, joten biologisten typpilannoitusoptimien kaltaista harhaisuusongelmaa ei ole. Ympäristötuen ehdot eivät rajoittaneet taloudellisten optimisatojen tavoittelua.

Biologisten sato-optimien tapaan myös ohran taloudellisesti optimaalinen satotaso vaihteli vuosittain varsin paljon. Esimerkiksi käsittelemättömissä koejäsenissä taloudellinen sato-optimi hehtaarilla vaihteli noin tuhannesta kilosta yli kuuteen tuhanteen kiloon. Kasvinsuojelukäsittelyitä sisältäneissä koejäsenissä vaihtelu oli suuruusluokaltaan samanlaista, vaikkakin luvut poikkesivat toisistaan. Satunnaiskertoimisen regressiomallin mukaan käsiteltyjen koejäsenten satotasot olivat kuitenkin keskimäärin aina käsittelemättömää suurempia.

Eri tuotantoteknologioiden antamat taloudelliset ylijäämät vaihtelivat satotasojen lailla vuosittain varsin paljon. Kaikkein suurinta vaihtelu oli rikkakasvien-, kasvitautilien- ja laon torjunnan sisältäneissä koejäsenissä. Alimmillaan tämän tuotantoteknologian antama taloudellinen ylijäämä jäi vain 11 euroon hehtaarilla. Suurimmillaan ylijäämä nousi tässä koejäsenessä 573 euroon hehtaarilla. Käsittelemättömissä koejäsenessä vaihtelu oli näistä koejäsenistä pienintä, sillä tämän koejäsenen antama taloudellinen ylijäämä vaihteli 91 €/ha ja 546 €/ha välillä.

## Johtopäätökset

Parhaan taloudellisen ylijäämän antanut tuotantoteknologia vaihteli lähinnä kahden ääripään teknologian välillä. Taloudellisille ylijäämille ei kuitenkaan saatu tilastollisesti merkitseviä eroja. Tähän vaikutti eniten taloudellisten optimipisteiden suuri hajonta ja havaintojen pieni lukumäärä. Paras taloudellinen ylijäämä saatiin useimmiten joko käsittelemättömästä tai rikkakasvien-, kasvitautilien- ja laon torjunnan saaneista koejäsenistä. Lisäksi kahdessa Suur - Sarvilahden kokeessa rikkakasvien ja kasvitautilien torjunta antoi parhaan taloudellisen ylijäämän. Pelkän rikkakasvien tai rikkakasvien- ja laon torjunnan sisältäneiden koejäsenten antama taloudellinen ylijäämä ei noussut yhdessäkään koepaikassa kaikkein suurimmaksi. Koko koejaksolle

ei suurista vaihteluista johtuen voida yksiselitteisesti määritellä parhaan taloudellisen tuloksen antamaa tuotantoteknologiaa.

Edellä saadut tulokset eivät kuitenkaan kerro koko totuutta rikkakasvien- ja laon torjunnan vaikutuksesta viljelyn taloudelliseen tulokseen. Tässä tutkimuksessa laskentaperusteena käytettiin pelkkää kasvinsuojelun avulla saatua sadonlisää. Tuloksia tarkasteltaessa on syytä muistaa, että näiden torjunta-aineiden käytöllä voidaan alentaa mm. korjuu- ja kuivatuskustannuksia. Tutkimustulosten perusteella mitään kasvinsuojelutoimenpidettä ei kannata tehdä säännönmukaisena rutiinitoimenpiteenä vaan kasvinsuojelun tulee perustua todettuun tarpeeseen. Tarpeen suuruuden arviointi eli torjuntakynnyksen määrittäminen saattaa kuitenkin joissakin olosuhteissa olla vaikeaa.

### **Kirjallisuus**

**MMM 2002.** Hakuopas 2002. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 139 s.

**MMM 2002.** Hintapuntari 1/2002. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.