



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 22 / 88

HANNU KÄNKÄNEN ja MARKKU KONTTURI
Kasvinviljelyosasto

**Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään
erilaisten herneiden sadon muodostumiseen**

JOKIOINEN 1988
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 22/88

HANNU KÄNKÄNEN ja MARKKU KONTTURI
Kasvinviljelyosasto

KYLVÖTIHEYDEN VAIKUTUS LEHTITYYPILTÄÄN
ERILAISTEN HERNEIDEN SADON MUODOSTUMISEEN

Kasvinviljelyosasto
31600 JOKIOINEN
(916) 881 11

JOKIOINEN 1988
ISSN 0359-7652

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO

KIRJALLISUUSOSA

	Sivu
A. HERNEEN LEHTITYYPIT	1
1. LEHTIMÄÄRÄLTÄÄN ERILAISET HERNEET	1
2. LEHTITYYPPIEN OMINAISUUDET	1
2.1. Lehtimuutosten vaikutus lakoutumiseen	1
2.2. Lehdeettömyyden etuja ja haittoja	2
3. KEHITYSRYTMİ	3
3.1. Suhteellinen ja absoluuttinen kasvunopeus	3
3.2. Puolilehdettömästä tyypistä kompromissi	4
4. VALON HYVÄSIKÄYTTÖ	5
5. YHTEYTTÄMINEN	6
5.1. Hiilidioksidin käyttö	6
5.2. Yhteyttämistuotteiden siirtyminen siemeniin	8
5.3. Palon merkitys yhteyttämisessä	8
6. SADONTUOTTOKYKY	8
6.1. Lehtimuutosten vaikutukset satokomponentteihin	9
6.2. Yksittäisten kasvien siemensadot	10
6.3. Hehtaarisadot	10
7. UUDET PUOLILEHDETTÖMÄT LAJIKKEET SUOMESSA	11
B. KYLVÖTIHEYYS	12
8. KYLVÖTIHEYDEN JA KASVUTIHEYDEN VÄLINEN SUHDE	12
8.1. Orastuvuus itävyyttä pienempi	12
8.2. Kylvöalusta	13
8.3. Kilpailun vaikutus kasvuston tasaisuuteen	13
9. KASVUSTON SADONTUOTTOKYKYYN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ	16
9.1. Säästressi kasvustossa	16
9.1.1. Kuivuus ja kuumuus	16
9.1.2. Märkyys	17
9.2. Lakoutuminen	18
9.3. Rikkakasvit	19
10. KASVUTIHEYDEN VAIKUTUS SATOKOMPONENTTEIHIN	19
10.1. Kukkanivelet ja haarat	19
10.2. Kukkat ja palot	20
10.3. Siemenet	20
11. TIHEYDEN JA LEHTITYYPIN VAIKUTUS KASVUNOPEUTEEN	21
12. TIHEYDEN VAIKUTUS SATOON	22
12.1. Biologinen sato	22
12.2. Siemensato	24

KOKEELLINEN OSA

1. AINEISTO JA MENETELMÄT	26
1.1. Kokeen tarkoitus	26
1.2. Koejäsenten esittely	26
1.3. Kokeen perustaminen	27
1.4. Havainnot, käsittelyt ja sadonkorjuu	28
1.5. Tulosten tilastollinen käsittely	29
1.6. Kasvukauden sääolot	30
2. KOKEEN TULOKSET	31
2.1. SATO JA SADON LAATU	33
2.1.1. Itävien siementen taimettuminen pellolla	33
2.1.2. Kasvu-aika ja kukinnan kesto	34
2.1.3. Lakoutuminen	35
2.1.4. Puintikosteus	36
2.1.5. Siemensato	37
2.1.6. 1000 siemenen paino	38
2.1.7. Valkuaispitoisuus, valkuais-sato ja typpisato	39
2.1.8. Ensiluokkaisten sekä roska- ja rikka-herneiden osuus	40
2.1.9. Itävyys ja kypsyminen	42
2.2. SATOANALYYSI	42
2.2.1. Kasvinosien lukumäärä neliömetrillä	42
2.2.2. Kasvinosien paino neliömetrillä	43
2.2.3. Varsien ja palonkuorien typpipitoisuus	44
2.2.4. Herneiden typpipitoisuus	45
2.2.5. Kasvinosien typpimäärä neliömetrillä	46
2.2.6. Siemenpaino	48
2.2.7. Satoindeksi	49
2.2.8. Typpisatoindeksi	50
2.2.9. Kasvin paino	51
2.2.10. Herneiden paino ja lukumäärä kasvia kohti	51
2.2.11. Herneiden lukumäärä ja paino palkoa kohti	53
2.2.12. Palkojen lukumäärä ja paino kasvia kohti	54
2.2.13. Orastumisprosentti	55
2.2.14. Laskennallinen sato	56
2.2.15. Vuosien vaikutus tutkittaviin ominaisuuksiin	57
3. TULOSTEN TARKASTELU	58
3.1. Sato ja sadon laatu	58
3.2. Satoanalyysi	60
KIRJALLISUUS	64

JOHDANTO

Herne (Pisum sativum L.) on luontaisilta kasvuominaisuuksiltaan hankala peltokasvi. Se on voimakas kilpailija, sen kasvu on päätteetöntä ja se lakoutuu herkästi.

Herneen viihtymiseksi paremmin kasvustossa on alettu kehittää geneettisten muutosten avulla lajikkeita, joissa lehtien määrä on vähentynyt perinteisiin lajikkeisiin verrattuna. Lehdettömät ja puolilehdettömät herneet ovat jo maailmalla vakavia vaihtoehtoja lehdellisten herneiden rinnalla.

Suomessa herneen viljelyala oli suurimmillaan 1930-luvulla. Silloin ala oli 15 000 hehtaaria, mutta 1970-luvun alussa enää 1 300 hehtaaria. Kymmenen vuotta sitten asetettiin tavoitteeksi herneen viljely myös rehukäyttöön ja viljelyalan lisääminen 25 000 hehtaariksi. Parhaimmillaan on päästy kuitenkin vain 10 000 hehtaariin, ja vuonna 1986 hernetä viljeltiin vain 2500 hehtaarilla (KÖYLIJÄRVI 1987).

Suomeen tuloaan tekevä puolilehdetön herne voi piristää herneen viljelyä. Puolilehdettömän herneen lehdykät ovat muuttuneet kärhiksi ja varsinaisina lehtinä toimivat korvakkeet. Tärkeimmät lajikkeet ovat Pika ja Panu. Puolilehdettömien herneiden viljelyä yritetään lisätä tukemalla siemenviljelyä. Todellinen keino herneen viljelyn lisäämiseksi rehukäyttöön olisi kuitenkin herneen tuottajahinnan selvä korottaminen.

TIIVISTELMÄ

Lehtityypiltään erilaisten herneiden kylvötiheyskokeet tehtiin Jokioisissa Maatalouden tutkimuskeskuksessa vuosina 1983, 1985 ja 1986. Lehdetöntä hernetyyppiä edustava lajike oli Filby. Puolilehdettömänä lajikkeena oli Pika (vuonna 1983 Dryden) ja tavallisenä lehdellisenä lajikkeena Proco.

Kokeissa käytetyt kylvötiheydet olivat 30, 60, 110, 160 ja 210 itävää siementä neliometriä kohti. Keskimäinen tiheys vastaa perinteisille herneille suositeltua normaalia kylvötiheyttä.

Kokeiden tärkein tulos oli se, että puolilehdettömille ja lehdettömille herneille sopii tiheämpi kylvö kuin perinteisille lajikkeille. Puolilehdetön Pika tuotti kokeissa parhaan hehtaarisadon, keskimäärin 4080 kg, kun kylvötiheys oli 160 kpl/m². Tiheämmässä kasvustossa sato jäi yli 100 kg alhaisemmaksi ja tiheydessä 110 kpl/m² 400 kg alhaisemmaksi.

Procon sato tiheydessä 110 kpl/m² oli 2780 kg. Kun tiheys kasvoi tai pieneni, sato laski 200 - 300 kg. Filbyn sato oli korkeimmillaan kahdessa tiheimmässä kasvustossa, keskimäärin 3440 kg.

Orastuvuus pellolla laski 88,7:stä 75,3 prosenttiin kun kylvötiheys nousi 60:sta 210:een. Pikan ja Filbyn orastuvuudet laskivat enemmän kuin Procon. Orastuvuus vaihtelee vuosittain olosuhteista riippuen. Vuonna 1985 pellolla orastui 95 %, kahtena muuna vuonna 80 % itävistä siemenistä.

Tuleentuminen tasaantui ja kasvu-aika sekä kukinnan kesto lyhenivät tiheyden kasvaessa. Pikan ja Filbyn lakoutuvuudet laskivat ja Procon lakoutuvuus nousi tiheyden kasvaessa. Ensiluokkaisten herneiden osuus kasvoi ja rikkaherneiden osuus laski tiheyden kasvaessa. Roskahernejä oli tiheydessä 110 kpl/m² eniten. Puintikosteus laski tiheyden kasvaessa. Samoin tuhannen siemenen paino laski jonkin verran.

Koeruutupuimurilla korjatusta sadosta otettujen näytteiden lisäksi kerättiin erityistä kasvustoanalyysiä varten vuosina 1985 ja 1986 kustakin ruudusta kasvinäytteet puolen neliömetrin alalta juuri ennen puintia.

Satoanalyysissä mitatussa herneiden typpipitoisuudessa tiheyden typpipitoisuutta nostava vaikutus näkyi selvemmin kuin puiduissa näytteissä. Procon ja Pikan herneiden typpipitoisuudet nousivat 0,15 prosenttiyksikköä tiheyden muuttuessa harvimmasta tiheimpään. Samalla herneiden typen osuus koko kasvin tyypestä laski.

Satoindeksi laski selvästi varsinkin Procolla tiheyksien 110 kpl/m² ja 160 kpl/m² välillä. Satoindeksin lasku johtui lähinnä herneiden määrän vähenemisestä. Herneiden määrä ja paino palkoa kohti ja palkojen määrä ja paino kasvia kohti laskivat tiheyden kasvaessa. Palot kevenivät. Tulokset vahvistivat niitä ulkomaisia tuloksia, joiden mukaan kasvuston tiheneminen vaikuttaa lehdettömiin ja puolilehdettömiin herneisiin vähemmän kuin lehdellisiin herneisiin.

KIRJALLISUUSOSA

A. HERNEEN LEHTITYYPIT

1. LEHTIMÄÄRÄLTÄÄN ERILAISET HERNEET

Herneet ovat lehdellisiä, puolilehdettämiä tai lehdettämiä. Herneet jaetaan usein myös normaaleihin ja lehdettämiin. Silloin jälkimmäisellä ryhmällä tarkoitetaan kaikkia muunnoksia, joissa lehtien määrä on vähentynyt.

Ensimmäisen kerran mutantti hernenmuoto, jossa lehdykät olivat muuttuneet kärhiksi, löydettiin Suomessa vuonna 1950 (KUJALA 1953). Neuvostoliitossa tällainen "viiksekäs" herne kehitettiin vuonna 1956. Se oli hyväsatoinen ja lakoutui huomattavasti vähemmän kuin muut herneet (SOLOLEV 1958).

Lehdyköiden muuttumisen kärhiksi aiheuttaa af-geeni. Lehdettämiä herneitä sanotaankin myös afila-herneiksi. Korvakkeiden koko taas pienenee st-geenin vaikutuksesta. Niinpä on alettu tuottaa lehdettämiä (afaf stst) ja puolilehdettämiä (afaf StSt) genotyyppejä. Tavanomaisen herneen genotyyppi muodostuu AfAf StSt -geeniparien vaikutuksesta (SNOAD 1980, PYKE & HEDLEY 1982).

Edellisten lisäksi on olemassa monenlaisia hernen tyyppieitä. Yhdessä niistä kärhet ovat muuttuneet lehdyköiksi tl-geenin vaikutuksesta.

2. LEHTITYYPPIEN OMINAISUUDET

2.1. Lehtimuutosten vaikutus lakoutumiseen

Tavallinen lehdellinen herne on varsin herkkä lakoutumaan. Puolilehdettömän herneen laonkesto on parempi, lehdettömän paras. Herneen lehtirakenteen ja korvakkeiden koon säätely onkin tehokkain tapa muuttaa herne paremmaksi peltokasviksi (SNOAD 1980, 1983).

Lehdettömien herneiden lisääntynyt kärhimäärä auttaa kasvustoa pysymään pystyssä. Lisäksi lehdettömän herneen varsi on yleensä lyhyempi kuin alkuperäisen lehdellisen muodon varsi (MACKERRON ja THOMPSON 1983).

HEATH ja HEBBLETHWAITE (1984) varoittavat kuitenkin liiasta tuijottamisesta lehtityyppiin. Afila-geeni viivästyttää lakoutumisen alkamista ja pienentää mahdollisesti sen vakavuutta, mutta ei estä sitä. Lisääntyneestä kärhien määrästä voi joskus olla haittaakin. Jotkut taudit tarttuvat herkemmin kärhiin kuin lehtiin. Kärhet vaikeuttavat myös joitakin viljelytoimia, kuten sadetusta. Joidenkin lehdettömien linjojen lakoutuvuus voi olla ennalta arvaamatonta ja vaihdella kasvupaikoittain ja -kausittain (SNOAD 1983).

Lehdistön muuntelu tuskin on yksinään ratkaisu laonkestävyyden kehittämiseksi. Se voi jopa hidastaa muiden vielä parempien ominaisuuksien, kuten varren vahvuuden, valintaa. Ihannekasvi on vahva erityisesti varren tyvestä (HEATH ja HEBBLETHWAITE 1984).

Esimerkiksi Progreta-lajikkeessa lehtien koon pienemiseen yhdistyy tavallista jäykempi varsi. Jo pienellä jäykkyyden lisäyksellä yhdistettynä af-geeniin voidaankin saada laonkestävyydeltään korsiviljoja vastaava hernekasvusto (SNOAD 1985).

2.2. Lehdeettömyyden etuja ja haittoja

Lehdeettömyydestä aiheutuvilla kasvin muoto- ja kokoeroilla tavalliseen herneeseen verrattuna on sekä etunsa että haittansa. Se, että lehdeettömän herneen kärhilehdet ovat isommat kukkasilmuissa kuin vegetatiivisissa silmuissa, tekee kasvusta suhteellisen painavalatvaisen. Samalla kuitenkin yhteyttävän kudoksen määrä lisääntyy hyödyllisessä kasvuston korkeudessa. Myös kärhien tarttumiskyky lisääntyy, mikä parantaa kasvuston pystyssä pysymistä (SNOAD 1981).

HEDLEY ja AMBROSE (1981) totesivat lehdeettömyyden helpottavan korjuuta ja vähentävän sienien aiheuttamaa siementen pilaantumista. RUOKOLA (1983) havaitsi lehdeettömän kasvuston laonkeston ja hyvän ilmavuuden vähentävän taudinaiheuttajien viihtyvyyttä. Myös maasta käsin tapahtuva tartunta väheni. Lehdeettömien herneiden siemensadoissa oli bakteereita ja hiivoja vähemmän. COUSIN ym. (1985) havaitsivat Ranskassa korvakkeettomien linjojen olevan puolilehdeettömiä linjoja herkempiä taudeille.

Lehdistön vähentäminen auttaa valon tunkeutumista kasvustoon. Ilma liikkuu kasvustossa paremmin, mikä voi nopeuttaa sadon kuivumista. On myös huomattu pienikorvakkeisten tyyppien kestävän vesipeittovaurioita huomattavan hyvin (SNOAD 1983).

3. KEHITYSRYTMIT

3.1. Suhteellinen ja absoluuttinen kasvunopeus

SNOAD (1981) vertasi kolmen lehtityypin geneettisesti lähekkäisten linjojen kasvunopeutta yhdeksänstätoista 48. päivään kylvöstä. Lehdellisen ja puolilehdettömän tyyppien suhteelliset kasvunopeudet olivat samat. Lehdettömän tyyppien suhteellinen kasvu oli selvästi hitaampaa. Pääasiassa lehdettömän tyyppien hitauteen vaikutti varren huomattavasti hitaampi suhteellinen kasvunopeus. Myös puolilehdettömien varsien suhteelliset kasvunopeudet olivat hitaammat kuin lehdellisten varsien.

Absoluuttiseen kasvunopeuteen yhden tai kahden yksittäisen geenin erot vaikuttivat erittäin merkittävästi. Puolilehdettömän herneen absoluuttinen kasvunopeus oli 70 % ja lehdettömän vain 37 % lehdellisen tyyppien kasvunopeudesta. Vaikutus varsien, lehtien ja korvakkeiden absoluuttiseen kasvunopeuteen oli yhtä suuri.

HEDLEY ja AMBROSE (1981) mittasivat erilaisten herneen genotyyppien kasvua kolmenkymmenen ensimmäisen päivän aikana kylvön jälkeen. Absoluuttisissa kasvunopeuksissa oli suuria eroja, vaikka suhteelliset kasvunopeudet olivat suurin piirtein samat. Kasvunopeusero korreloitui siementen kokoon, mutta vain eri tyyppien sisällä. Lehdettömän hernetyypin genotyypit kasvoivat hitaammin kuin lehdellisten genotyypit riippumatta siemenkoosta.

HEDLEY ja AMBROSE päättelivät, että lehdettömällä ja lehdellisellä genotyypillä täytyy olla erilainen suhteellinen kasvunopeus aikaisemmassa kehitysvaiheessa. Ero aiheuttaa havaitut absoluuttisen kasvunopeuden erot. Ilmeisesti alkeisvarren jakautuvien ja laajenevien solujen suhteen ero on syytä ilmiöön. Mitä enemmän jakautuvia soluja on laajeneviin verrattuna, sitä suurempi suhteellinen

kasvunopeus on kehityksen alussa. Lehdellisessä alkeisvarressa on lehtimeristeemijä, joita ei ole lehdettömissä alkeisvarsissa. Lisämeristeemit lisäävät jakautuvien solujen osuutta ja nopeuttavat suhteellista kasvunopeutta kasvin kehityksen alussa.

HEDLEY ym. (1983) totesivat, että kasvunopeusero johtui pääasiassa lehdettömän tyyppin alhaisemmasta suhteellisesta kasvunopeudesta taimettumisen jälkeisen ensimmäisen viikon aikana. Suuria suhteellisen kasvunopeuden eroja ei havaittu ennen taimettumista. Erot olivat pieniä myös sen jälkeen, kun taimettumisesta oli kulunut noin viikko.

3.2. Puolilehdettömästä tyyplistä kompromissi

Kasvunopeuksien vertailu on siis tuonut ilmi lehdettömien tyyppien rajoittuneen suhteellisen ja absoluuttisen kasvunopeuden. Toisaalta lehdettömillä tyypeillä on eittämättömiä etuja. PYKEN ja HEDLEYN (1983) mielestä ainoa tyydyttävä keino ratkaista lehdettömän fenotyypin ongelmat ja säilyttää samalla sen etuja on kasvattaa korvakekokoa.

Puolilehdettömyyttä tyyppiä on alettu pitää sopivana kompromissina korvakeettoman ja lehdellisen tyyppin välillä. Puolilehdettömän kasvuston fyysiset ominaisuudet korvaavat yksittäisten kasvien heikomman yhteyttämiskapasiteetin. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että valo jakautuu paremmin puolilehdettömään kuin lehdelliseen kasvustoon. Seuraavaksi on määriteltävä korvakeiden paras koko. Suuret korvakeet saattaisivat olla toivottavia kasvin tyvessä ja pienemmät ylemmissä nivelissä (PYKE ja HEDLEY 1983).

Pienikorvakeiset lehdettömät kasvit tuottavat runsaita satoja vain käytettäessä suuria kasvutiheyksiä, jotka ovat epätaloudellisia korkeiden siemenkustannusten takia. Sellaiset puolilehdettömät herneet, joissa on normaalin kokoiset korvakeet, tuntuvat taas turhan kilpailukykyisiltä ollakseen hyviä peltokasveja. Niiden laonkesto ei myöskään näytä riittävän hyvältä (HEDLEY ym. 1983). SNOAD (1983) uskoo, että näiden kahden äärirajan väliltä löytyy oikea tasapaino.

4. VALON HYVÄSIKÄYTTÖ

Hernekasvustossa valoa vastaanottavat ja käyttävät lehdet, varret, lehtiruodit, kärhet ja palot. MACKERRON ja THOMPSON (1983) laskivat siksi yhteen kaikki yhteyttävät pinnat eli kasvustoalan eikä tavallista lehtialaa. Lehdellisen Vedetten kasvustoalaindeksi oli korkeimmillaan 13 (mistä arvosta se putosi nopeasti). Lehdettömän Filbyn kasvustoalaindeksi oli korkeimmillaan neljä. Filby saavutti maksiminsa kaksi viikkoa Vedetteä myöhemmin.

Mutanttikasvustoissa valon intensiteetti ensimmäisen kukkanivelen kohdalla on korkeampi kuin vastaavissa lehdellisissä kasvustoissa kasvustojen ollessa rehevimmillään (HEDLEY ja AMBROSE 1981). MACKERRONin ja THOMPSONin (1983) kokeessa jakautui lehdettömän Filbyn vastaanottama valo tasaisemmin kasvuston eri korkeuksille kuin lehdellisen Vedetten vastaanottama valo. Valon intensiteetti oli suurempi Filbyn kuin Vedetten kasvuston alaosissa. Se johtui osittain pienemmästä lehtimäärästä, osittain kasvuston pinnan erilaisuudesta.

Lehdettömyyden aiheuttama haitta oli kuitenkin, että Filbyn kasvuston vastaanottama kokonaisvalomäärä jäi pieneksi. Vedette otti valoa kaikkiaan vastaan 1026 MJ/m^2 , Filby 831 MJ/m^2 . Koska Filbyltä puuttuvat lehtilavat, niin sen varsi ja lehtiruodit vastaanottivat suuremman osan valosta (28 %) kuin vastaavat Vedetten osat (11 %) (MACKERRON ja THOMPSON 1983).

PYKE ja HEDLEY (1985) totesivat, että puolilehdettömän kasvuston valon (400 - 700 nm) vastaanotto oli vain hieman pienempi lehdelliseen kasvustoon verrattuna. 49. päivänä taimettumisesta lehdellinen kasvusto vastaanotti 96 % ja puolilehdetön kasvusto 84 % tulosäteilystä. Lehdetön kasvusto otti vastaan vain 60 %. Myöhemmin senkin vastaanotto kasvoi suhteellisen paljon, mikä johtui osittain kukista ja paloista kasvuston yläosassa.

Kertyneen biomassan ja vastaanotetun valoenergian suhde oli huomattavan lineaarinen ja samanlainen eri tyypeillä. Kaikkien kolmen genotyypin biomassa kasvoi 1,25 grammaa vastaanotettua Megajoulea

kohti. Vaikka yhteyttäminen kärhen ja lehdettömän taimen painoyksikköä kohti oli paljon heikompaa kuin lehden ja lehdellisen taimen painoyksikköä kohti, näytti valoenergian muuttaminen kuiva-aineeksi siis yhtä tehokkaalta. Lehdettömien kasvustojen kärhien täytyy siksi hyödyntää selvästi korkeampia valon intensiteettejä kuin perinteisten kasvustojen lehdet saavuttaakseen suuremman nettoassimilaationopeuden. Se vaikuttaakin todennäköiseltä, koska valo heikkenee hitaammin kulkiessaan lehdettömän tai puolilehdettömän kasvuston läpi kuin lehdellisen kasvuston läpi (PYKE ja HEDLEY 1985).

5. YHTEYTTÄMINEN

Herneen afaf stst TlTl -fenotyypin yhteyttämisala on pienin, afaf StSt tlTl -fenotyypin yhteyttämisala suurin (SNOAD ym. 1985).

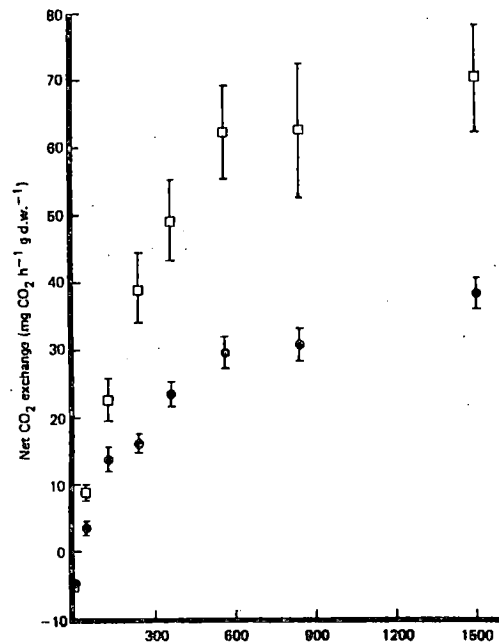
5.1. Hiilidioksidin käyttö

HARVEY (1972) totesi etteivät kärhet olleet lehtiä huonompia yhteyttäjiä vaikka ottivatkin kuivapainoyksikköä kohti hiilidioksidia vain 18 % lehtien ottamasta määrästä. Pinta-alayksikköä kohti kärhet nimittäin ottivat hiilidioksidia yhtä paljon kuin lehdetkin. Harvemmassa olevat ilmaraot ja kloroplastittomat solut heikentävät kuitenkin kärhien tehokkuutta. Lehdettömien herneiden solut ovat pieniä ja niiden klorofyllipitoisuus yhteyttävän kudoksen pinta-alaa kohti on usein vain puolet lehdellisten herneiden soluihin verrattuna (LAFOND ja EVANS 1981).

PYKE ja HEDLEY (1985) arvelivat hernetyyppien kasvuerojen johtuvan erilaisista yhteyttämiskapasiteeteista. Heidän kokeissaan hiilidioksidin nettosaanti valossa varren kuiva-aineyksikköä kohti kasvoi kolmannen ja kahdeksannen taimettumisen jälkeisen päivän välillä. Mutanttimuotojen hiilidioksidin vastaanotto jäi kuitenkin jälkeen tavanomaisesta koko jakson ajan. Puolilehdettömien taimet eivät jääneet niin paljon jälkeen lehdellisistä kuin lehdettömien taimet.

Eri hernetyyppien pimeähengitys oli samanlaista kuudentena, seitsemäntenä ja kahdeksantena päivänä taimettumisen jälkeen. Sen sijaan viiden ensimmäisen päivän aikana lehdettömät taimet menettivät enemmän hiilidioksidia kuin muut.

Hernetyyppien väliset kasvunopeuserot johtuivat siis oletettavasti erilaisesta hiilidioksidin sitomisnopeudesta taimen kuivapainoyksikköä kohti. Erot voivat johtua joko valoa vastaanottavan alan vähenemisestä taimen painoyksikköä kohti, tai lehtien ja kärhien erilaisesta yhteyttämiskapasiteetista.



Valokvantin vuon tiheys ($\mu E/m^2/s$)

Kuva 1. Perinteisen herneen lehtien (□) ja lehdettömän herneen kärhien (●) hiilidioksidinvaihto ($mg CO_2/h/g$ k.a.) valomäärän kasvaessa (PYKE ja HEDLEY 1985).

Vaikka valon kyllästys- ja kompensatiopisteet olivat samoja, vastaanottivat kärhet hiilidioksidia paljon vähemmän kuin lehdet. Kylläisissä valomäärissä kärhet ottivat hiilidioksidia puolta vähemmän kuin lehdet. Kärhillä on siis painoon nähden huonompi yhteyttämiskyky kuin lehdillä (PYKE ja HEDLEY 1985, kuva 1).

5.2. Yhteyttämistuotteiden siirtyminen siemeniin

Herneen lehdykät eivät lakastu ennen kuin niitä vastaavan hedelmän tuleentuminen on loppuillaan. Ravintoyhteys kukkaa lähinnä olevaan lehteen säilyy läpi siemenen kehityksen. Vaikka lehdyköiden ja korvakkeiden fotosynteesi on samaa suuruusluokkaa, tulee lehdyköiltä enemmän (jopa 75 %) yhteyttämistuotteita viereisille hedelmille kuin korvakkeilta (10 - 20 %) (FLINN ja PATE 1970).

Herneellä vain kaksi prosenttia siitä ^{14}C :stä, jonka kasvi assimiloii ennen kukintaa annetusta $^{14}\text{CO}_2$:sta, kulkeutuu kehittyviin siemeniin. Sen sijaan hedelmämuodostuksen aikaan assimiloidusta hiilestä 76 % siirtyy siemeniin (PATE ja FLINN 1973). Kukinnan alkamisen jälkeen lehdyköiden ja kukkanivelen sekä niitä vastaavien hedelmien välillä on vahva kuljetusyhteys. Ominaisuus ilmeisesti säilyy, vaikka lehdykät olisivatkin muuttuneet kärhiksi (HARVEY 1977).

5.3. Palon merkitys yhteyttämisessä

Herneen palko siirtää hiilidioksidin sitomisesta peräisin olevia tuotteita kehittyviin siemeniin. Pääosa siementen paloilta saamasta hiilestä on peräisin siementen hengittämän hiilidioksidin sitomisesta uudelleen (LOVELL ja LOVELL 1970).

HARVEY (1978) oletti geneettisesti lähekkäisillä tyypeillä tekemiensä kokeiden perusteella, että lehdettömien kasvien palot sivat hiilidioksidia enemmän kuin vastaavien lehdellisten kasvien palot. HEDLEYn ja AMBROSEN (1981) mielestä on ilmeistä, että lehdettömän kasvuston tehokkain palkotyyppi on hyvin erilainen rakenteeltaan ja fysiologioltaan kuin lehdelliseen kasvustoon sopiva palko.

6. SADONTUOTTOKYKY

HEDLEYn ja AMBROSEN (1979) mielestä yhteyttämistuotteiden vähyys ei rajoita lehdettömien herneiden satoja. Mutanttien hernemuotojen siemensadot ovat kuitenkin pienempiä kuin perinteisten herneiden siemensadot (SNOAD 1981).

6.1. Lehtimuutosten vaikutukset satokomponentteihin

LAFOND ym. (1981) vertailivat kahden lajikkeen erilaisten lehtimutanttien satoja ja satokomponentteja. Century-lajikkeen muuttaminen puolilehdettömäksi ei vaikuttanut satokomponentteihin, mutta lehdettömällä fenotyypillä oli selvästi vähemmän kukkaniveliä ja siemeniä kasvia kohti. Myös palkojen määrä laski selvästi. Palot olivat kuitenkin selvästi isompia, ja niissä oli enemmän siemeniä. Siementen yhteispaino kasvia kohti laski 56 % lehtimuutosten myötä. Lehdettömyyteen liittyviä etuja olivat tasaisempi siemenkoko ja tuleentuminen. Lisäksi palot eivät särkyneet niin herkästi kuin tavallisesti.

Kun vain korvakkeita pienennettiin, kasvoi palkojen määrä nivel-tä kohti huomattavasti. Tällaisen pienikorvakkeisen fenotyypin siemenkoko ei juuri poikennut normaalista. Siementen kokonais-paino kasvia kohti laski kuitenkin hieman.

Trapper-lajikkeeseen puolilehdettömyys vaikutti selvästi. Siemen-ten koko pieneni huomattavasti, ja haarojen sekä kukkanivelten määrä väheni. Nivelissä oli vähemmän palkoja ja koko kasvissa vähemmän siemeniä verrattuna normaalilehtiseen muotoon. Lehdettö-män tyyppin siemensato oli kuten Centuryllakin huomattavasti pie-nempi kuin lehdellisen tyyppin siemensato.

Kokeet osoittivat, että paitsi fenotyypillä myös geneettisellä taustalla on merkityksensä. Centuryn puolilehdetön fenotyyppi oli sadoltaan ja satokomponenteiltaan samanlainen kuin lehdellinen tyyppi. Sen sijaan puolilehdettömän Trapperin jotkin satokomponen-tit erosivat suuresti lehdellisen muodon vastaavista komponen-teista. Tietyn geneettisen taustan omaavilla puolilehdettömillä herneillä on siis korkea satopotentiaali. Vaikka HARVEY (1978) totesikin siementen määrän palkoa kohti vähenevän herneen muut-tuessa lehdettömäksi, osoittivat LAFONDin ym. kokeet päinvastais-ta. Niinpä tehokas lehdettömien ja puolilehdettömien herneiden jalostaminen edellyttää mahdollisimman monien lajikkeiden kokeile-mistä (LAFOND ym. 1981).

6.2. Yksittäisten kasvien siemensadot

SNOAD ym. (1985) tarkastelivat ensimmäisen kukkanivelen siementen painoa. Siementuotanto väheni kun st-geeni esiintyi homotsygoottisena. Jonkin verran st:n vaikutusta kompensoi tl-geeni AfAf tltl ja afaf tltl -muodoissa. Nivelen tuottavuus kasvoi huomattavasti afaf StSt tltl -genotyypissä. Geeneillä on siten saman suuntainen vaikutus siementuotantoon kuin lehdistön määräänkin (vrt. luku 1 sivulla 1).

Herneen af-, st- ja tl-geenit pienensivät kukin siementen kuivapainoa kasvia kohti, st eniten. Herneen af- ja st-geenien homotsygootti yhdistelmä johti pienimpään siementuotantoon. Kasvin tltl-geenipari kompensoi parhaiten afaf-geeniparin aiheuttamaa sadon pienenemistä. SNOAD ym. muistuttavat kuitenkin, että tärkeämpää kuin mutanttigeenien vaikutus yksittäisiin tilavassa kasvaviin kasveihin, on niiden vaikutus kilpailuoloissa.

6.3. Hehtaarisadot

MACKERRON ja THOMPSON (1983) vertasivat Skotlannissa lehdellistä Vedetteä ja lehdetöntä Filbyä, jotka lehtieroja lukuunottamatta muistuttivat toisiaan. Vedette tuotti kuiva-ainetta hehtaaria kohti 10,6 tonnia, Filby 8,0 tonnia. Kuivia siemeniä Vedette tuotti 3,6 ja Filby 4,3 tonnia hehtaaria kohti. Kokeiden tulokset osoittivat, että lehdettömät hernekasvustot voivat tuottaa yhtä tehokkaasti korjuukelpoista siementä kuin perinteiset lajikkeet. Myös Ranskassa Afila-linjat tuottivat yhtä hyviä tai 10 - 20 % parempia hehtaarisatoja kuin geneettisesti niitä muistuttavat normaalilehtiset herneet (COUSIN ym. 1985).

SNOAD (1985) totesi Filbyn satojen vaihtelevan, mutta ei enempää eikä vähempää kuin lehdellisten herneiden sadot. Filbyn keskisato Iso-Britanniassa on $3,63 \pm 0,59$ tn/ha. Suomessa Filbyn satojen keskisato on 3,25 tn/ha (SNOAD 1980). Suomessa Filbyn satojen on kuitenkin todettu olevan vain kolme neljäsosaa lehdellisten herneiden sadoista (KONTTURI ja RANTANEN 1986). Lehdetön Filby jää

sadontuotossa myös merkittävästi puolilehdetöntä Hankkijan Tammea heikommaksi. Tammen satoisuus ei juuri poikkea muista yleisesti viljellyistä lajikkeista (HOVINEN 1985).

7. UUDET PUOLILEHDETTÖMÄT LAJIKKEET SUOMESSA

Vuonna 1984 laskettiin kauppaan ensimmäinen suomalainen puolilehdetön afilehnelajike, Hankkijan Tammi. Se polveutuu neuvostoliittolaisen Usatyj-5 ja Simo -lajikkeiden risteytyksestä. Tammi sai afgeenin Usatyj-5:stä (HOVINEN 1985). Runsaitten kärhiensä ansiosta Tammi pysyy kauan pystyssä, mutta lakoutuu sateisina syksyinä korjuun viivästyessä kuten toisetkin lajikkeet.

Uusimpien puolilehdettömien hernelajikkeiden Pikan ja Panun afgeenin lähde on sama kuin Tammenkin eli Usatyj-5. Toinen vanhemmista on Proco. Hankkijan kasvinjalostuslaitoksen kokeissa Pikan ja Panun kasvuajat olivat vain kolme päivää pidemmät kuin tähän asti ylivoimaisesti aikaisimman lajikkeen, lehdellisen Procon kasvu aika. Ruokaherneeksi tarkoitettu Pika tuotti satoa vähintään yhtä paljon kuin viime aikojen valtalajike Proco. Rehuherneeksi tarkoitettu Panu oli 18 % Procoa satoisampi. Siementen valkuaispitoisuus oli merkittävästi alempi, mutta valkuais sato suurempi kuin Procon. Panu lakoontui selvästi vähemmän kuin Proco, varsinkin elokuun alussa. Palkoviljojen satovaihtelut ovat yleensä suuria. Uusien lajikkeiden satovaihtelut olivat kuitenkin pienempiä kuin vanhojen. Panun viljelyvarmuus oli jo lähes kevätvehnän tasoa (HOVINEN 1987 a, b).

B. KYLVÖTIHEYS

8. KYLVÖTIHEYDEN JA KASVUTIHEYDEN VÄLINEN SUHDE

8.1. Orastuvuus itävyyttä pienempi

PERRY ja HARRISON (1970) totesivat, että joidenkin hernelajikkeiden taimet kuolivat herkästi ennen orastumista. BINGEFORS (1978) kokeili Ruotsissa erilaisten lehdellisten tyyppien ja fasciata-tyypin lajikkeita. Hän käytti kolmea kylvötiheyttä: normaalia (115 itävää siementä neliometriä kohti), puolet normaalista ja puolitoista kertaa normaali määrä. Kasvien määrä neliometriä kohti, ilmaistuna prosentteina kylvetyistä itävistä siemenistä, laski hieman kylvötiheyden kasvaessa. Harvimmassa kasvustossa kasvien määrä oli 85 - 97 %, tiheimmässä 70 - 88 % itävien siementen määrästä.

AIKASALO (1987) totesi kasvustojen olleen sitä tiheämpiä, mitä suurempaa siemenmäärää käytettiin. Yksilötiheys neliometriä kohden ei kuitenkaan kasvanut aivan samassa suhteessa kuin kylvösiemenmäärä. Itävistä siemenistä taimettui 71 - 94 %. Puolilehdettömän Tammen ja lehdettömän Filbyn taimettumisprosentti oli parempi kuin lehdellisen Hemmon ja puolilehdettömän Wensumin.

Itävän siemenen kyky taimettua pellolla on laatuominaisuus, jota kutsutaan siemenen elinvoimaksi. Elinvoiman heikkenemiseen on kaksi pääsyytä: siemenen vanheneminen ja kostumisvauriot. Vanheneminen nopeutuu siemenen kosteuspitoisuuden kasvaessa (ROBERTS 1973).

Huonossa fysiologisessa kunnossa olevat siemenet taimettuvat heikosti ja kasvin alkukasvu on heikkoa, etenkin kylmässä ja märässä maassa. Heikkokuntainen siemen pidättää huonosti liukoisia aineita ja hengittää vähän. Huono aineiden pidätyskyky johtuu viallisista solumembraaneista.

8.2. Kylvöalusta

HEBBLETHWAITE ja MCGOWAN (1980) osoittivat, että maan tiivistäminen kylvön jälkeen traktorilla ajaen lisäsi orastumisaikaa, pienensi kasvutiheyden puoleen ja aiheutti epätasaista orastumista. Tiivistettyjen ruutujen herneissä oli kukka-asteella pienemmät lehdet ja varret sekä vähemmän kukkia kuin tiivistämättömien ruutujen herneissä.

TUDOR ja MCGOWAN (1985) totesivat että pakasteherneen optimikasvutiheys Iso-Britanniassa, siemenkustannus huomioon ottaen, on noin 120 kasvia neliometriä kohti. Heikosta orastumisesta johtuen oikeaan tiheyteen on kuitenkin vaikea päästä. Heidän mukaansa pääsy heikkoon orastumiseen on tiivistynyt ja huono kylvöalusta. Sellainen syntyy kun muokataan ja kylvetään maiden ollessa liian märkiä.

GANEN (1985) mukaan muokkauksella pyritään luomaan edellytykset nopealle itämiselle ja alkukehitykselle sekä häiriytymättömälle kasvulle. Siemen pitäisi saada hienon, kostean maan yhteyteen. Muokkauksen on oltava murentava, eikä maa saa kuorettua. Maassa pitäisi olla halkeamia juurten vapaata kasvua varten.

AIKASALO (1987) havaitsi erilaisilla hernetyypeillä tekemissään kokeissa, että taimettuminen vaihteli melko paljon vuosittain. Eräinä vuosina maan heikohko muokkautuvuus ja kylvöä seurannut kuiva jakso alensivat nimittäin taimettumisprosenttia.

Kaiken kaikkiaan tietyn tiheyden saavuttamiseen vaikuttavat monet tekijät, kuten kasvinvuorottelu, muokkaus, siemenen terveys ja käsittely, itäminen, maalaji sekä kylvöaika (GANE 1985).

8.3. Kilpailun vaikutus kasvuston tasaisuuteen

Kasvien koko vaihtelee tiheässä kasvustossa. Tiheyden kasvaessa pienten kasvien suhteellinen osuus kasvaa ja suurten vähenee. Joukossa voi olla kasveja, jotka eivät edes kuki tai eivät pysty tuottamaan siementä. Liian tiheässä kasvustossa suhteellisen

kasvunopeuden vaihtelut ovat suuria. Vaihtelu johtuu koventuneesta kilpailusta ja on sitä suurempaa mitä kovempaa kilpailu on. Hyvin suuri kasvutiheys voi aiheuttaa jopa kasvuston harvenemista itsestään. Yksilöiden suhtautuminen toisiinsa riippuu yksilöiden kilpailukyvyistä, kylvötiheydestä ja ympäristöstä. Koska lehdettömiä herneitä täytyy kasvattaa tiheässä, voidaan yksilöiden vaikutuksia toisiinsa rajoittaa vain valitsemalla genotyyppejä, jotka kilpailevat vähiten tai kestävät parhaiten tiheitä populaatioita.

Jos kehittyvä taimi saa riittävästi valoa, ravinteita ja vettä, on suhteellinen kasvunopeus aluksi lineaarista. Kasvukäyrän jyrkkyys riippuu luontaisen solunjakautumis- ja laajenemisnopeuden sekä kehitysympäristön vuorovaikutuksesta. Jotta suhteellinen kasvunopeus pysyisi samana, täytyy kasvunopeuden eli lukemattomien solujen jakautumisen ja laajenemisen lisääntyä eksponentiaalisesti. Kasvunopeutta voidaan käyttää kilpailukyvyn mittana. Hitaasti kasvavat taimet ovat heikkoja kilpailijoita (HEDLEY ja AMBROSE 1981).

HEDLEY ja AMBROSE (1981) vertasivat suuri- (300 mg) ja pienisiemenistä (130 mg) hennettä tiheässä (100 kasvia neliömetrillä) ja harvassa (16 kasvia neliömetrillä) kasvustossa. Eksponentiaalisen kasvun vaihe loppui, kun kasvutekijöistä tuli pulaa. Kasvien välinen kilpailu oli silloin alkanut, ja kaikkien kasvustojen suhteellinen kasvunopeus laski kiihtyvästi.

Kilpailu alkoi kun tietty biologinen sato pinta-alayksikköä kohti saavutettiin. Se oli riippumaton genotyypistä ja kylvötiheydestä ja vaihteli vain kylvöajan suhteen. Tuossa vaiheessa kasvustojen kasvunopeudet olivat samoja. Siten myös molempien genotyyppien yksittäisten kasvien keskimääräinen kasvunopeus tietyssä kasvutiheydessä oli kilpailun alkaessa sama.

Kasvien kasvu oli sitä nopeampaa mitä harvempaa kasvusto oli. Toisin sanoen kun kilpailu alkoi harvassa kasvustossa, se tapahtui suhteellisen nopeasti kasvavien kasvien välillä. Tiheissä kasvustoissa kilpailivat hitaasti kasvavat kasvit. Kilpailu todettiin ensimmäisenä tiheässä suurisiemenisessä kasvustossa, 58 päivää

itämisen jälkeen. Pienisiemeninen kasvusto saavutti saman biologisen sadon 63 päivässä. Alhaisessa tiheydessä kilpailu alkoi suuri-siemenisellä 76 ja pienisiemenisellä 81 päivää itämisen jälkeen. Kilpailun alkamisen jälkeistä kasvua rajoittavat paitsi kasvutekijät myös rajallinen aika. Kaikkien kasvustojen kokonaiskasvu-aika oli nimittäin sama.

Johtopäätöksenä tutkimuksistaan HEDLEY ja AMBROSE (1981) sekä HEDLEY ym. (1983) totesivat, että kasvusto jossa kaikki yksilöt tuottavat jonkin verran on parempi kuin kasvusto jossa harvat yksilöt tuottavat paljon, mutta toiset vain vähän tai ei mitään. Heikot kilpailijat sopivat kasvustoon. Mitä tasaisempi kylvökuvio on ja mitä pienempi tiheys on, sitä vähemmän populaatiossa on vaihtelua. Tasaisestikin kylvetyissä hernekuvioissa kasvukoko vaihtelee kuitenkin paljon (AMBROSE ja HEDLEY 1984).

AMBROSEN ja HEDLEYn (1984) kokeissa yhden lehdettömän lajikkeen kasvu jakautui epätasaisesti yksilöiden välillä riippumatta kasvutiheydestä. Kahden muun lajikkeen kasvusto muuttui sitä epätasaisemmaksi, mitä tiheämmäksi kasvusto muuttui. Populaation kokojakautumat ovat erilaiset eri genotyypeillä. Luontainen vaihtelu auttaa sopeutumaan luonnonoloihin. Kasvustossa kasvavalle kasville vaihtelu voi kuitenkin olla haitallista ja aiheuttaa epätasaisia, pieniä satoja (HEDLEY ja AMBROSE 1985).

COUSIN ym. (1985) totesivat tutkimuksissaan Ranskassa, että puolilehdettömyys vähensi kasvien välistä kilpailua, mikä saattoi aiheuttaa puolilehdettömien herneiden paremman sadon vastaaviin lehdellisiin herneisiin verrattuna. Se, että lehdettömät herneet eivät ole kovin reheviä, heijastuu kasvien väliseen kilpailuun kasvustossa. Kasvun epätasainen jakautuminen on vähäisempää kuin perinteisillä lajikkeilla. Suurempi osa populaation kasveista tuottaa satoa. Lehdellisen ja lehdettömän kasvuston kasvunopeudessa on selviä eroja, vaikka siemenkoko ja tiheys on sama. Ero johtuu siitä, että lehdettömän kasvuston kuiva-aineen kertyminen on viikon jäljessä lehdellisestä kasvustosta.

Kasvun eksponentiaalisessa vaiheessa tuo seitsemän päivän ero johtaa keskimäärin biologisen sadon kaksinkertaiseen eroon. Kasvunopeusero voi rajoittaa lehdettömän kasvuston kokonaiskuiva-ainemäärää kasvukauden lopulla ja myös siemensatoa. Jos lehdetön kasvusto alkaa tuottaa siemeniä samaan aikaan kuin lehdellinen kasvusto, voi yhteyttämistuotteista tulla pulaa ja kasvusto vanhenee ennen aikojaan. Jos siemeniä alkaa syntyä vasta kun biologinen sato on saavuttanut lehdellisen kasvuston biologisen sadon, voi kasvukausi loppua kesken.

Lehdettömän kasvuston hidas kasvunopeus voidaan korvata lisäämällä kylvötiheyttä. Se nostaa kuitenkin siemenkustannuksia takaamatta silti lehdellistä kasvustoa suurempia satoja. Kasvu nopeutuu myös käyttämällä suurisiemenisiä genotyypppejä. Niitäkin on kuitenkin kylvettävä melko tiheään. Suuret siemenet lisäävät myös kilpailua yhteyttämistuotteista ja siementen kehittymättömyyttä, mikä alentaa satoindeksiä (HEDLEY ym. 1983).

9. KASVUSTON SODONTUOTTOKYKYYN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

9.1. Säästressi kasvustossa

9.1.1. Kuivuus ja kuumuus

HARVEY (1980) totesi, että veden haihtuminen maasta on suurempaa lehdettömässä kuin lehdellisessä kasvustossa. Haihtuminen voi kuitenkin tulla enemmän kuin kompensoiduksi lehdettömien kasvien vähäisemmän veden käytön ansiosta.

WHITE ja ANDERSON (1974) tekivät sadetuskokeita puutarhaherneillä erilaisissa kylvötiheyksissä Uudessa Seelannissa. Sadetuksen avulla parhaat tuorehernesadot saatiin 182 kasvin neliömetritiheydessä. Ilman sadetusta sadot nousivat tiheyden kasvaessa vain 90 kasvin neliömetritiheyteen asti. Kun samat ruudut puitiin tuleentuneina, olivat erot lähes kadonneet.

WHITE ym. (1982) tekivät sadetuskokeita puutarhaherneillä viidessä kylvötiheydessä (65 - 228 kasvia neliometrillä) kahtena kasvukautena. Sadetus nosti tuoreherneen, mutta ei kuivaherneen optimiätiheyttä. Se johtui siitä, että harvassa kasvustossa oli tuoreherneasteella paljon lituja, jotka voivat myöhemmin tuottaa tuleentuneita siemeniä.

HEATHin ja HEBBLETHWAITEN (1985) mukaan lehdetön Filby ja puoli-lehdetön jalostuslinja imivät vähemmän vettä kuin lehdellinen Birte. Eri tyyppien veden käytön tehokkuudessa ei kuitenkaan ollut eroja.

Koska valo tunkeutuu helposti lehdettömän kasvuston läpi, nousee maan lämpötila korkeammalle kuin vastaavassa lehdellisessä kasvustossa. HEDLEY ja AMBROSE (1981) mittasivat maan lämpötiloja sadan kasvin neliömetritiheydessä. Lehdettömässä kasvustossa maan lämpötila oli 29,8 °C, kun se lehdellisessä kasvustossa oli 24,2 °C. Lämpötilaero kasvoi kahdeksaan asteeseen, kun populaatiota pienennettiin 25 kasviin neliometriä kohti. Kasvustojen ilman lämpötilat olivat paljon lähempänä toisiaan kuin maan lämpötilat. Sadan kasvin neliömetritiheydessä kasvustojen ilman lämpötilat eivät juurikaan eronneet. Ilman runsaampi liikkuminen lehdettömässä kasvustossa ilmeisesti viilensi kasvustoa.

9.1.2. Märkyys

JACKSON (1985) totesi märkyyn aiheuttavan pahempia vaurioita lehdellisissä kuin lehdettömissä herneissä. Kärhet olivat lehtiin verrattuna vähemmän herkkiä kloroosille ja kuihtumiselle. Verrattaessa laboratoriossa geneettisesti lähekkäisiä lehdellisiä ja lehdettömiä herneitä, todettiin lehdettömien kärsivän märkydestä vähiten. Lehdellisten kasvien suhteellinen kasvunopeus vähintään puoliutui. Lehdettömillä herneillä kasvunopeuden hidastuminen jäi neljännekseen.

Molemmat tyypit haihduttivat vähemmän märässä, johtuen ilmarakojen sulkeutumisesta. Vaikutus alkoi lehdettömällä tyypillä päivää myöhemmin kuin lehdellisellä. Lehdetön herne alkoi myös toipua

käsittelystä nopeammin. Kahdeksan päivän kokeen aikana haihtuminen laski lehdettömillä herneillä 62 % ja lehdellisillä herneillä 71 %. Molempien tyyppien veden käytön tehokkuus (haihdutettu vesimäärä kasvugrammaa kohti) oli samanlainen. Vettä kului märässä paljon vähemmän kasvugrammaa kohti, koska ilmarakojen sulkeutumisen hillitsi selvästi enemmän haihtumista kuin hiilen sitomista.

Veden vaivaamien kasvien lehdistö alkaa kuihtua vajaassa viikossa. Ilmiö liittyy osmoottisen tasapainon sotkeviin membraanivaurioihin. Lehdettömillä lajikkeilla on etunsa märkinä vuosina. Ne sopivat lehdellisiä herneitä paremmin raskaille maille ja runsassateisille alueille (JACKSON 1985).

HOVINEN (1987) totesi, että kuivuusstressi pysäyttää typen sidonnan ja laskee satoa jyrkästi. Kaikki hernelajikkeet ovat arkoja maan vettymiselle loppukesän sateissa. Hiilen yhteytys ja typen sidonta loppuu parissa päivässä. SNOADin (1985) mielestä herneen luonnollisesta vaihtelusta voisi löytyä ratkaisuja stressiolosuhteiden kestämisen parantamiseksi.

9.2. Lakoutuminen

BINGEFORSin (1978) kokeissa kylvötiheys vaikutti lakoutumiseen vain hyvin vähän. SNOAD (1980) havaitsi herneiden lakoavan useimmin näennäisen hyväkasvuisissa kasvustoissa. Paras laonkesto ja sato syntyi tiheissä kasvustoissa, joissa kasvoi suhteellisen heikon näköisiä ohutvartisia kasveja. SNOAD arveli paksujen varsien olevan heikkoja suurempien keskionkalojensa vuoksi. Tiheä kylvö tuottaa todennäköisemmin toivotun hoikan varren kuin harva kylvö.

Heikko laonkesto on tärkein syy herneen huonoon kilpailukykyyn. Sienten hyökkääminen palkoihin helpottuu kasvuston lakouduttua. Siementappiot, siementen värivirheet ja palkojen rikkoutuminen lisääntyvät (HEDLEY ym. 1983).

AIKASALOn (1987) kokeissa riviväli ja siemenmäärä eivät yleensä vaikuttaneet varren pituuteen ja lakoisuuteen.

9.3. Rikkakasvit

SNOAD (1980) totesi, että lehdettömän hernekasvuston rikkakasvi-ruiskutus ennen taimettumista saattaa riittää pitämään kasvuston rikkakasveista vapaana, vaikka lehdettömän lajikkeen rikkakasvien vastustamiskyky onkin huonompi kuin lehdellisen tyyppin. Kasvuston on kuitenkin oltava kyllin tiheä.

AIKASALON (1987) mukaan puolilehdettömien herneiden viljelyssä rikkakasvien torjunta on tärkeää. Hyvin valoa läpäisevässä kasvustossa rikkakasvit menestyvät nimittäin tavallista paremmin.

10. KASVUTIHEYDEN VAIKUTUS SATOKOMPONENTTEIHIN

SNOAD (1980) totesi, että kasvin jonka siemenkoko on 200 mg ja joka kasvaa sadan kasvin neliömetritiheydessä, ei tarvitse tuottaa kuin 25 siementä kasvia kohti. Toisin sanoen vain kolme tai neljä palkoa kasvia kohti. Ideaalisen kasvin tarvitsee tuskin koskaan tuottaa enempää kuin kolmekymmentä siementä muodostaakseen hyvän sadon pinta-alayksikköä kohti. Satoon vaikuttaa kolme muuttujaa: kukkanivelten määrä kasvia kohti, kukkien määrä niveltä kohti ja siemenaiheiden määrä palkoa kohti.

HEDLEY ja AMBROSE (1981) lisäävät potentiaalisen sadon tekijöihin siemenen maksimaalisen painon. Toteutuneen sadon komponentteja taas ovat palkoja tuottavien kukkanivelten määrä, tuleentuvien palkojen määrä kussakin kukkanivelessä, tuleentuvia siemeniä tuottavien siemenaiheiden määrä palossa ja siementen keskipaino.

10.1. Kukkanivelet ja haarat

HARDWICK (1985) totesi ympäristötekijöiden vaikuttavan kärkikasvupisteen kuolemiseen ja siten kukkanivelten määrään. Populaation harveneminen nostaa sekä palollisten nivelten määrää vartta kohti, että määrän hajontaa. Toisin sanoen se viivästyttää ja vähentää kärkikasvupisteiden kuolemista populaatiossa.

KRUGERIN (1977) ja COUSININ ym. (1985) mukaan haarojen määrä kasvia kohti kasvaa kylvötiheyden pienentyessä. HEDLEYN ja AMBROSEN (1981) kokeissa sekä lehdellisten että lehdettömien kasvustojen

avarassa tilassa kasvaneet kasvit haarautuivat voimakkaasti. Haarautukset tuottivat 40 - 50 % biologisesta sadosta ja siemensadosta. Haarojen osuus laski voimakkaasti kylvötiheyden kasvaessa fenotyyppistä riippumatta. Sadan kasvin neliömetritiheydessä sivuversot tuottivat sadosta enää 5 - 10 %. Hyvin tiheässä kasvustossa (400 kasvia neliömetrillä) pääversot tuottivat kaiken biologisen sadon ja siemensadon.

10.2. Kukat ja palot

MEDLEY ja MILBOURN (1970) osoittivat, että huomattava määrä herneen kukista ei kehittynyt paloiksi. Ilmiö oli vakavin tiheimmissä kylvöissä, joissa kaksoispalkojen määrä niveltä kohti väheni selvästi. HOLE ja HARDWICK (1976) havaitsivat, että vähäinen valon tai hiilidioksidin saanti vähensi kaksikukkaisia ja lisäsi yksikukkaisia niveliä. BINGEFORSIN (1978) kokeissa kasvien kukkien ja palkojen määrä laski kasvitiheyden kasvaessa lajikkeesta riippumatta.

FALLOON ja WHITE (1980) tutkivat kahta lehdellistä peltohernelajiketta viidessä tiheydessä Uudessa Seelannissa. Kukkien ja palkojen määrä laski tiheyden kasvaessa.

Runsaammin kukkiva lajike menetti ennen tuleentumista paljon enemmän kukkia ja nuoria palkoja kuin vähemmän kukkiva lajike kaikissa tiheyksissä. 25 kasvin neliömetritiheydessä variseminen oli huomattavasti vähäisempää kuin muissa tiheyksissä. Harvassa kasvustossa kukkia ja palkoja menetettiin vähemmän ehkä siksi, että kasveilla oli paljon yhteyttävää pintaa. Myös varjostus vaikutti varisemiseen tiheässä.

10.3. Siemenet

BINGEFORS (1978) havaitsi, että harvassa kasvustossa oli siemeniä enemmän palkoa kohti kuin tiheässä kasvustossa. Sen sijaan siementen koko oli lähes sama eri tiheyksissä.

FALLOON ja WHITE (1980) totesivat sekä geneettisten tekijöiden että tiheyden vaikuttavan siemenaiheiden tuottamiseen. Kahdella lehdellisellä lajikkeella tehdyssä kokeessa syntyi siemenaiheita

palkoa kohti eniten alle 50 kasvin neliömetritiheydessä. Siemenaiheiden määrä laskee tiheyden kasvaessa, toisella lajikkeista enemmän kuin toisella. Huka-lajikkeen siemenaiheista kehittyi kaikissa tiheyksissä vähemmän tuleentuneita herneitä kuin Whero-lajikkeen siemenaiheista. Molempien lajikkeiden siemenaiheista kehittyi pienempi osa tiheässä kuin harvassa. Mitä suurempi oli yksittäisen kasvin ala ja mitä pienempi kasvuston ala pinta-alayksikköä kohti, sitä paremmin siemenaiheet kehittyivät. Siemenaiheiden ja herneiden määrä palkoa kohti putosi tiheyden kasvaessa suhteellisesti vähemmän kuin kukkien ja palkojen määrä.

COUSINin ym. (1985) mukaan yksittäinen herne voi tuottaa 100 - 200 siementä, mutta kovassa kasvien välisessä kilpailussa pellolla vain 20 - 25 siementä. AIKASALO (1987) totesi kilpailun alentavan myös siementen painoa.

11. TIHEYDEN JA LEHTITYYPIN VAIKUTUS KASVUNOPEUTEEN

THOMPSON ja MILLER (1961) totesivat, ettei herneen nivelten syntyminenopeus juuri muutu ympäristöolojen muuttuessa. Apikaalimeris-teemi tuottaa yhtä paljon niveliä 50 prosentin varjostuksessa kuin täydessä valossa (HARDWICK 1985). LYNDONin (1977) mukaan pelto-oloissa muodostuu tasaisesti noin 0,3 niveltä päivässä sekä vegetatiivisen kasvun että kukkanivelten muodostumisen aikaan.

KRUGERin (1977) kokeissa Australiassa kylvötiheyden kasvaminen hidasti huomattavasti kasvien suhteellista kasvunopeutta. FALLOONin ja WHITEN (1980) kokeissa herneet kukkivat harvimmissa kasvustoissa 3 - 7 päivää myöhemmin kuin muissa kasvustoissa.

MEADLEY ja MILBOURN (1970) totesivat lehtialaindeksin saavuttavan maksimin aikaisemmin tiheässä kuin harvassa kasvustossa. Tiheässä kasvuston kasvunopeus oli huipussaan ennen kukintaa. Harvemmassa kasvustossa kasvu kiihtyi vielä kaksi viikkoa kukinnan jälkeen. NICHOLSin ym. (1985) kokeissa tiheimpien kasvustojen suhteellinen kasvunopeus ja nettoassimilaationopeus oli harvoja kasvustoja pienempi. Lehtialaindeksi oli korkeampi ja aikaisemmin huipussaan tiheässä kasvustossa.

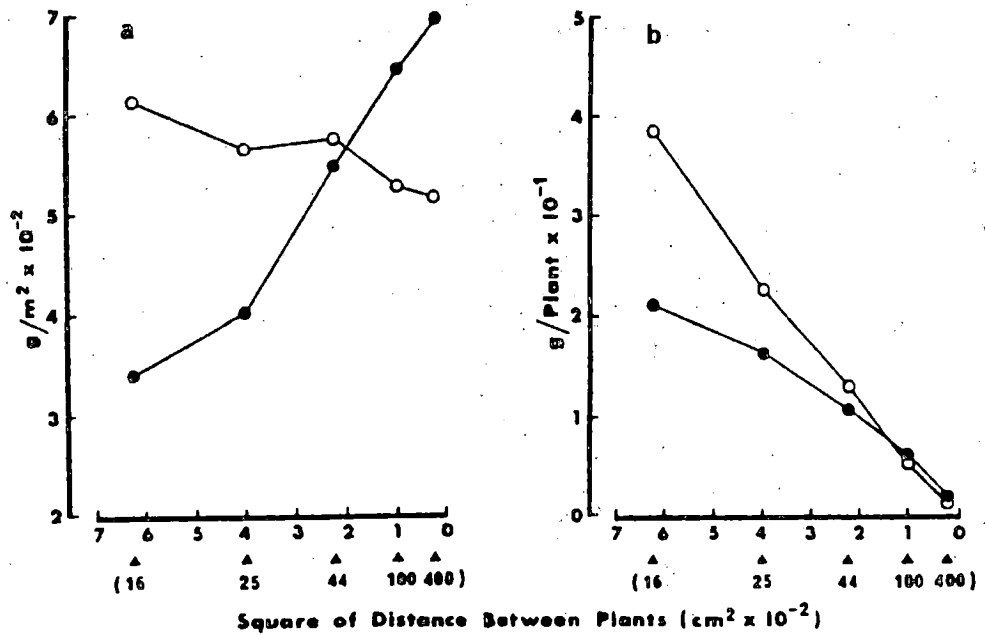
PYKE ja HEDLEY (1985) vertailivat eri hernetyyppejä sadan kasvin neliömetritiheydessä. Vertailujakso alkoi 22 päivää ja loppui 50 päivää kylvön jälkeen. Lehdettömän kasvuston kasvunopeus jäi jatkuvasti jälkeen lehdellisestä kasvustosta. Myös puolilehdettömän kasvuston kasvu oli hieman hitaampaa kuin lehdellisen kasvuston kasvu. Lehdellisen, puolilehdettömän ja lehdettömän kasvuston kasvunopeuksien keskiarvot olivat 8,0, 6,9 ja 3,8 g/m²/vrk. Puolilehdettömän kasvuston suhteellinen kasvunopeus päivää kohti oli 0,134, lehdettömän 0,123. Niiden päivittäinen suhteellinen kasvunopeus säilyi tasaisena koko jakson ajan. Lehdellisen kasvuston suhteellinen kasvunopeus oli aluksi korkeampi (0,178), mutta laski sitten asteittain 0,102:een.

12. TIHEYDEN VAIKUTUS SATOON

12.1. Biologinen sato

SNOADin (1980) mukaan biologisen ja taloudellisen sadon välillä on positiivinen korrelaatio. Vaikka niiden välistä suhdetta saataisiin jalostettua paremmaksi, tarvitaan aina tietty biologinen vähimmäissato.

HEDLEY ja AMBROSE (1981) vertasivat lehdellisen ja lehdettömän hernetyypin biologisia satoja eri kylvötiheyksissä. Pinta-alayksiköltä saadun maanpäällisen biologisen sadon erot olivat suhteessa vastaanotetun valomäärän eroon (kuva 2a). Lehdellisten kasvustojen biologiset sadot laskivat hieman kylvötiheyden kasvaessa. Lehdettömän hernetyypin biologinen sato pinta-alayksikköä kohti oli alimmassa kylvötiheydessä (16 kasvia/m²) vain puolet vastaavan lehdellisen kasvuston biologisesta sadosta. Lehdettömän hernetyypin biologinen sato pinta-alayksikköä kohti kasvoi voimakkaasti kasvuston tihetessä. Sadan kasvin neliömetritiheydessä se ylitti lehdellisten kasvustojen suurimmatkin biologiset sadot.



Kuva 2. Biologinen sato grammoina neliömetrillä (a) ja grammoina kasvia kohti (b) eri kylvötiheyksissä. Lehdetön (● - ●) ja lehdellinen (o - o) fenotyyppi. Molempien fenotyyppien sadot ovat kolmen fenotyypin keskisatoja. Luvut suluisissa ovat kylvötiheyksiä (kasvia/m²) (HEDLEY ja AMBROSE 1981).

Lehdellinen kasvi pystyi kompensoimaan 25-kertaisen tilan kasvun kolmikymmenkertaisella biologisella sadolla. Lehdetön kasvi pystyi samalla tilan lisäyksellä vain 12-kertaiseen biologisen sadon kasvuun (kuva 2b).

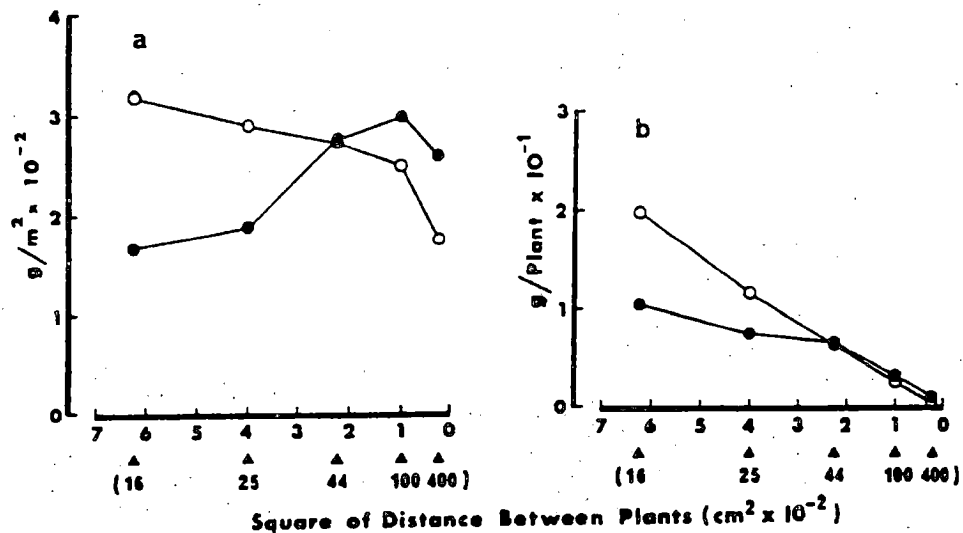
Lehdettömän fenotyypin maksimaalinen biologinen sato pinta-ala-yksikköä kohti oli suurempi kuin lehdellisen herneen maksimi. Syy oli ilmeisesti yhteyttävien pintojen pienempi kilpailu valosta lehdettömässä kasvustossa. Maksimaalisen biologisen sadon tuotava tiheys voi lehdettömällä herneellä olla korkeampi kuin optimaalinen tiheys siemensadon kannalta. Siinä suhteessa se poikkeaa muista kasveista, myös lehdellisestä herneestä. Kasvutiheyden vaikutus satoon riippuu kasvien kilpailuominaisuuksista. Voimakkaasti kilpailevien genotyyppien yksilösato laskee jyrkästi kasvutiheyden lisääntyessä. Heikot kilpailijat tuottavat tilavassa pienemmän biologisen sadon kuin voimakkaat kilpailijat. Tiheässä

tilanne voi olla päinvastainen. Korkeita tiheyksiä sietävän, heikosti kilpailevan genotyypin pinta-alasadot nousevat jyrkästi tiheyden kasvaessa. Voimakkaista kilpailijoista koostuva populaatio voi suhtautua jopa negatiivisesti kasvavaan tiheyteen.

Myös kukinta-aika vaikuttaa herneen suhtautumiseen kylvötiheyteen. Aikaisin kukkivan lehdettömän genotyypin biologinen sato pinta-alayksikköä kohti kasvoi jyrkästi tiheyden kasvaessa. Myöhään kukkivaan genotyyppiin tiheys vaikutti paljon vähemmän (HEDLEY ja AMBROSE 1981).

12.2. Siemensato

HEDLEYn ja AMBROSEN (1981) kokeissa lehdellisen herneen siemensato pinta-alayksikköä kohti putosi hieman tiheyden muuttuessa 16:sta sataan kasviin neliömetrillä. Sen sijaan lehdettömän hernetyypin sato kasvoi voimakkaasti (kuva 3a). Lehdettömän hernetyypin siemensato saavutti lehdellisen tyyppin siemensadon viimeistään sadan kasvin neliömetritiheydessä. Molempien siemensato pinta-alayksikköä kohti laski selvästi välillä 100 - 400 kasvia/m².



Kuva 3. Siemensato grammoina neliometriä (a) ja kasvia (b) kohti. Lehdellinen (o - o) ja lehdetön (● - ●) fenotyyppi. Luvut sulussa ovat kylvötiheyksiä (kasvia/m²) (HEDLEY ja AMBROSE 1981).

Kylvötiheys vaikutti yksittäisten kasvien siemensatoon jyrkemmin kuin biologiseen satoon. Lehdellisen kasvin siemensato laski 1/45-osaan kun kasvutila laski 1/25-osaan. Lehdettömien kasvien siemensato laski keskimäärin kuudestoistaosaan tilan vähetessä 1/25-osaan (kuva 3b).

Lehdettömän herneen erilaisilla genotyypeillä tehdyissä kokeissa siemensato nousi kylvötiheyden kasvaessa kuudestatoista sataan kasviin neliömetrillä. Pienisiemeniseen aikaisin kukkivaan genotyyppiin tiheys vaikutti selvimmin. Sen sato kasvoi 170:stä 320 grammaan neliometriä kohti. Suurisiemenisen genotyypin sato kasvoi 220:stä 300 grammaan.

AIKASALON (1987) mielestä uusien puolilehdettömien hernelajikkeiden kylvötiheydeksi sopii sama 120 itävää siementä neliometriä kohti kuin nykyisin on käytössä perinteisillä lajikkeilla. Kokeissa käytettiin kolmea tiheyttä: 100, 120 ja 140 siementä neliometriä kohti. Puolilehdettömät Tammi ja Wensum sekä lehdetön Filby tuottivat suurinta siemenmäärää ja normaalia riviväliä käytettäessä hieman suuremman sadon kuin pientä siemenmäärää tai harvaa riviväliä käytettäessä. Lisättäessä kylvötiheyttä pienimmästä suurimpaan, sadonlisän arvo oli suurempi kuin kylvösiemenkustannusten ero. Lehdellisen Hemmon satoon siemenmäärän tai rivivälin muutokset eivät vaikuttaneet.

KOKEELLINEN OSA

1. AINEISTO JA MENETELMÄT

1.1. Kokeen tarkoitus

Kokeen tarkoituksena oli selvittää eri lehtityyppiä olevien herneiden optimaaliset kylvötiheydet. Pyrittiin määrittämään kylvötiheyden vaikutus herneiden kasvuun, satokomponentteihin ja satoon. Vaikutuksia tarkasteltiin sekä yksilö- että populaatio-tasolla.

Kylvötiheyskokeet tehtiin Jokioisissa maatalouden tutkimuskeskussa vuosina 1983, 1985 ja 1986. Lehdetöntä hernetyyppiä edustava lajike oli Filby. Puolilehdettömänä lajikkeena oli Pika (vuonna 1983 englantilainen Dryden) ja tavallisena lehdellisenä lajikkeena Proco.

Kenttäkoemenetelmänä oli ensimmäisen asteen osaruutukoe. Pääruutuna oli lajike, osaruutuna kylvötiheys. Kerranteita oli neljä.

1.2. Koejäsenten esittely

Proco on pitkään ollut valtalajike maassamme. Lehdellinen Proco on matalakasvuinen ja huomattavan aikainen lajike muihin lehdellisiin lajikkeisiin verrattuna. Varren pituus on 48 cm ja kasvuaika 88 vrk. Sen siemen on pieni. Sateisina ja myöhäisinä vuosina Proco on muita lehdellisiä lajikkeita satoisampi. Kuivana vuonna ja poutivalla kasvupaikalla sen sato voi jäädä pieneksi (KÖYLIJÄRVI 1987).

Puolilehdetön Pika on aikainen, vain kaksi päivää Procoa myöhäisempi herne. Vuosien 1983 - 1986 kokeiden mukaan se on kymmenen prosenttia Procoa satoisampi. Pika lakoutuu vähemmän eikä ole yhtä arka kuivuudelle kuin perinteiset lajikkeet (KÖYLIJÄRVI 1987).

Lehdetön Filby on virallisten lajikekokeiden perusteella kaksikymmentä prosenttia heikkosatoisempi kuin Proco. Se on seitsemän päivää Procoa ja Pikaa myöhäisempi, mutta lakoutuu vieläkin vähemmän kuin Pika. Sen siemen on kymmenen grammaa isompi kuin Pikan ja Procon siemen (MUSTONEN ym. 1987).

Taulukko 1. Procon, Filbyn ja Pikan ominaisuudet virallisten lajikekokeiden 1979 - 1986 perusteella (MUSTONEN ym. 1987).

	Proco	Filby	Pika
Sato (kg/ha)	3047	2495	3276
Kasvu-aika (vrk)	87	94	87
Pituus (cm)	44	52	50
Lako (%)	62	27	33
Kukinnan kesto (vrk)	17	17	17
Tsp (g)	222	230	220
Valkuainen (%)	21,0	20,9	21,7
Keitto 60 min (%)	75	75	84
Virheetön herne (%)	83,7	81,4	98,1

Kokeessa käytetyt kylvötiheydet olivat 30, 60, 110, 160 ja 210 itävää siementä neliometriä kohti. Keskimäinen tiheys vastaa perinteisille herneille suositeltua normaalia kylvötiheyttä. Seuraavilla sivuilla tiheyttä kuvataan pelkästään luvulla, esimerkiksi "tiheydessä 210 sato laski".

1.3. Kokeen perustaminen

Vuonna 1983 koekentän maalaji oli aitosavi, esikasvi oli ohra. Lannoituksena annettiin 500 kg/ha Yn (16-7-13), mikä vastaa hehtaarilla 80 kg typpeä, 35 kg fosforia ja 65 kg kaliumia. Kylvöpäivä oli 20.5.

Vuonna 1985 koekentän maalaji oli hietasavi, esikasvi oli kevät-rypsi. Lannoituksena annettiin 313 kg Yn, mikä vastaa hehtaarilla 50 kg/ha typpeä, 22 kg fosforia ja 41 kg kaliumia. Kylvöpäivä oli 20.5.

Vuonna 1986 koekentän maalaji oli aitosavi, esikasvi oli nurmi. Lannoituksena annettiin 500 kg/ha Yn. Kylvöpäivä oli 30.5.

Joka vuosi kylvösiemen lajiteltiin 4,56 millimetrin seulalla ja peitattiin tiraamalla. Herne kylvettiin normaaliin tapaan Öyjord-koeruutukylvökoneella.

Taulukko 2. Koekentän viljavuusarvot

	pH	Ca	K	P	Mg
1983	5,6	2850	490	52	750
1985	6,3	2100	220	160	340
1986	6,0	2547	128	136	458

1.4. Havainnot, käsittelyt ja sadonkorjuu

Kokeista havainnoitiin orastumisajankohta ja laskettiin oraat. Kasvustosta tehtiin silmämääräisesti havainnot kukinnan alkamisesta ja päättymisestä, sekä mitattiin kasvuston pituus. Lako ja keltatuleentuminen havainnoitiin. Herneen katsottiin olevan keltatuleentunut, kun alimmat palot olivat muuttuneet läpikuultaviksi, jolloin ne olivat harmahtavia tai ruskeita. Rikkakasvit ruiskutettiin dinosebillä joka vuosi.

Herne puitiin koeruutupuimurilla 2 - 3 viikkoa keltatuleentumishavainnon jälkeen, jokainen ruutu omaan säkkiinsä. Vuonna 1983 herne puitiin 16.8. - 22.8., vuonna 1985 3.9. - 9.9. sekä vuonna 1986 27.8. ja 2.9. Herne kuivattiin kuivurissa. Näytteistä määritettiin puintikosteus, lajiteltiin 3,77 millimetrin seulalla ja punnittiin ruutusato.

Kunkin koejäsenen sadoista otettiin näytteet analyysejä varten. Analyyseissä todettiin ulkoinen laatu, eli rikka-, roska- ja ensiluokkaisten herneiden osuus. 1000 siemenen paino ja kypsyminen 60 minuutin keitossa mitattiin sekä itävyys testattiin ensiluokkaisista herneistä. Valkuaispitoisuus mitattiin lajittelemattomasta sadosta.

Erityistä kasvustoanalyysiä varten kerättiin vuosina 1985 ja 1986 ruuduista kasvinäytteet 0,5 neliömetrin alalta juuri ennen puinitia. Näytteistä laskettiin varsien, palkojen ja herneiden lukumäärät, sekä mitattiin kasvinosien painot. Eri kasvinosista mitattiin myös typpipitoisuus ja typpimäärä. Satoindeksi ja typpisatoindeksi laskettiin. Puitujen ruutusatojen perusteella laskettiin hehtaarisadot, käsin korjattujen näytteiden perusteella laskennalliset hehtaarisadot.

1.5. Tulosten tilastollinen käsittely

Tulokset laskettiin ja käsiteltiin tilastollisesti Maatalouden tutkimuskeskuksen laskentatoimistossa VAX 11/780 tietokoneella käyttäen SPSSX- ja SPSSX/Graphics -ohjelmistoa.

Kaikista muuttujista laskettiin keskiarvot. Varianssianalyysillä selvitettiin tiheyden ja lajikkeiden vaikutusta tutkittaviin muuttujiin. Samalla selvitettiin lajikkeiden ja tiheyden yhdysvaikutus.

Varianssianalyysin F-arvojen merkitsevyydet ilmoitetaan seuraavilla symboleilla (MÄKINEN 1978):

Merkintä		Riskitaso
***	ero erittäin merkitsevä	> 99,9 % = $p < 0,001$
**	ero merkitsevä	99 - 99,9 % = $p < 0,01$
*	ero jokseenkin merkitsevä	95 - 99 % = $p < 0,05$
0	ero suuntaa antava	90 - 95 % = $p < 0,1$
ns	ero ei ole merkitsevä	

Ominaisuuksien keskiarvoja verrattiin Tukey-Hartleyn testillä käyttäen Studentized range -arvoja (SNEDECOR ja COCHRAN 1971). Testi tehtiin niille muuttujille, joille varianssianalyysi antoi merkitsevästi eroja joko tiheyden tai lajikkeiden ja tiheyden yhdysvaikutusten välille.

1.6. Kasvukauden sääolot

Vuonna 1983 kevät oli aikainen mutta runsassateinen. Kenttä oli keväällä veden vaivaama. Lämmintä toukokuuta seurasi kesäkuun alussa viileä kausi. Muuten kesä oli normaalia lämpimämpi.

Vuosi 1985 oli sääoloiltaan herneen kasvulle edullinen. Maa oli kuitenkin märkää korjuuaikaan, mikä aiheutti korjuutappioita.

Vuonna 1986 kylvö myöhästyi kymmenen päivää muihin vuosiin verrattuna, ja siltikin maa oli kylvettäessä vielä turhan märkää. Kevät-kesällä herne kärsi kuivuudesta, jota sadetus ei täysin kompensoinut. Korjuukausi oli hyvin märkä.

Taulukko 3. Kesäkuukausien keskilämpötilat ja sademäärät vuosina 1983, 1985 ja 1986, sekä 1961 - 80 Jokioisissa.

	Keskilämpötila				Sademäärä			
	1983	1985	1986	1961-80	1983	1985	1986	1961-80
Touko	11,0	8,6	10,5	9,1	44,1	43,0	52,4	30,8
Kesä	13,3	13,2	16,3	14,6	83,8	41,4	11,2	42,5
Heinä	16,6	15,3	16,2	15,6	41,4	55,4	64,9	79,6
Elo	15,0	15,5	12,9	14,2	58,1	119,2	109,8	79,5

Heinäkuun alussa 1986 kokeet sadetettiin 30 mm sadetuksella, minkä jälkeen satoi heti 22 mm.

2. KOKEEN TULOKSET

Taulukko 1. Varianssianalyysin tulokset

a) Satotulokset (1983, 1985 ja 1986)

	R vuosi	A lajike	B kylvötih.	AB
Siemensato, kg/ha	***	NS	***	***
Kasvuaika, vrk	***	*	***	NS
Tsp, g	***	NS	*	NS
Valkuaispit., %	***	NS	NS	NS
Kypsyminen, %	NS	NS	NS	NS
Ensiluokkaiset, %	***	0	***	NS
Roskaherneet, %	***	NS	0	NS
Rikkaherneet, %	***	NS	***	NS
Itävyys, %	***	*	*	NS
Taimitiheys, kpl/m ²	**	NS	***	0
Pellolla orastuneet, %	***	NS	***	NS
Valkuaissato, kg/ha	***	NS	***	**
Kukinnan kesto, vrk	***	NS	**	NS
Lako, %	0	*	NS	*
Pituus, cm	***	NS	0	NS
Puintikosteus, %	***	0	**	NS

b) Satoanalyysitulokset (1985 ja 1986)

Varsia, kpl/m ²	***	NS	***	NS
Varsien paino, g/m ²	***	NS	***	NS
Varsien typpipit., %	***	NS	***	NS
Palkoja, kpl/m ²	***	**	***	*
Palkojen paino, g/m ²	***	NS	**	*
Herneiden paino, g/m ²	***	NS	**	*
Herneiden typpipit., %	***	*	***	*
Herneitä, kpl/m ²	***	NS	**	*
Kuorien typpipit., %	**	***	***	NS
Kuorien paino, g/m ²	***	0	*	NS
Siemenpaino, mg	***	NS	***	NS
Varsien N-määrä, g/m ²	***	0	***	NS
Kuorien N-määrä, g/m ²	***	***	***	NS
Herneiden N-määrä, g/m ²	***	NS	***	*
Kasvien N-määrä, g/m ²	***	NS	***	*
Satoindeksi, %	***	**	***	*
Typpisatoindeksi, %	NS	**	***	NS
Kasvien paino, g	***	0	***	*
Herneitä kasvissa, g	***	NS	***	*
Herneitä kasvissa, kpl	***	NS	***	*
Herneitä palossa, g	***	NS	***	*
Herneitä palossa, kpl	***	0	***	*
Palkoja kasvissa, g	***	NS	***	*
Palkoja kasvissa, kpl	***	NS	***	**
Taimettumisprosentti, %	***	NS	***	*
Laskennall. sato, kg/ha	***	NS	**	*

Taulukko 2. Pienimmät merkitsevät erot niistä ominaisuuksista, joissa varianssianalyysin perusteella oli merkitsevä ero kylvötiheyksien tai lajikkeen ja kylvötiheyden yhdysvaikutuksen välillä.

a) Satotulokset (1983, 1985 ja 1986)

	Kylvötiheys		Lajike x PME 5 %	Kylvöt. PME 1 %
	PME 5 %	PME 1 %		
Siemensato, kg/ha	293,98	364,48	509,20	631,31
Tsp, g	5,58	6,92		
Valkuaissato, kg/ha	72,70	90,13	125,92	156,11
Ensiluokkaiset, %	3,23	4,00		
Rikkaherneet, %	2,93	3,64		
Itävyys, %	5,36	6,65		
Taimitiheys, kpl/m ²	12,34	15,30		
Kasvuaika, vrk	1,07	1,32		
Kukinnan kesto, vrk	2,50	3,24		
Lako, %			13,69	17,72

b) Satoanalyysitulokset (1985 ja 1986)

Puintikosteus, %	5,09	6,59		
Palkoja, kpl/m ²	51,72	63,10	89,58	109,30
Herneitä, kpl/m ²	224,92	274,48	389,58	475,40
Varsia, g/m ²	23,16	24,26		
Palkoja, g/m ²	65,96	80,48	114,24	139,40
Kuoria, g/m ²	13,84	16,88		
Herneitä, g/m ²	55,54	67,76	96,18	113,36
Varsien typpipit., %	0,12	0,14		
Kuorien typpipit., %	0,08	0,10		
Herneiden typpipit., %	0,08	0,10	0,14	0,17
Varsien N-määrä, g/m ²	0,40	0,48		
Kuorien N-määrä, g/m ²	0,14	0,17		
Herneiden N-määrä, g/m ²	1,96	2,39	3,39	4,14
Kasvien N-määrä, g/m ²	2,13	2,60	3,69	4,50
Siemenpaino, mg	7,49	9,14		
Satoindeksi, %	2,59	3,16	4,48	5,47
Typpisatoindeksi, %	2,17	2,65		
Kasvin paino, g	3,29	4,01	5,69	6,95
Herneitä kasvissa, g	2,19	2,68	3,80	4,64
Herneitä kasvissa, kpl	10,10	12,32	17,49	21,34
Herneitä palossa, g	0,14	0,17	0,25	0,30
Herneitä palossa, kpl	0,55	0,67	0,95	1,16
Palkoja kasvissa, g	2,78	3,37	4,81	5,87
Palkoja kasvissa, kpl	1,39	1,70	2,41	2,94
Taimettumisprosentti, %	15,77	19,24	27,31	33,32
Laskenn. sato, kg/ha	653,30	797,22	1131,54	1380,82

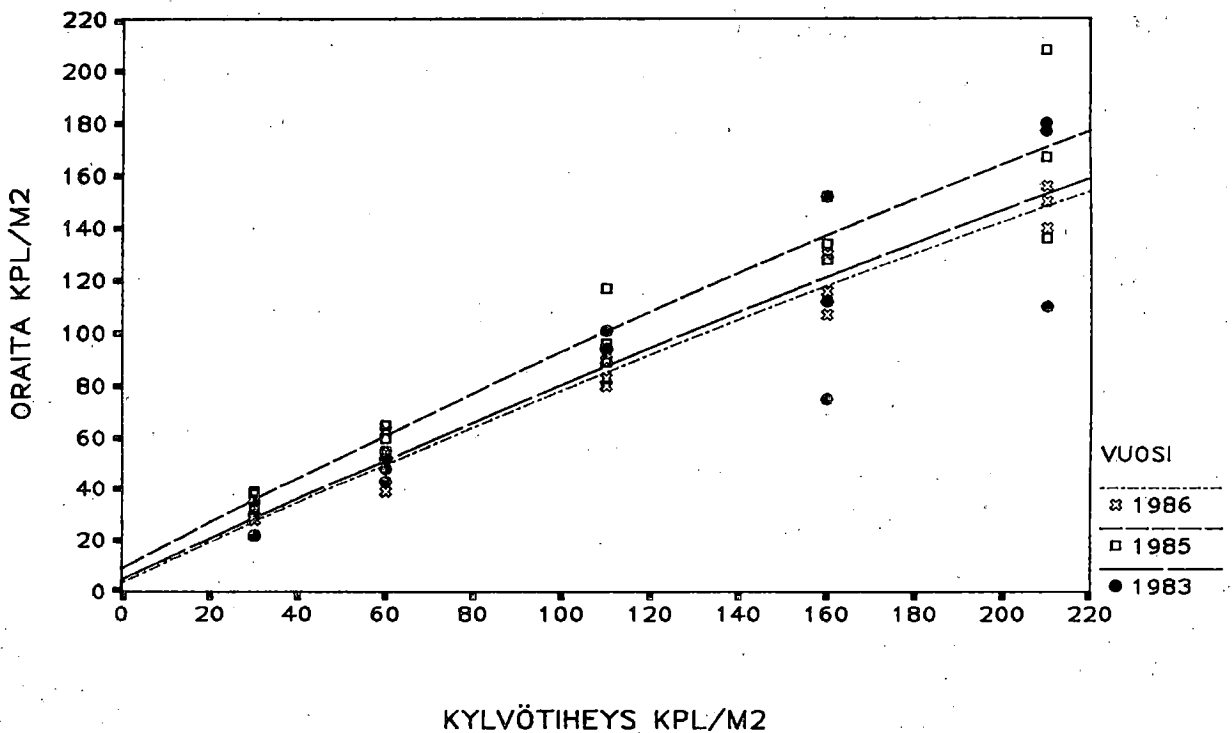
2.1. SATO JA SADON LAATU

2.1.1. Itävien siementen taimettuminen pellolla

Taimitiheys pellolla ei kasvanut samassa suhteessa kuin kylvötiheys. Taimitiheyden ja neliömetrille kylvettyjen itävien siementen välisen suhteen perusteella laskettiin pellolla taimettuneet itävät siemenet. Pellolla taimettuneiden osuus kylvetyistä itävistä siemenistä oli harvassa kylvössä selvästi suurempi kuin tiheässä.

Vaihtelevien kylvöolojen ja säiden vuoksi taimettuminen vaihteli vuosittain. Vuonna 1985 pellolla taimettui 95 prosenttia itävistä siemenistä. Kahtena muuna koevuonna taimettuminen jäi noin 60 prosenttiin.

Kuvio 1. Kylvötiheyden ja vuoden vaikutus taimettumiseen pellolla



F-arvon
merkitsevyys

PME 5 %

PME 1 %

Kylvötiheys ***
Lajike x kylvöt. NS

12,34

15,30

2.1.2. Kasvuaika ja kukinnan kesto

Kasvuston tiheneminen lyhensi selvästi herneiden kasvuaikaa ja kukinnan kestoja. Harvimmassa kasvustossa kasvuaika oli keskimäärin 88 vuorokautta, tiheimmässä 85,5 vuorokautta. Kukinta kesti harvimmassa kasvustossa keskimäärin 20,8 vuorokautta, tiheimmässä kasvustossa 16,7 vuorokautta. Filbyn kukinta lyheni 3,5, Procon 2,5 ja Pikan 6,5 vuorokautta.

Taulukko 3. Kylvötiheyden vaikutus kasvuaikaan

Lajike	Kasvuaika, vrk					Keskiarvo
	30	60	110	160	210	
Filby	91,7	91,0	89,3	88,7	88,3	89,8
Proco	84,7	84,7	84,0	83,3	83,3	84,0
Pika	87,7	86,7	85,3	85,0	85,0	85,9
Keskiarvo	88,0	87,4	86,2	85,7	85,4	86,6
	F-arvon merkitsevyys			PME 5 %		PME 1 %
Kylvötiheys	***			1,07		1,32
Lajike x kylvöt.	NS					
Lajike	*					

Taulukko 4. Kylvötiheyden vaikutus kukinnan kestoon

Lajike	Kukinnan kesto, vrk					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	22,5	21,5	20,0	19,0	19,0	20,4
Proco	19,5	19,0	18,0	17,5	17,0	18,2
Pika	20,5	18,5	17,5	14,0	14,0	16,9
Keskiarvo	20,8	19,7	18,5	16,8	16,7	18,5

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	**	2,50	3,24
Lajike x kylvöt.	NS		

2.1.3. Lakoutuminen

Tiheyden kasvu lisäsi Procon ja vähensi Filbyn ja Pikan lakoutumista. Tiheyden muuttuessa harvimmasta tiheimpään, muuttui Procon lakoutumisprosentti 83,5:stä 95,5:een, Filbyn 25,5:stä 11,5:een ja Pikan 19:stä 14:ään.

Taulukko 5. Kylvötiheyden vaikutus lakoutumiseen

Lajike	Lako-%					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	25,5	17,0	10,0	11,5	11,5	15,1
Proco	83,5	87,0	92,0	94,5	95,5	90,5
Pika	19,0	14,5	14,5	14,0	14,0	15,2
Keskiarvo	42,7	39,5	38,8	40,0	40,3	40,3

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	NS		
Lajike x kylvöt.	*	13,69	17,72
Lajike	*		

2.1.4. Puintikosteus

Tiheyden kasvu laskee puintikosteutta oleellisesti. Harvimmassa kasvustossa puintikosteus oli keskimäärin 41 prosenttia, tiheimässä 33 prosenttia. Pikan puintikosteus laskee kasvuston tihenemisen myötä 10,0, Procon 7,3 ja Filbyn 5,6 prosenttiyksikköä.

Taulukko 6. Kylvötiheyden vaikutus puintikosteuteen

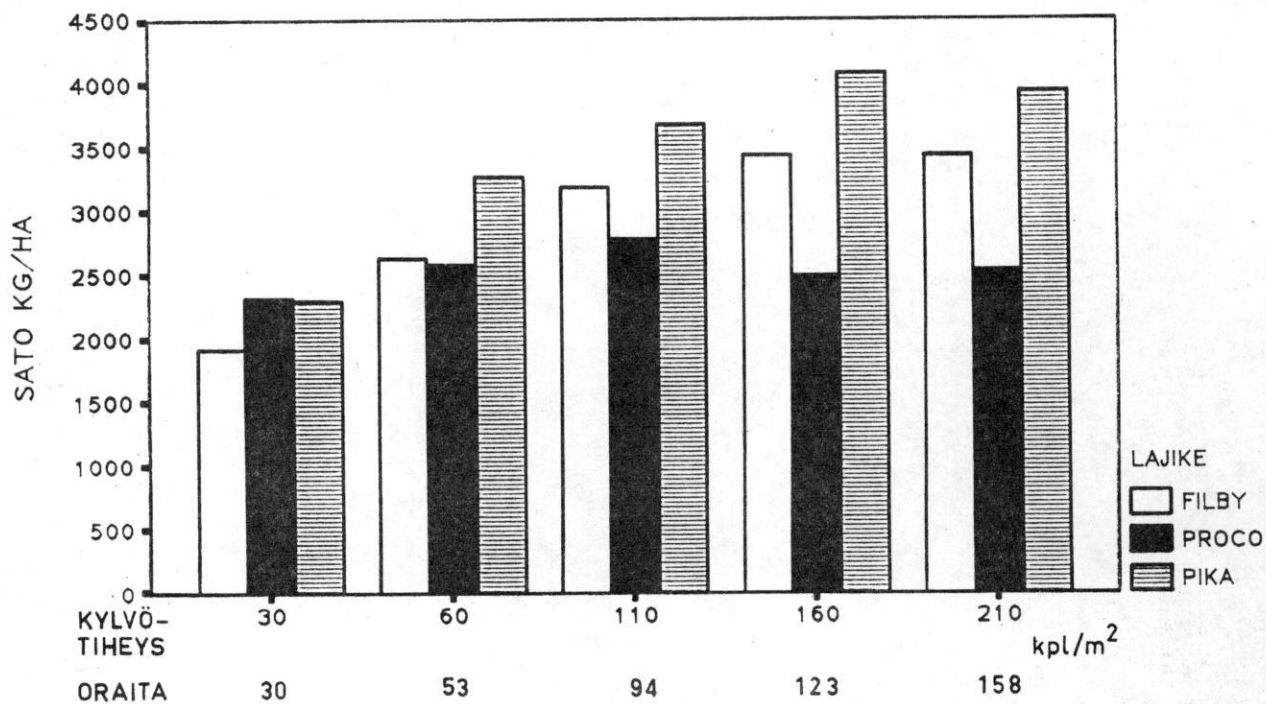
Lajike	Puintikosteus, %					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	44,7	43,0	40,8	39,2	39,1	41,3
Proco	39,2	40,4	33,8	39,0	31,9	36,8
Pika	38,2	34,6	31,6	30,1	28,2	32,5
Keskiarvo	40,7	39,3	35,4	36,1	33,0	36,9

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	**	5,09	6,59
Lajike x kylvöt.	NS		

2.1.5. Siemensato

Herneiden siemensato kasvoi erittäin selvästi tiheyden kasvaessa. Lehdetön Filby ja puolilehdetön Pika hyötyivät selvästi enemmän tiheyden kasvusta kuin lehdellinen Proco. Procon sadot olivat korkeimmillaan herneelle normaalisti suositellussa kylvötiheydessä (110 itävää siementä neliömetrillä). Puolilehdeettömän Pikan hehtaarisato nousi neljäsataa kiloa vielä, kun itävien siementen määrä neliömetrillä kasvoi 110:stä 160:een. Tiheyden kasvaessa edelleen Pikan sato lähti laskuun. Filbyn sato oli korkeimmillaan kahdessa tiheimmässä kasvustossa.

Kuvio 2. Kylvötiheyden vaikutus Filbyn, Procon ja Pikan siemen-
satoon.



	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	293,98	364,48
Lajike x kylvöt.	***	509,20	631,3

2.1.6. 1000 siemenen paino

Kylvötiheys vaikutti tuhannen siemenen painoon jokseenkin merkitsevästi. Tuhannen siemenen paino oli korkeimmillaan tiheydessä 60. Tiheyden kasvaessa paino laski.

Taulukko 7. Kylvötiheyden vaikutus 1000 siemenen painoon.

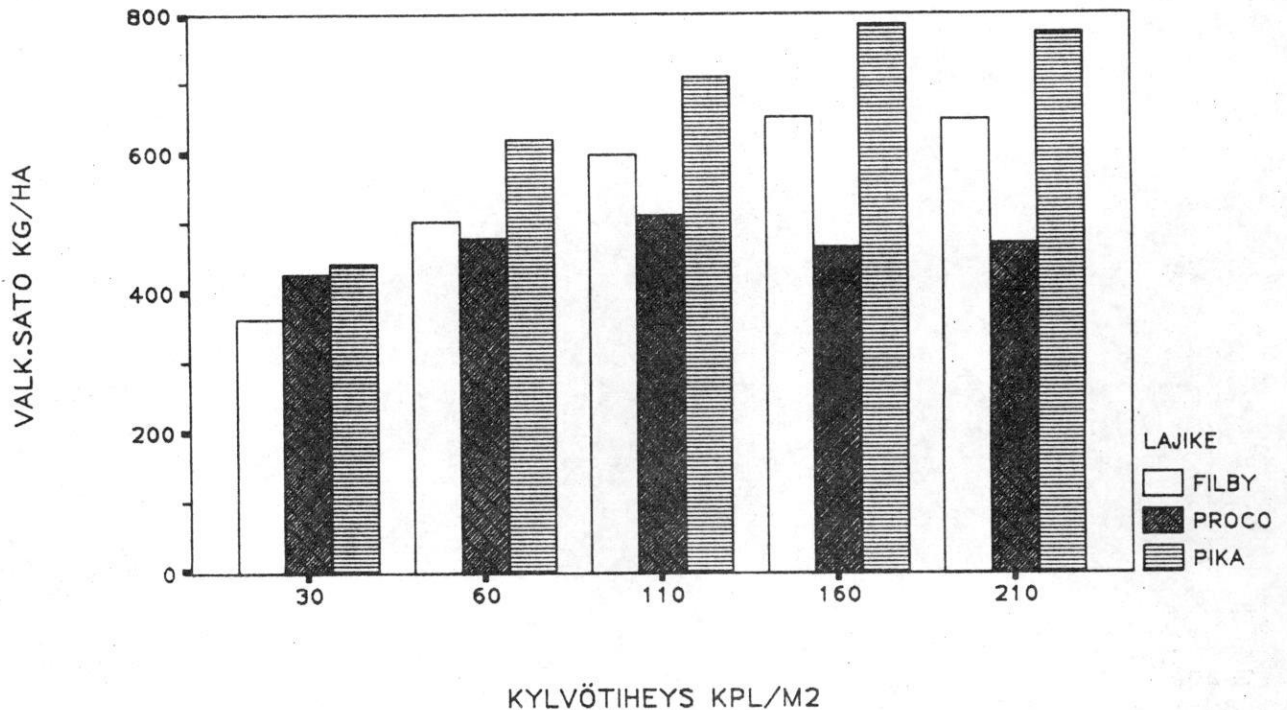
Lajike	1000 siemenen paino, g					Keski- arvo
	Kylvötiheys					
	30	60	110	160	210	
Filby	236,0	239,7	234,7	230,3	227,7	233,7
Proco	234,7	236,0	233,0	231,0	228,7	232,7
Pika	227,3	232,7	233,3	232,7	230,0	231,2
Keskiarvo	232,7	236,1	233,7	231,3	228,8	232,5

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	*	5,58	6,92
Lajike x kylvöt.	NS		

2.1.7. Valkuaispitoisuus, valkuaissto ja typpisato

Siementen valkuaispitoisuuteen tiheys ei vaikuttanut. Niinpä valkuaissto kasvoi huomattavasti tiheyden kasvaessa. Lajikkeiden valkuaissto muuttui tiheyden muuttuessa vastaavasti kuin siemensato. Filbyn ja Pikan valkuaissto kasvoi tiheyteen 160 asti. Filbyn valkuaissto oli silloin 650 kg/ha, Pikan 780 kg/ha. Procon valkuaissto oli korkeimmillaan 510 kg/ha, tiheydessä 110. Korkeimmat valkuaisadot ovat typpisadoiksi muutettuina: Filby 104 kg, Pika 125 kg ja Proco 82 kg hehtaaria kohti.

Kuvio 3. Kylvötiheyden vaikutus valkuaissatoon.



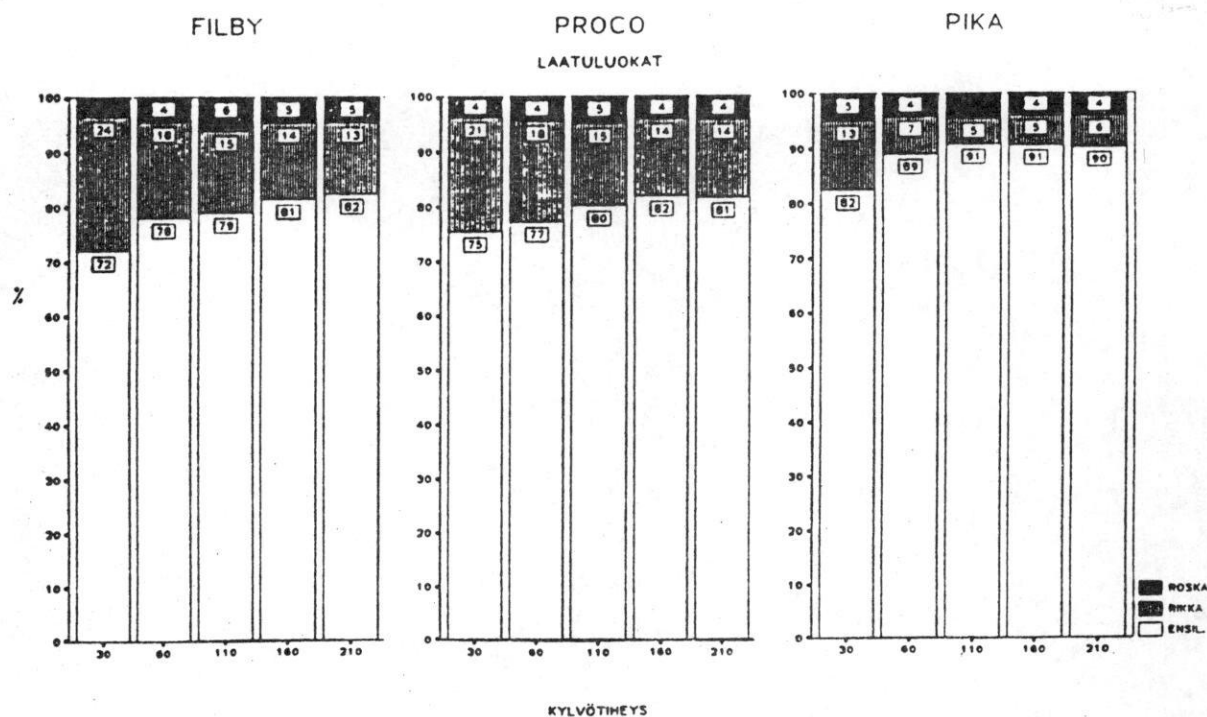
	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	72,70	90,13
Lajike x kylvöt.	**	125,92	156,11

2.1.8. Ensiluokkaisten sekä roska- ja rikkaherneiden osuus

Ensiluokkaisten herneiden osuus kaikista herneistä kasvoi, ja rikkaherneiden osuus laski huomattavasti kylvötiheyden kasvaessa. Pikan ensiluokkaisten herneiden osuus tosin lähti lievään laskuun keskimmäisen tiheyden jälkeen. Silti sillä oli tiheässäkin kasvustossa ensiluokkaisia herneitä lähes kymmenen prosenttia enemmän kuin Procolla ja Filbyllä.

Roskaherneiden osuuteen kaikista herneistä kylvötiheys vaikutti vain vähän. Roskaherneitä oli eniten keskimmäisessä kylvötiheydessä, hieman yli viisi prosenttia. Muissakin tiheyksissä niitä oli yli neljä prosenttia.

Kuvio 4. Tiheyden vaikutus erilaatuisten herneiden osuuteen.



F-arvon
merkitsevyys

PME 5 %

PME 1 %

Ensiluokkaiset:

Kylvötiheys	***	3,23	4,00
Lajike x kylvöt.	NS		
Lajike	0		

Rikkaherneet:

Kylvötiheys	***	2,93	3,64
Lajike x kylvöt.	NS		

Roskaherneet:

Kylvötiheys	0		
Lajike x kylvöt.	NS		

2.1.9. Itävyys ja kypsyminen

Eri tiheyksissä kasvaneiden herneiden siemensatojen itävyyttä testattiin laboratorio-oloissa. Itävyys nousi kylvötiheyden kasvaessa. Tiheyksissä 110, 160 ja 210 itävyys oli kuitenkin käytännössä sama, eli noin 77,5 prosenttia.

Keitettäessä eri tiheyksissä kasvaneita herneitä tunnin ajan, todettiin että kypsymisessä ei ollut merkitseviä eroja.

2.2. SATOANALYYSI

Satoanalyysiä varten kerättiin vuosina 1985 ja 1986 jokaiselta koeruudulta kasvustonäytteet 0,5 neliömetrin alalta juuri ennen puintia.

2.2.1. Kasvinosien lukumäärä neliömetrillä

Varsien lukumäärää kylvötiheyden lisääminen luonnollisesti lisäsi. Myös palkojen lukumäärä pinta-alayksikköä kohti kasvoi selvästi tiheyden kasvaessa. Pikan palkomäärän kasvu oli suurempaa kuin Filbyn ja Procon palkomäärän kasvu. Pikan palkojen määrä kaksinkertaistui (330:sta 610:een) tiheyden kasvaessa seitsenkertaiseksi, kun taas Filbyn ja Procon palkojen määrä kasvoi vain viisikymmentä prosenttia (320:sta 480:een).

Herneiden lukumäärä neliömetrillä kasvoi tiheyden kasvaessa. Procolla oli herneitä eniten kylvötiheydessä 110, 2051 hernetä neliömetrillä. Tiheyden edelleen kasvaessa Procon herneiden määrä neliömetrillä laski yli kolmellasadalla kappaleella. Kahden muun lajikkeen herneiden määrä sen sijaan kasvoi kylvötiheyteen 160 asti. Filby tuotti silloin 1990 ja Pika 2039 hernetä neliömetriltä.

2.2.2. Kasvinosien paino neliömetrillä

Neliömetrin alalta kootun kasvuston varsien painoa tiheyden lisääminen 30:sta 160:een nosti keskimäärin 55,6 grammaa, eli lähes kolmanneksen. Tiheyden kasvaessa edelleen Filbyn varsien paino nousi lisää, Procon varsien paino laski ja Pikan varsien paino pysyi ennallaan.

Palkojen yhteispaino neliömetrillä kasvoi tiheyden kasvaessa hitaammin kuin palkojen määrä, ja oli suurimmillaan tiheydessä 160. Proco poikkesi keskiarvosta siten, että palkojen yhteispaino oli suurimmillaan keskimmaisessä kylvötiheydessä. Myös palkojen kuorien yhteispaino kasvoi tiheyden kasvaessa toiseksi tiheimpään kasvustoon asti.

Satoanalyysissä mitatut herneiden painot neliometriä kohti käyttäytyivät tiheyden suhteen saman suuntaisesti kuin palkojen painot ja kolmelta vuodelta mitatut hehtaarisadot (taulukko 8). Proco tuotti neliömetriltä herneitä eniten tiheydessä 110, Filby ja Pika tiheydessä 160.

Vuosina 1985 ja 1986 mitatuissa satoanalyysituloksissa Procon korkeimmat neliömetrisadot ylittävät Filbyn ja Pikan korkeimmat neliömetrisadot. Vuosilta 1983, 1985 ja 1986 laskettujen hehtaarisatojen perusteella taas Filby ja Pika ylsivät parhaimmillaan selvästi Procoa parempiin satoihin. Syynä ovat ilmeisesti Procon suuret puintitappiot. Käsien korjatuissa satoanalyysinäytteissä Procon pienet siemenet eivät joudu hukkaan, vaikka kasvusto olisi pahastikin lakoutunut.

Taulukko 8. Tiheyden vaikutus herneiden painoon neliömetrillä.

Lajike	Herneiden paino g/m ²					Keski- arvo
	Kylvötiheys					
	30	60	110	160	210	
Filby	371,7	446,6	424,6	462,0	445,4	430,0
Proco	429,3	433,8	480,7	405,0	397,0	429,1
Pika	328,0	434,2	445,4	472,4	461,4	428,3
Keskiarvo	376,3	438,2	450,2	446,4	434,6	429,1

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	**	55,54	67,76
Lajike x kylvöt.	*	96,18	113,36

2.2.3. Varsien ja palonkuorien typpipitoisuus

Tiheyden lisääminen nosti selvästi varsien typpipitoisuutta. Harvimmassa kasvustossa varret sisälsivät typpeä keskimäärin 1,35 prosenttia, tiheimmässä kasvustossa 1,50 prosenttia.

Herneen palkojen kuoriosan typpipitoisuus laski ensin harvimmasta kasvustosta tiheämpään siirryttäessä (taulukko 9). Tiheyden edelleen kasvaessa kuorien typpipitoisuus kasvoi kuitenkin huomattavasti, ja oli kaikilla lajikkeilla suurimmillaan tiheimmässä kasvustossa. Tuleentuneena korjatun sadon palkojen kuorien typpipitoisuus oli tiheimmässä kasvustossa keskimäärin 0,78 prosenttia, kun se tiheydessä 60 oli 0,63 prosenttia.

Taulukko 9. Tiheyden vaikutus palonkuorien typpipitoisuuteen

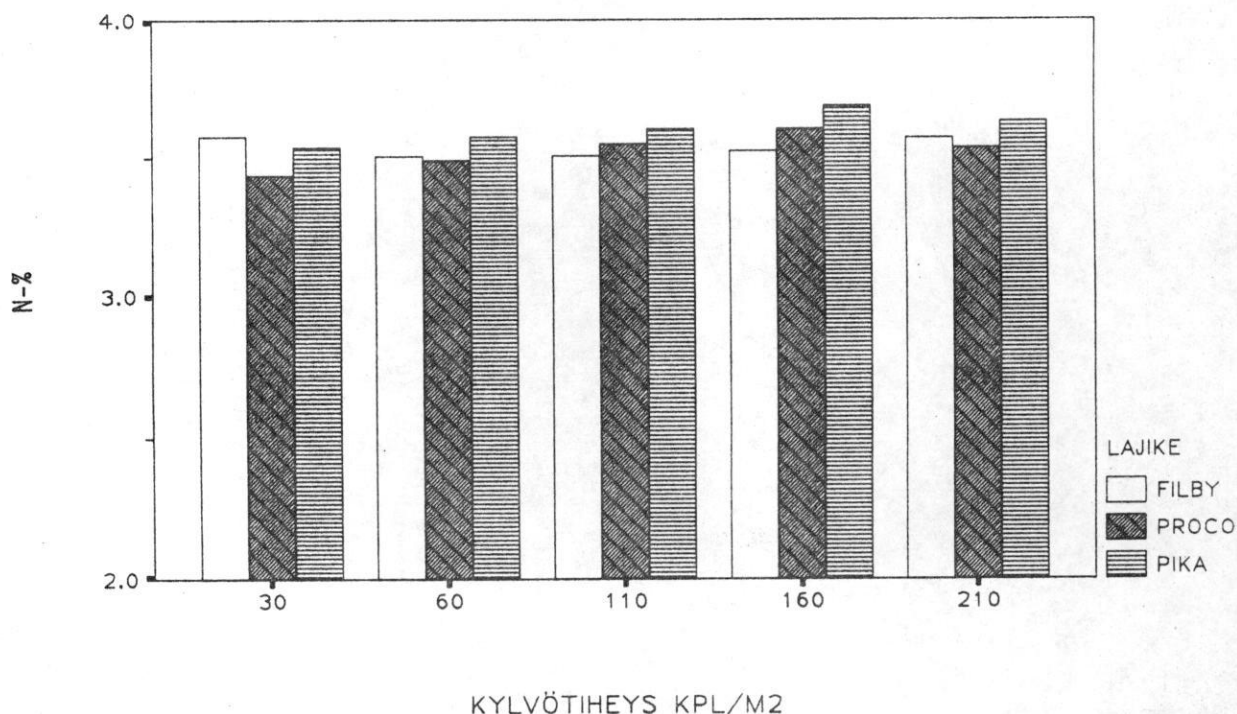
Lajike	Kuorien N-%					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	0,78	0,71	0,77	0,87	0,91	0,81
Proco	0,69	0,64	0,67	0,75	0,76	0,70
Pika	0,62	0,54	0,55	0,60	0,67	0,60
Keskiarvo	0,70	0,63	0,66	0,74	0,78	0,70

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	0,08	0,10
Lajike x kylvöt.	NS		
Lajike	***		

2.2.4. Herneiden typpipitoisuus

Herneiden typpipitoisuus kasvoi tiheyden kasvaessa (kuvio 5). Lajikkeet suhtautuivat tiheyteen eri tavalla, sillä Filbyn herneiden typpipitoisuus oli korkeimmillaan harvimmassa kylvötiheydessä (3,58 %). Toiseksi suurin pitoisuus oli tiheimmässä kylvössä (3,57 %). Procon ja Pikan typpipitoisuudet olivat alimmillaan harvimmassa kasvustossa (Proco 3,44 %, Pika 3,54 %) ja korkeimmillaan tiheydessä 160 (Proco 3,60 %, Pika 3,69 %).

Kuvio 5. Tiheyden vaikutus herneiden typpipitoisuuteen



	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	**	0,08	0,10
Lajike x kylvöt.	*	0,14	0,17
Lajike	*		

2.2.5. Kasvinosien typpimäärä neliömetrillä

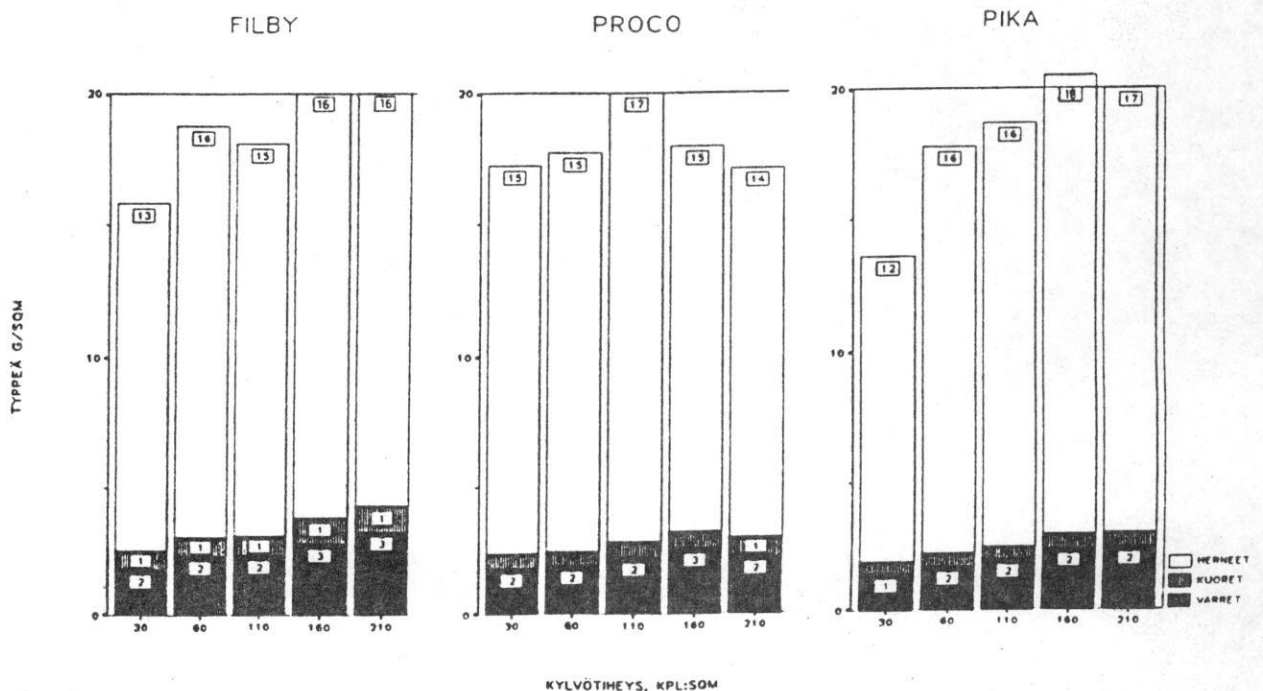
Koska varsien, palonkuorien ja herneiden määrä ja typpipitoisuus kasvoi, kasvoi myös niiden kokonaistyppimäärä neliömetrillä selvästi tiheyden kasvaessa (kuvio 6). Alhaisimmassa tiheydessä oli varsissa keskimäärin 1,6 grammaa ja kuorissa 0,62 grammaa typpeä neliömetrillä. Korkeimmassa tiheydessä oli varsissa 2,65 grammaa ja kuorissa 0,81 grammaa typpeä neliömetrillä.

Herneiden sisältämän typen määrä neliömetrillä oli korkeimmillaan tiheydessä 160 (16,18 g/m²). Proco poikkesi muista lajikkeista, sillä sen herneet sisälsivät typpeä selvästi eniten tiheydessä 110

(17,15 g/m²). Procon satoanalyysissä mitattu herneiden typpimäärä neliömetrillä oli muihin lajikkeisiin verrattuna paljon suurempi kuin puitujen näytteiden typpisato. Se johtuu siitä, että Procon puintitappiot olivat suuret. Käsien korjattaessa pienetkin siemenet saadaan talteen.

Kasvin sisältämän typen kokonaismäärä neliömetrillä käyttäytyi tiheyden suhteen kuten herneiden typen määrä. Harvimmassa kasvustossa tyypeä oli 15,5 grammaa, toiseksi tiheimmässä kasvustossa 19,5 grammaa neliömetrillä. Lajikkeet poikkesivat tiheyden suhteen toisistaan. Procon kasvusto sisälsi eniten tyypeä tiheydessä 110 (20,0 g/m²). Pikan kasvusto tiheydessä 160 (20,5 g/m²) ja Filbyn kasvusto tiheydessä 210 (20,2 g/m²).

Kuvio 6. Tiheyden vaikutus kasvinosien ja koko kasvin sisältämän typen määrään neliömetrillä.



	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Varret:			
Kylvötiheys	***	0,40	0,48
Lajike x kylvöt.	NS		
Kuoret:			
Kylvötiheys	***	0,14	0,17
Lajike x kylvöt.	NS		
Lajike	***		
Herneet:			
Kylvötiheys	***	1,96	2,39
Lajike x kylvöt.	*	3,39	4,14
Kasvi:			
Kylvötiheys	***	2,13	2,60
Lajike x kylvöt.	*	3,69	4,50

2.2.6. Siemenpaino

Satoanalyysissä mitattu siemenpaino milligrammoina vastaa tuhannen siemenen painoa. Niinpä tiheys vaikutti siihen saman suuntaisesti kuin tsp:hen. Kylvötiheys vaikutti kuitenkin voimakkaammin siemenpainoon (***) kuin tsp:hen (*).

Ero johtuu ilmeisesti siitä, että näytteet satoanalyysijä varten korjattiin käsin, jolloin korjuutappiot jäivät pieniksi. Tsp mitattiin koeruutupuimurilla puidusta sadosta. Pieniä siemeniä, joita on erityisen paljon harvimmassa kasvustossa, menee hukkaan puinnissa nostaen tsp:tä. Puinti vaikuttaa selvästi varsinkin pahan lakoutumisen vuoksi herkästi varisevan Procon tuhannen siemenen painoon.

Se, että satoanalyysin siemenpaino on tarkasta korjuusta huolimatta korkeampi kuin puitujen erien tsp, johtuu vuosien eroista. Vuonna 1983, jolloin satoanalyysiä ei tehty, oli tsp huomattavasti alhaisempi kuin vuosina 1985 ja 1986.

Taulukko 10. Kylvötiheyden vaikutus siemenpainoon

Siemenpaino, mg						
Lajike	Kylvötiheys					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	246,6	249,9	241,5	236,4	234,5	241,8
Proco	234,7	238,2	236,1	233,1	223,6	233,1
Pika	225,9	238,2	235,8	230,6	228,8	231,8
Keskiarvo	235,7	242,1	237,8	233,4	229,0	235,6

	F-arvon merkitsevyys	PME 5%	PME 1%
Kylvötiheys	***	7,49	9,14
Lajike x kylvöt.	NS		

2.2.7. Satoindeksi

Satoindeksi pieneni tiheyden kasvaessa. Kolmessa alhaisimmassa tiheydessä satoindeksi tosin oli lähes sama. Satoindeksi laski selvästi nimenomaan tiheyksien 110 ja 160 välillä. Tiheyden kasvaminen edelleen pienensi vain vähän satoindeksiä.

Lajikkeet suhtautuivat eri tavalla kylvötiheyden kasvuun. Filbyn satoindeksi laski melko tasaisesti. Pikan satoindeksi jopa kasvoi aluksi ja vastasi tiheimmässäkin kasvustossa lähes keskiarvoa. Procon satoindeksi laski selvimmin. Tiheyksien 110 ja 160 välillä lasku oli lähes seitsemän prosenttiyksikköä.

Taulukko 11. Tiheyden vaikutus satoindeksiin

Satoindeksi						
Lajike	Kylvötiheys					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	61,0	60,9	59,9	59,0	57,5	59,6
Proco	66,4	64,8	65,9	59,2	59,8	63,2
Pika	63,0	64,6	64,3	63,3	63,7	63,8
Keskiarvo	63,4	63,4	63,4	60,5	60,3	62,2

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	2,59	3,16
Lajike x kylvöt.	*	4,48	5,47
Lajike	**		

2.2.8. Typpisatoindeksi

Herneiden sisältämän typen osuus koko kasvin sisältämästä typestä eli typpisatoindeksi pieneni tiheyden kasvaessa. Tiheydessä 60 kasvin typestä oli herneessä keskimäärin 84,5 %, tiheydessä 110 lähes prosenttiyksikön vähemmän ja tiheydessä 160 yli kolme prosenttiyksikköä vähemmän. Tiheimmässä kasvustossa siemen sisälsi 81,5 prosenttia kasvin kokonaistypestä.

Lajikkeiden typpisatoindeksit poikkesivat selvästi toisistaan, mutta tiheyteen ne suhtautuivat samalla tavalla. Filbyn typpisatoindeksi oli korkeimmillaan 83,5, Procon 85,5 ja Pikan 87,5. Alimmillaan typpisatoindeksit olivat vastaavasti 78,8, 80,6 ja 84,3.

2.2.9. Kasvin paino

Yksittäisen kasvin painoa tiheyden kasvu laski huomattavasti. Tiheyden kaksinkertaistuminen laski kasvien keskipainoa noin kolmanneksen.

Taulukko 12. Tiheyden vaikutus yksittäisen kasvin painoon

Lajike	Kasvin paino, g					Keski- arvo
	Kylvötiheys					
	30	60	110	160	210	
Filby	15,7	16,9	12,0	9,0	6,4	12,0
Proco	22,0	12,5	10,3	5,7	4,7	11,0
Pika	17,0	12,2	7,4	6,1	5,0	9,5
Keskiarvo	18,2	13,9	9,9	6,9	5,4	10,9

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	3,29	4,01
Lajike x kylvöt.	*	5,69	6,95

Huom. Merkitsevyyteen vaikuttaa se, että harvimman kasvuston kasvustonäytteessä on Filbyn varret laskettu väärin. Sivuhaaroja on laskettu varsiksi.

2.2.10. Herneiden paino ja lukumäärä kasvia kohti

Herneiden paino kasvia kohti laski neljäsosaan, kun kylvötiheys kasvoi 30:sta 210 itävään siemeneen neliometrillä. Pikan herneiden paino kasvia kohti laski suhteellisesti vähemmän kuin muiden

lajikkeiden herneiden paino. Välillä 110 - 210 Pikan yksittäisten kasvien tuottamien herneiden paino laski kolmanneksella, Filbyn puolella ja Procon yli puolella.

Taulukko 13. Tiheyden vaikutus herneiden painoon kasvia kohti

Lajike	Herneitä per kasvi, g					Keski- arvo
	Kylvötiheys					
	30	60	110	160	210	
Filby	9,5	10,2	7,2	5,3	3,7	7,2
Proco	14,6	8,1	6,8	3,4	2,8	7,1
Pika	10,6	7,8	4,7	3,8	3,2	6,1
Keskiarvo	11,6	8,7	6,2	4,2	3,2	6,8
	F-arvon merkitsevyys			PME 5 %		PME 1 %
Kylvötiheys	***			2,19		2,68
Lajike x kylvöt.	*			3,80		4,64

Huom. Filbyn varret laskettu väärin tiheyden 30 kasvustonäyt-teessä.

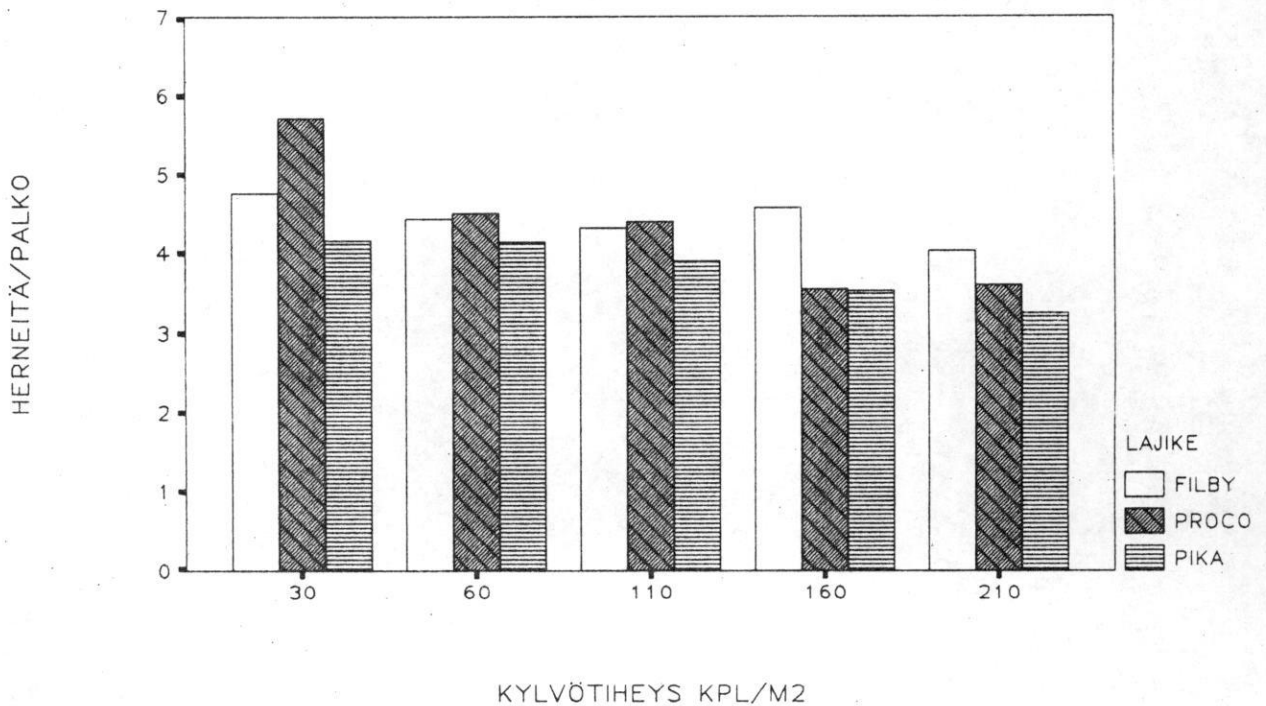
Herneiden lukumäärään kasvia kohti tiheys vaikutti samalla tavalla kuin herneiden painoon. Tiheydessä 110 herneitä oli keskimäärin kasvissa Filbyllä 30,6, Procolla 28,7 ja Pikalla 20,0. Tiheydessä 210 niitä oli vastaavasti 16,2, 12,6 ja 14,0.

2.2.11. Herneiden lukumäärä ja paino palkoa kohti

Sekä herneiden määrä että paino palkoa kohti laskivat tiheyden kasvaessa. Harvimmissa kasvustossa herneitä oli palossa keskimäärin 4,87, tiheimmässä kasvustossa 3,62. Vastaavat painot olivat 1,15 g ja 0,83 g.

Procon tiheyden muutos vaikutti enemmän kuin muihin lajikkeisiin. Procon herneiden määrä ja paino palkoa kohti oli noin 1,6, Pikan noin 1,3 ja Filbyn noin 1,2 kertaa suurempi harvassa kuin tiheässä kasvustossa.

Kuvio 7. Tiheyden vaikutus herneiden lukumäärään palkoa kohti



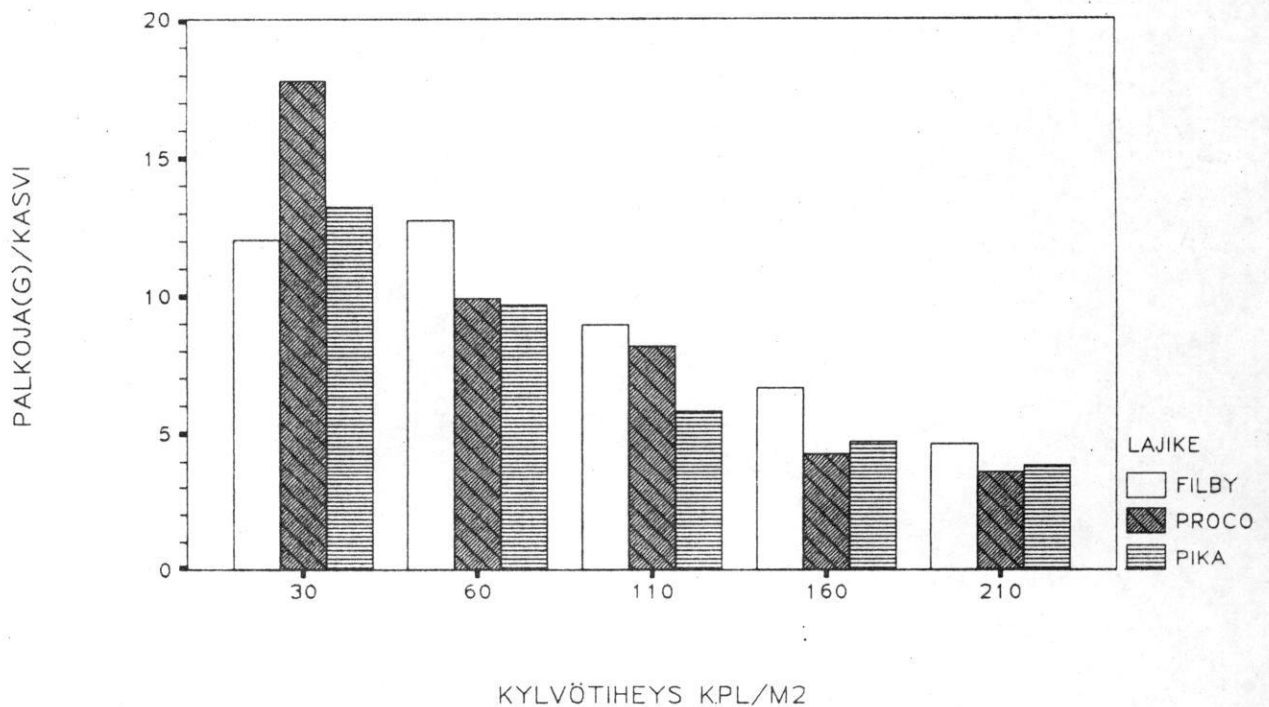
	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	0,55	0,67
Lajike x kylvöt.	*	0,95	1,16

2.2.12. Palkojen lukumäärä ja paino kasvia kohti

Palkojen määrä ja paino kasvia kohti laskevat huomattavasti tiheyden kasvaessa. Tiheydessä 60 palkoja oli kasvia kohti keskimäärin 8,24, tiheydessä 210 niitä oli 3,98. Kasvin palkojen yhteispaino putosi vastaavasti 10,78 grammasta 4,03 grammaan. Paino putosi siten suhteellisesti enemmän kuin määrä.

Tiheyden kasvu vaikutti Pikaan vähemmän kuin muihin lajikkeisiin. Tiheydessä 60 oli Filbyn ja Procon palkojen paino noin 2,75 ja Pikan palkojen paino 2,5 kertaa suurempi kuin tiheydessä 210. Vastaava palkojen määrän muutosta kuvaava suhdeluku oli Filbyllä 2,27, Procolla 2,1 ja Pikalla 1,85. Procon kylvötiheyden muutos 110:stä 160:een vaikutti selvästi voimakkaammin kuin Filbyyn ja Pikaan.

Kuvio 8. Tiheyden vaikutus palkojen painoon kasvia kohti



	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	2,78	3,37
Lajike x kylvöt.	*	4,81	5,87

Taulukko 14. Tiheyden vaikutus palkojen määrään kasvia kohti

Lajike	Palkoja per kasvi, kpl					Keski- arvo
	Kylvötiheys					
	30	60	110	160	210	
Filby	8,2	9,3	6,9	5,1	4,1	6,7
Proco	10,6	7,5	6,5	4,2	3,6	6,5
Pika	11,1	8,0	5,1	4,7	4,3	6,6
Keskiarvo	10,0	8,2	6,2	4,7	4,0	6,6

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	1,39	1,70
Lajike x kylvöt.	**	2,41	2,94

Huom. Filbyn varret laskettu väärin tiheydessä 30.

2.2.13. Orastumisprosentti

Satoanalyysin yhteydessä laskettiin orastumisprosentti varsien lukumäärän perusteella.

Laskukaava oli siis (varsien lukumäärä x 100) : kylvötiheys.

Keskimääräinen orastumisprosentti laski 86,1:stä 64,5:een kun kylvötiheys nousi 60:sta 210:een.

Lajikkeiden suhtautumisessa tiheyteen oli eroa. Vain Pikan orastumisprosentti laski aina tiheyden kasvaessa. Procon orastumisprosentti oli alimmillaan normaalitiheydessä (110), Filbyn orastumisprosentti toiseksi tiheimmässä kasvustossa.

Taulukko 15. Tiheyden vaikutus orastumisprosenttiin

Orastumis-% pellolla						
Lajike	Kylvötiheys					Keskiarvo
	30	60	110	160	210	
Filby	130,0	77,9	60,5	56,7	60,5	77,1
Proco	105,8	85,8	64,8	71,4	65,4	78,6
Pika	100,0	94,6	84,8	76,7	67,9	84,8
Keskiarvo	111,9	86,1	70,0	68,3	64,6	80,2

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	***	15,77	19,24
Lajike x kylvöt.	*	27,31	33,32

2.2.14. Laskennallinen sato

Eri satokomponenttien perusteella laskettiin laskennallinen sato. Se saatiin kertomalla keskenään varsien lukumäärä neliometrillä, palkojen lukumäärä kasvissa, herneiden lukumäärä palossa ja siemenpaino.

Laskennallinen sato oli yli 2000 kg/ha korkeampi kuin toteutunut sato, mutta suhtautui tiheyteen samalla tavalla kuin toteutunut sato. Pikan laskennallinen sato oli korkeimmillaan tiheydessä 160 (5557 kg/ha), Procon tiheydessä 110 (5655 kg/ha) ja Filbyn tiheydessä 160 (5634 kg/ha). Procon toteutunut sato jäi enemmän laskennallisesta sadosta kuin muiden lajikkeiden toteutunut sato.

Taulukko 16. Tiheyden vaikutus laskennalliseen satoon

Lajike	Laskennallinen sato, kg/ha					Keski- arvo
	30	60	110	160	210	
Filby	4372	5254	4995	5435	5240	5059
Proco	5050	5103	5655	4764	4670	5049
Pika	3859	5108	5240	5557	5428	5038
Keskiarvo	4427	5155	5296	5252	5113	5049

	F-arvon merkitsevyys	PME 5 %	PME 1 %
Kylvötiheys	**	653,30	797,22
Lajike x kylvöt.	*	1131,54	1380,82

2.2.15. Vuosien vaikutus tutkittaviin ominaisuuksiin

Vuodet vaikuttivat erittäin merkitsevästi (***) lähes kaikkiin ominaisuuksiin. Vain kypsyminen ja typpisatoindeksi olivat joka vuosi samanlaisia (NS). Myöskin lakoon vuosien vaikutus oli vain suuntaa antava (0).

3. TULOSTEN TARKASTELU

3.1. Sato ja sadon laatu

Puolilehdettömille ja lehdettömille herneille sopii tiheämpi kylvö kuin perinteisille lajikkeille. Puolilehdetön Pika tuotti kokeissa parhaan hehtaarisadon, keskimäärin 4080 kg, kun kylvötiheys oli 160 kpl/m². Tiheimmässä kasvustossa sato jäi yli 100 kg alhaisemmaksi. Perinteisille lehdellisille herneille suositellussa 110 siemenen kylvötiheydessä Pikan sato jäi 400 kg parhaista sadoista.

Procon sato oli 110 siemenen neliömetritiheydessä 2780 kg. Tiheyden kasvaessa tai pienetessä sato laski 200 - 300 kg. Lehdettömän Filbyn sato oli korkeimmillaan kahdessa tiheimmässä kasvustossa. Keskimäärin hehtaarisato niissä oli 3440 kg.

Tulokset sopivat yhteen ulkomaisten tutkimusten tulosten kanssa. Niiden mukaan vähän kasvutilaa vaativien, heikosti kilpailevien hernetyyppien pinta-alasadot nousevat jyrkästi kasvuston tiheyden kasvaessa. Nousu jatkuu vielä, kun voimakkaasti keskenään kilpailevien kasvien pinta-alasato kääntyy laskuun. Lehdelliset herneet ovat voimakkaita kilpailijoita. Kasvin lehtipinnan vähetessä sen kilpailutaipumuskin vähenee (HEDLEY ja AMBROSE 1981, HEDLEY ym. 1983, COUSIN ym. 1985).

Oikean kasvutiheyden saavuttaminen on ongelmallista, sillä taimettuvuus pellolla on pienempi kuin kylvötiheys. Lisäksi taimettuvuus pellolla laskee hieman kylvötiheyden kasvaessa, eli kasvi- tiheys ei kasva aivan samassa suhteessa kuin kylvötiheys (BINGEFORS 1978).

Jokioisten kokeissa pellolla taimettuneiden siementen osuus kylve- tyistä itävistä siemenistä oli harvassa kylvössä selvästi suurempi kuin tiheässä. Keskimääräinen taimettuvuusprosentti laski 88,7:stä 75,3:een, kun kylvötiheys nousi 60:sta 210:een. Pikan ja Filbyn taimettuvuudet laskivat enemmän kuin Procon.

Taimettuvuus vaihtelee vuosittain siemenen kunnosta sekä kylvö- ja sääoloista riippuen. Vuonna 1985 pellolla taimettui 95 prosenttia itävistä siemenistä. Kahtena muuna koevuonna taimettuminen jäi noin 80 prosenttiin. Tärkeitä huonon taimettumisen syitä ovat siemenen heikko elinvoima, halkeamat siemenen kuoressa, maan märkyys ja viilleys, tiivistynyt maa sekä sienitaudit (MATTHEWS 1977, POWELL ja MATTHEWS 1979, TUDOR ja MCGOWAN 1985).

Kokeissa Pikasta saatiin paras sato, kun kasviyksilöitä oli 120 - 130 neliömetrillä. Tämän kasvutiheyden saavuttaminen vaati noin 160 itävän siemenen kylvötiheyttä. Koetulosten ja kirjallisuuden perusteella voidaan päätellä, että tavoiteltavaan taimitiheyteen pääsemiseksi olisi kylvömäärää laskettaessa huomioitava pellolla sattuva taimettumistappio (5 - 20 prosenttia). Kylvösiemenmäärä saataisiin siten seuraavan laskukaavan avulla:

Kylvö-

$$\text{siemen- määrä kg/ha} = \frac{\text{kylvötiheys (kpl/m}^2\text{)} * 1000 \text{ sp (g)}}{\text{itävyys (\%)}} * \frac{100}{(100 - \text{taimettumistappio})}$$

Tuleentuminen tasaantui ja kasvuaika lyheni tiheyden kasvaessa, Pikalla ja Filbyllä kolme vuorokautta, Procolla puolitoista. Myös kukinnan kesto lyheni, Pikalla eniten eli kuusi vuorokautta.

Tuleentumisen ja kukinnan tasaantuminen on yllättävää ulkomaisten tutkimusten perusteella. HEDLEYn ja AMBROSEN (1981) mukaan nimitäin tiheässä kasvustossa kasvien kasvunopeuden vaihtelut ovat suuria. Suhteellisen kasvunopeuden vaihtelu johtuu koventuneesta kilpailusta ja on sitä suurempaa mitä kovempaa kilpailu on. Lehdettömiin herneisiin tiheys vaikuttaa tässä suhteessa vähemmän kuin lehdellisiin herneisiin.

Tiheyden vaikutus lakoutumiseen oli vähäinen verrattuna lajikkeen vaikutukseen. Pikan lakoprosentti laski 19:stä 14:een ja Filbyn 25:stä 12:een tiheyden kasvaessa. Procon lakoutuvuus taas nousi 84:stä 96:een prosenttiin.

BINGEFORSin (1978) kokeissa kylvötiheys ei paljon lakoutumiseen vaikuttanut, mutta SNOAD (1980) havaitsi parhaan laonkeston syntyvän tiheissä kasvustoissa. Hän arveli tähän vaikuttavan varsien hoikkenemisen tiheässä kasvustossa, jolloin keskionkalot jäävät pienemmiksi, ja kasvi pysyy paremmin pystyssä. Lehdettömien herneiden kärhet auttavat kasvustoa pysymään pystyssä (MCKERRON ja THOMPSON 1983). Ilmeisesti on niin, että mitä tiheämpi kasvusto on, sitä tehokkaammin lehdettömät ja puolilehdettömät herneet pitävät kärhien avulla toisiaan pystyssä.

Ensiluokkaisten herneiden osuus kasvoi tiheyden kasvaessa. Pikalla ensiluokkaisten osuus tosin lähti laskuun keskimmäisen tiheyden jälkeen. Silti sillä oli tiheässäkin kasvustossa ensiluokkaisia herneitä lähes kymmenen prosenttia enemmän kuin Procolla ja Filbyllä. Rikkaherneiden osuus laski tiheyden kasvaessa. Roskaherneitä oli normaalia kylvötiheyttä käytettäessä eniten.

Puintikosteus laski tiheyden kasvaessa. Pikan kosteus laski kymmenen, Procon seitsemän ja Filbyn viisi prosenttiyksikköä. Tuhannen siemenen paino laski jonkin verran tiheyden kasvaessa. Keitto-laatuun kylvötiheys ei vaikuttanut. Eräs mielenkiintoinen seikka oli, että valkuaispitoisuus ei viljakasvien tapaan laskenut kylvötiheyden ja satojen kasvaessa. Suuntaus oli pikemminkin päinvastainen, erityisesti Pikalla, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.

3.2. Satoanalyysi

Toisiaan vastaavien satoanalyysituloksien ja puimalla korjatun sadon tuloksien välillä on joitakin eroja. Syy löytyy korjuutapojen tarkkuuseroista. Puinnissa runsaasti varisevat pienet siemenet saatiin satoanalyysinäytteitä käsin korjattaessa hyvin mukaan. Lakoutuminen ei aiheuttanut korjuutappioita.

Satoanalyysissä mitatussa herneiden typpipitoisuudessa tiheyden typpipitoisuutta nostava vaikutus näkyi selvemmin kuin puiduissa näytteissä. Procon ja Pikan typpipitoisuudet olivat alimmillaan

harvimmassa kasvustossa ja korkeimmillaan toiseksi tiheimmässä kasvustossa. Muutoksen suuruus oli 0,15 prosenttiyksikköä. Filbyn herneiden typpipitoisuus suhtautui tiheyteen epäsäännöllisemmin.

Herneiden sisältämän typen osuus koko kasvin sisältämästä tpeestä laski tiheyden kasvaessa. Tähän vaikutti varsien ja palonkuorien typpipitoisuuden voimakas nousu tiheyden kasvaessa. Kaiken kaikkiaan kasvit siirsivät kyllä tehokkaasti typpeä herneille, sillä 60 itävän siemenen neliömetritiheydessä herneissä oli keskimäärin 84,5 % ja tiheimmässä kasvustossakin vielä 81,5 % kasvin kokonaisuudesta. Typen siirtymisteho on tosin paljolti lajikeominaisuus, sillä COUSIN ym. (1985) totesivat, että joillakin lajikkeilla yli puolet valkuaisesta voi jäädä lehtiin.

Kylvötiheyden nousu laski voimakkaammin satoanalyysissä mitattua siemenpainoa kuin puidusta sadosta mitattua tuhannen siemenen painoa. Satoanalyysinäytteissä pienetkin siemenet saatiin tuloksiin mukaan. Myös AIKASALO (1987) on todennut kasvavan kylvötiheyden alentavan siementen painoa.

Keskimäärin satoindeksi laski selvästi tiheyksien 110 ja 160 välillä. Selvimmin ilmiö vaikutti Procoon, jonka satoindeksi laski mainitulla välillä lähes seitsemän prosenttiyksikköä. Filbyn satoindeksi laski melko tasaisesti, ja Pikan satoindeksi jopa kasvoi aluksi tiheyden kasvaessa.

Myös HEDLEY ja AMBROSE (1981) totesivat, että lehdellisen ja lehdettömän herneen satoindeksi ei juuri muuttunut sadan kasvin neliömetritiheydessä, vaan biologisesta sadosta puolet koostui siemenistä kuten harvimmassakin kasvustossa. Kun tiheyttä lisättiin edelleen neljänsataan kasviin neliömetrillä, siementen osuus putosi kolmannekseen. Myöhemmin HEDLEY ja AMBROSE (1985) totesivat herneiden satoindeksin vaihtelevan paljon enemmän kuin viljojen satoindeksien.

Herneiden paino kasvia kohti laski neljäsosaan kylvötiheyden seitsemänkertaistuessa eli muuttuessa harvimmasta tiheimpään. Kasvutilan pienetessä yksittäisen kasvin pinta-ala pienenee (FALLOON ja WHITE 1980), jolloin sadontuottokapasiteetti laskee.

Jokioisten kokeissa kokonaisten kasvien keskipaino laski kolmanneksen, kun tiheys kaksinkertaistui. HEDLEY ja AMBROSE (1981) totesivat lisäksi, että kylvötiheys vaikuttaa jyrkemmin yksittäisten kasvien siemensatoon kuin biologiseen satoon. Jokioisissa kylvötiheys vaikutti vähemmän Pikan kuin kahden muun lajikkeen herneiden painoon kasvia kohti.

Herneiden painon putoaminen kasvia kohti koostui lähes pelkästään herneiden määrän vähenemisestä. Kylvötiheysvälillä 110 - 210 kpl/m² Pikan yksittäisten kasvien tuottamien herneiden määrä laski kolmanneksella, Filbyn lähes puolella ja Procon yli puolella. Myös FALLOON ja WHITE (1980) totesivat, että siemenaiheista kehittyy pienempi osa tiheässä kuin harvassa kasvustossa. Herneiden määrän vähenemisen kasvuston tihetessä ovat todenneet myös KELLY 1984, HARDWICK 1985 ja COUSIN ym. 1985.

BINGEFORS (1978) havaitsi, että tiheän kasvuston paloissa oli normaalia vähemmän herneitä. Siementen koko oli kuitenkin lähes sama eri tiheyksissä. Sama todettiin Jokioisten kokeissa. Sekä herneiden määrä että paino palkoa kohti laskivat neljänneksellä harvimmasta tiheimpään kasvustoon siirryttäessä. Procon tiheyden muutos vaikutti enemmän kuin muihin lajikkeisiin, sillä sen herneiden määrä ja paino palkoa kohti olivat noin 1,6 kertaa suurempia harvassa kuin tiheässä kasvustossa.

Myös palkojen määrä ja paino kasvia kohti laskivat huomattavasti koventuneesta kilpailusta johtuen tiheyden kasvaessa. FALLOON ja WHITE (1980) totesivat palkojen määrän kasvia kohti putoavan suhteellisesti enemmän kuin herneiden määrän palkoa kohti, kun tiheys kasvaa. Sama todettiin Jokioisten kokeissa: siirryttäessä tiheydestä 60 tiheyteen 210, palkojen määrä ja paino kasvia kohti putosivat alle puoleen. Paino putosi suhteellisesti enemmän kuin määrä, eli palot myös kevenivät. Kylvötiheyden muutos tiheydestä 110 tiheyteen 160 vaikutti Procon selvästi voimakkaammin kuin Filbyyn ja Pikaan. Kokeen tulokset vahvistivat siis niitä ulkomaisia koetuloksia, joiden mukaan kasvuston tiheneminen vaikuttaa lehdettömien ja puolilehdettömien herneiden kasvuun vähemmän kuin lehdellisten herneiden kasvuun (mm. HEDLEY ja AMBROSE).

Huomion arvoinen seikka on, että vuodet vaikuttivat erittäin merkittävästi lähes kaikkiin tutkittuihin ominaisuuksiin. Vaikka käytetty kylvösiemen olisikin aina elinvoimaista, vaikuttavat säät ja maan kunto suuresti herneen kehitykseen ja satoihin (BINGEFORS 1978). Jokioisten kokeissa vuosien väliset satovaihtelut olivat suuret. Vuosi 1985 oli sääoloiltaan herneen kasvulle edullinen, mutta korjuussa oli suuria ongelmia. Lakoutuminen ja maan märkyys aiheuttivat korjuutappioita. Heikkosatoisimpana vuonna 1986 kylvö myöhästyi kymmenen päivää muihin vuosiin verrattuna. Lisäksi maa muokattiin hieman liian aikaisin, jolloin kasvualustasta tuli kokkareinen. Siksi orastuminen oli heikkoa ja epätasaista. Kevät-kesällä herne kärsi kuivuudesta, jota sadetus ei täysin pystynyt kompensoimaan. Lopuksi vielä korjuukausi oli hyvin märkä ja vaikea. Kylvötiheyden ja lehtityypin vaikutusta stressinsietokykyyn ei tässä kokeessa kuitenkaan suoranaisesti tutkittu.

KIRJALLISUUS

- AIKASALO, R. 1987. Uusien hernetyyppien viljelytekniikka. Puoli-lehdettömillekin sopii perinteisten lajikkeiden kylvötiheys. Koe-toim. ja Käyt. 24.3.1987: 12 - 15.
- AMBROSE, M. J. & HEDLEY, C. L. 1984. A population study to aid the selection of improved dried pea crop plants. *Ann. Bot.* 53: 655 - 662.
- BELFORD, R. K., CANNELL, R. Q., THOMPSON, R. J. & DENNIS, C. W. 1980. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of peas. *J. Sci. Fd Agric.* 31: 857 - 869.
- BINGEFORS, S. 1978. Utsädesmängdens inverkan på fröavkastningen av olika sorttyper hos ärter. *Sver. Utsädesför. Tidskr.* 88: 55 - 71.
- COUSIN, R. MESSAGER, A. & VINGERE, A. 1985. Breeding for yield in combining peas. *The Pea Crop.* p. 115 - 129. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- CUTCLIFFE, J. A. 1982. Effects of seed spacing on yield of green peas. *Can. J. Plant. Sci.* 62: 1019 - 1022.
- DANTUMA, G. & GRASHOFF, C. 1984. Vegetative and reproductive growth of faba beans as influenced by water supply. *World Crops: Production. Utilization. Description.* 10: 61 - 69.
- DAWKINS, T. C. K. & Mc GOWAN, M. 1985. The influence of soil physical conditions on the growth, development and yield of vining peas. *The Pea Crop.* p. 153 - 162. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- EASTIN, J. A. & GRITTON, E. T. 1969. Leaf area development, light interception and the growth of canning peas in relation to plant population and spacing. *Agron. J.* 61: 612 - 615.
- FALLOON, P. G. & WHITE, J. G. H. 1980. Development of reproductive structures in field peas at different densities. *N.Z.J. Agric. res.* 23: 243 - 248.
- FLINN, A. M., ATKINS, C. A. & PATE, J. S. 1977. Significance of photosynthetic and respiratory exchanges in the carbon economy of the developing pea fruit. *Plant Physiol.* 60: 412 - 418.
- & PATE, J. S. 1970. A quantitative study of carbon transfer from pod and subtending leaf to the ripening seeds of the field pea. *J. Exp. Bot.* 21: 71 - 82.
- GANE, A. J. The pea crop - agricultural progress, past, present and future. *The Pea Crop.* p. 3 - 15. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- HARDWICK, R. C. 1985. Yield components and processes of yield production in vining peas. *The Pea Crop.* p. 317 - 326. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.

- HARVEY, D. M. 1972. Carbon dioxide photoassimilation in normal-leaved and mutant forms of *Pisum sativum* L. *Ann. Bot.* 36: 981 - 991.
- 1974. The translocation of C₃-photoassimilate from normal and mutant leaves to the pods of *Pisum sativum* L. *Ann. Bot.* 38: 327 - 335.
 - 1977. Photosynthesis and translocation. *The Physiology of the Garden Pea*. p. 315 - 348. Ed. SUTCLIFFE, J. F. & PATE, J. S.
 - 1978. The photosynthetic and respiratory potential of the fruit in relation to seed yield of leafless and semi-leafless mutants of *Pisum sativum* L. *Ann. Bot.* 42: 331 - 336.
 - 1980. Seed production in leafless and conventional phenotypes of *Pisum sativum* L. in relation to water availability within a controlled environment. *Ann. Bot.* 45: 673 - 680.
 - 1983. Competition for assimilates within and between pods as a factor in the regulation of seed size in *Pisum sativum*. *Temperate legumes*. p. 147 - 156. Ed. JONES, D. G. & DAVIES, D. R.
 - & GOODWIN, J. 1978. The photosynthetic net carbon dioxide exchange potential in conventional and 'leafless' phenotypes of *Pisum sativum* L. in relation to foliage area, dry matter production and seed yield. *Ann. Bot.* 42: 1091 - 1098.
 - , HEDLEY, C. L. & KEELY, R. 1976. Photosynthetic and respiratory studies during pod and seed development in *Pisum sativum* L. *Ann. Bot.* 40: 993 - 1001.
- HEATH, M. C. & HEBBLETHWAITE, P. D. 1984. A basis for improving the dried pea crop. *Outlook on Agric.* 13: 195 - 202.
- & HEBBLETHWAITE, P. D. 1985. Agronomic problems associated with the pea crop. *The Pea Crop*. p. 19 - 29. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- HEBBLETHWAITE, P. D. & Mc GOVAN, M. 1980. The effects of soil compaction on the emergence, growth and yield of sugar beat and peas. *J. Sci. Fd Agric.* 31: 1131 - 1142.
- HEDLEY, C. L. & AMBROSE, M. J. 1979. The effects of shading on the yield components of six 'leafless' pea genotypes. *Ann. Bot.* 44: 469 - 478.
- & AMBROSE, M. J. 1981. Designing 'leafless' plants for improving yields of the dried pea crop. *Adv. Agron.* 34: 225 - 277.
 - , AMBROSE, M. J. & PYKE, K. A. 1983. Designing an improved pea crop plant. *World Crops* 8: 52 - 58.
 - & AMBROSE, M. J. 1985. The application of plant physiology to the development of dried pea crop plants. *The Pea Crop*. p. 95 - 104. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.

- HOBBS, S. L. A. & MAHON, J. D. 1985. Genetic, environmental and interactive components of photosynthesis in peas. *The Pea Crop*. p. 307 - 315. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- HOLE, C. C. & HARDWICK, R. C. 1976. Development and control of the number of flowers per node in *Pisum sativum* L. *Ann. Bot.* 40: 707 - 722.
- HOVINEN, S. 1985. Hankkijan Tammi - ensimmäinen Afilaherne. *Kylvösiemen* 24, 2: 38 - 39.
- 1987a. Uusia lehdettömiä hernelajikkeita. *Kylvösiemen* 26, 1: 22 - 25.
- 1987b. Kasvinjalostuksen mahdollisuudet palkoviljojen viljelyvarmuuden lisäämisessä. *Suom. Maatal. tiet. Seur. Julk.* 9: 124 - 131.
- JACKSON, M. B. 1979. Rapid injury to peas by soil waterlogging. *J. FSci. d Agric.* 30: 143 - 152.
- 1985. Responses of leafed and leafless peas to soil waterlogging. *The Pea Crop*. p. 163 - 172. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- KELLY, D. 1984. Seeds per fruit as a function of fruits per plant in 'depauperate' annuals and biennials. *New Phytol.* 96: 103 - 114.
- KING, J. M. 1967. Vining peas: Plant populations and profitability. *Agric.* 74: 167 - 170.
- KNOTT, C. M. 1985. Herbicides for peas - principles and practices in the UK. *The Pea Crop*. p. 267 - 275. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- KONTTURI, M. & RANTANEN, O. 1986. Tuloksia virallisista lajikekokeista. *Koetoim. ja Käyt.* 8.4.1986: 19 - 22.
- KRUGER, N. S. 1977. The effect of plant density on leaf area index and yields of *Pisum sativum* L. *Queensland J. Agric. Anim. Sci.* 34: 35 - 52.
- KUJALA, V. 1953. Felderbse, bei welcher die gauze Blattspreite in Ranken umgewandelt ist. *Vanamon Tied.* 8: 44 - 45.
- KÖYLIJÄRVI, J. 1987. Herne. Peltokasvilajikkeet 1987 - 88. *Tieto tuottamaan* 45: 39 - 45. Ed. POUTIAINEN, E., MARKKULA, M., SALLASMAA, S., SIITONEN, M., KINANEN, M.
- LAFOND, G., ALI-KHAN, S. T. & EVANS, L. E. 1981. Comparison of near-isogenic leafed, leafless, semi-leafless and reduced stipule lines of peas for yield and associated traits. *Can. J. Pl. Sci.* 61: 463 - 465.

- & EVANS, L. E. 1981. A comparative study of conventional, leafless and semi-leafless phenotypes of peas: Photosynthetic CO₂ fixation in vitro. *Can. J. Pl. Sci.* 61: 665 - 671.
- LOVELL, P. H. & LOVELL, P. J. 1970. Fixation of CO₂ and export of photosynthate by the carpel in *Pisum sativum*. *Physiol. Plant.* 23: 316 - 322.
- LYNDON, R. F. 1977. The shoot apical meristem. *The Physiology of the Garden Pea*. p. 183 - 211. Ed. SUTCLIFFE, J. F. & PATE, J. S.
- MAC KERRON, D. K. L. & THOMPSON, R. 1983. Canopy performance in contrasting genotypes of pea. *World Crops* 8: 139 - 145.
- MARX, G. A. 1968. Influence of genotype and environment on senescence in peas. *Pisum sativum* L. *Bioscience* 18: 505 - 506.
- MATTHEWS, P. & ARTHUR, E. 1985. Genetic and environmental component of variation in protein content of peas. *The Pea Crop*. p. 369 - 381. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- 1977. Field emergence and seedling establishment. *The Physiology of the Garden Pea*. p. 83 - 118. Ed. SUTCLIFFE, J. F. & PATE, J. S.
- MC COMB, A. J. 1977. Control of root and shoot development. *The Physiology of the Garden Pea*. p. 235 - 263. Ed. SUTCLIFFE, J. F. & PATE, J. S.
- MEADLEY, J. T. & MILBOURN, G. M. 1970. The growth of vining peas. II. The effect of density of planting. *J. Agric. Sci.* 74: 273 - 278.
- MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. 1987. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979 - 86. *Maatal. tutkimuskesk. tied.* 7/87.
- MÄKINEN, Y. 1978. *Tilastotiedettä biologeille*. 4. painos. 306 p.
- NICHOLS, M. A., RAGAN, P. & FLOYD, R. M. 1985. Temperature and plant-density studies with vining peas. *The Pea Crop*. p. 173 - 184. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- PATE, J. S. 1977. The pea as a crop plant. *The Physiology of the Garden Pea*. p. 469 - 484. Ed. SUTCLIFFE, J. F. & PATE, J. S.
- 1985. Physiology of pea - a comparison with other legumes in terms of economy of carbon and nitrogen in whole-plant and organ functioning. *The Pea Crop*. p. 279 - 296. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- & FLINN, A. M. 1973. Carbon and nitrogen transfer from vegetative organs to ripening seeds of field pea. *J. Exp. Bot.* 24: 1090 - 1099.

- & FLINN, A. M. 1977. Fruit and seed development. The Physiology of the Garden Pea. p. 431 - 468. Ed. SUTCLIFFE, J. F. & PATE, J. S.
- PERRY, D. A. & HARRISON, J. G. 1970. The deleterious effect of water and low temperature on germination of pea seed. J. Exp. Bot. 21: 504 - 512.
- POWELL, A. A. 1985. Impaired membrane integrity - a fundamental cause of seed-quality differences in peas. The Pea Crop. p. 383 - 394. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- & MATTHEWS, S. 1978. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. J. Exp. Bot. 29: 1215 - 1229.
- & MATTHEWS, S. 1979. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. J. Exp. Bot. 30: 193 - 197.
- PRICE, D. N. & HEDLEY, C. L. 1980. Developmental and varietal comparisons of pod carboxylase levels in *Pisum sativum* L. Ann. Bot. 45: 283 - 294.
- PYKE, K. A. & HEDLEY, C. L. 1982. Comparative studies within and between seed and seedling populations of leafed and leafless and semileafless genotypes of *Pisum sativum*. Euphytica 31: 921 - 931.
- & HEDLEY, C. L. 1983. The effect of foliage phenotype and seed size on the crop growth of *Pisum sativum*. Euphytica 32: 193 - 203.
- & HEDLEY, C. L. 1985. Growth and photosynthesis of different pea phenotypes. The Pea Crop. p. 297 - 305. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T. C. K.
- ROBERTS, E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. Seed. Sci. Technol. 1: 499 - 514.
- RUOKOLA, A. 1983. Laonkestävät hernelajikkeet tautisuusvertailussa. Koetoim. ja Käyt. 22.3.1983: 14 - 15.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. 1971. Statistical methods. 6. painos. 593 p.
- SNOAD, B. 1980. The origin, performance and breeding of leafless peas. Adas Quart. Rev. 37: 69 - 86.
- 1981. Plant form, growth rate and relative growth rate compared in conventional, semileafless and leafless peas. Sci. Hort. 14: 9 - 18.
- 1983. Improving the pea crop. World Crops 8: 101 - 112.
- 1985. The need for improved pea-crop plant ideotypes. The Pea Crop. p. 31 - 41. Ed. HEBBLETHWAITE, P. D., HEATH, M. C. & DAWKINS, T.C.K.

- & ARTHUR, A. E. 1974. Genotype - environment interactions in peas. *Theor. appl. Genet.* 44: 222 - 231.
- , FRUSCIANTE, L. & MONTI, L. M. 1985. The effects of three genes which modify leaves and stipules in the pea plant *Theor. appl. Genet.* 70: 322 - 329.
- SOLOLEV, V. K. 1958. Novye formy lushilnovo ovashnovo goroha. *Agrobiologia* 5: 124 - 126.
- THOMSON, B. F. & MILLER, P. M. 1961. Growth patterns of pea seedlings in darkness and in red and white light. *Am. J. Bot.* 48: 256 - 261.
- WHITE, J. G. H. & ANDERSON, J. A. D. 1974. Yield of green peas I. Responses to variation in plant density and spatial arrangement. *N.Z.J. Exp. Agric.* 2: 159 - 164.
- , SHEATH, G. W. & MEIJER, G. 1982. Yield of garden peas - field responses to variation in sowing rate and irrigation. *N.Z.J. Exp. Agric.* 10: 155 - 160.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailla. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -ta-
van vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuk-
siin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnytt-
jande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaiistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määrittäminen. 67 p. + 12
liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13.
Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalysetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanniskasvien lajikekokeiden
tuloksia vuosilta 1979-1982. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus kevät-
vehnän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979
Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK:n julkaisuista 1983. 74 p.

2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailla. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.
4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-1983. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualustan ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaatilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-1983. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maala-jeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.

22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.
23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteen kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina. III Kompostin arvo lannoitteena. 52 p.

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.
2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIH-VOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.
3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakoikeissa 1970-luvulla. 270 p.
4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.
5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.
6. TURTOLO, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.
8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.
9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakki sitomiskyky. 25 p.
10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.
11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.
12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.
13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.
14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.

15. MÄKELÄ, K. Talven aikana kuolleiden ryhmäruusujen versoissa esiintyvä sienilajisto vuosina 1976-1982. 13 p. + 8 liitettä.
16. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1977-1984. 168 p. + 4 liitettä.
17. SÄKÖ, J. Maatalouden tutkimuskeskuksen puutarhaosastolla Piikkiössä kokeillut ja kokeiltavana olevat omenalajikkeet. Perusrungon merkitys omenapuiden talvehtimisessä 1983-1984.
SÄKÖ, J. & LAURINEN, E. Omenapuiden harjuistutus.
HIIRSALMI, H. & SÄKÖ, J. Mansikan jalostus johtanut tulokseen.
18. ETTALA, E., SUVITIE, M., VIRTANEN, E., PITKÄNEN, T., ZITTING, M., NÄSI, M., TUOMIKOSKI, T. & NISKANEN, M. Metsä- ja maatalouden sivutuotteet lihamullien rehuna. 51 p.
19. MANNER, R. & AALTONEN, T. Pitko-syysvehnä. 6 p. + 27 liitettä.
20. MANNER, R. & AALTONEN, T. Kartano-syysruis. 5 p. + 13 liitettä.
21. ANISZEWSKI, T. Lupiini viljelykasvina. 134 p.
22. HUOKUNA, E., JÄRVI, A., RINNE, K. & TALVITIE, H. Nurmipalkokasvit puhtaana kasvustona ja heinäseoksena. p. 1-12.
HUOKUNA, E. Apilan pahkahomeen esiintymisestä. p. 13-20.
HUOKUNA, E. & HÄKKINEN, S. Englanninraiheinä säilörehunurmista. p. 21-26.
23. VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., LARPES, E., MICORDIA, A. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet esikuivatun ja tuoreen säilörehun valmistuksessa sekä kiinteä ja nouseva väkirehun annostus mullien kasvatuksessa. p. 1-32.
VIRKKUNEN, H., KOMMERI, M., SORMUNEN-CRISTIAN, R. & LAMPILA, M. Eri säilöntäaineet nurmirehun säilönnässä. p. 33-45.
24. RISSANEN, H., ETTALA, E., MELA, T. & MUSTONEN, L. Laitumen sadetuksen ja väkirehujen käytön vaikutus lehmien tuotoksiin. p. 1-21.
RISSANEN, H., KOSSILA, V. & VASARA, A. Urean, urea-fosforihappo-viherjauhoyhdisteen (UPV) ja soiijan vertailu raakavalkuaislähteinä maidontuotantokokeissa lehmillä. p. 22-30.
KOSSILA, V., KOMMERI, M. & RISSANEN, H. Monokalsiumfosfaatti ja ureafosfaatti sekä käsittelemätön olki ja ammoniakilla käsitelty olki mullien ruokinnassa. p. 31-40.
25. KORTET, S. Puna-apilan paikalliskantojen ekologia. 66 p.
26. MEHTO, U. Viljojen rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. Kirjallisuustutkimus. 77 p.
27. HUHTA, H. & HEIKKILÄ, R. Rehuviljan viljely Pohjois-Karjalassa. 24 p. + 2 liitettä.

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.

2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteenä. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheiniä ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.
 ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.
 HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.
 ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsälannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevätrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Herneaurasta saatava typpilannoitusohje. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.
17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.

18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.
9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.

11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pih-
lajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen
itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyval-
vonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljely-
kasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja
eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja
tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984.
29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turve-
maiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astia-
kokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoi-
tuksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenra-
vinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri
kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoittelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p.
63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen
viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahin-
kojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympäpää Rhizobium-bakteerilla.
Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu
kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset
väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa.
P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo
säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden
huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä
v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätiljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipiperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R., & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljojen siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätiljojen ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.

19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudon liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

