Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja

SARJA B

10

Lauri Jauhiainen
Jukka Öfversten

Lajikekokeiden suunnittelu ja laadunhallinta

Maatalouden tutkimuskeskus

Lauri Jauhiainen
Jukka Öfversten

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö
31600 Jokioinen, puh. (03) 41 881

Lajikekokeiden suunnitelu ja laadunhallinta

Design and quality control of variety trials

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-500-6
ISSN 1238-9943

Julkaisija
Maatalouden tutkimuskeskus (MTT), 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti
MTT, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen
Puh. (03) 41 881, telekopio (03) 418 8339

Painatus
Yliopistopaino, 1997

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen joutsenmerkki.
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Jauhiainen, L.[1] **& Öfversten, J.**[1] 1997. Lajikekokeiden suunnittelu ja laadunhallinta. (Abstract: Design and quality control of variety trials). Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja B 10. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 23 s. + 4 liitettä. ISBN 951-729-500-6. ISSN 1238-9943.

[1] Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Tiivistelmä

Avainsanat: laadunhallinta, lajikekokeet, kenttäkokeet, koekaaviot, koesuunnittelu, peltokasvitutkimus, poikkeavat havainnot, satunnaistaminen, sijoittaminen pellolle

Maatalouden tutkimuskeskuksen koordinoiman peltokasvien virallisen lajikekoetoiminnan puitteissa suoritetaan vuosittain yli sata yksittäistä kenttäkoetta. Kokeiden pääasiallisena tarkoituksena on kerätä tutkimusaineistoa laajempien koesarjakohtaisten analyysien tekemiseksi. Tällaisen analyysin edellytyksenä on, että koesarjaan kuuluvien kokeiden on oltava rakenteeltaan riittävän yhtenäisiä ja yksittäisten koehavaintojen on oltava oikein ja virheettömästi kirjattuja. Lisäksi analysoitavat koeaineistot eivät saa sisältää jakaumaominaisuuksiltaan poikkeuksellisia yksittäisiä havaintoja tai osa-aineistoja. Kun tällaiset koeaineistojen laatuun liittyvät vaatimukset halutaan täyttää, avaintekijöiksi nousevat käytettävät koekaaviot, satunnaistamismenettelyt, kokeiden sijoittaminen pellolle sekä poikkeavien havaintojen ja osa-aineistojen tunnistamismenettelyt. Tässä raportissa tarkastellaan virallisissa lajikekokeissa hyviksi ja käyttökelpoisiksi todettuja koekaavioita sekä annetaan ohjeita ja suosituksia eri koetilanteisiin soveltuvien koekaavioiden käyttämiseksi. Uutena mahdollisuutena selvitellään brittiläisessä lajikekoetoiminnassa yleisesti käytettyjä α-kaavioita, joita toistaiseksi ei ole lainkaan käytetty Maatalouden tutkimuskeskuksen koordinoimissa lajikekokeissa. Raportissa annetaan myös suosituksia kokeiden sijoittamisesta pellolle ja tarkastellaan keinoja yksittäisistä kokeista saataviin koeaineistoihin sisältyvien poikkeuksellisten havaintojen ja osa-aineistojen tunnistamiseksi. Koeaineistojen laadunhallinnan yhtenä osana esitetään myös suositus yksittäisistä kokeista saatavien havaintoaineistojen tilastolliseksi analyysiksi. Raportin laatimisen yhteydessä on valmisteltu myös tietokoneohjelma, jonka avulla voidaan sekä tuottaa kaikki raportin suositusten mukaiset koekaaviot että suorittaa kaikki raportin suosittelemat tilastolliset analyysit ja aineistojen tarkistustehtävät.

Abstract

Key words: crop research, experimental designs, field trials, incomplete blocks, layout, outliers, quality management, randomization, statutory variety trials

The statutory variety trials coordinated by the Agricultural Research Centre of Finland give rise to more than a hundred individual field trials annually, the main purpose of which is to gather data for later use in comprehensive analyses of series of field trials. Such analyses can only be done if the individual trials are structurally compatible and the data are accurately recorded and free from single outliers or larger subsets of abnormal data. In the variety trial process the key elements with an impact on these quality properties are the applied experimental designs, randomization procedures, and the methods for identifying single outliers or larger subsets of abnormal data. We consider the experimental designs generally used for statutory variety trials and give some suggestions and recommendations regarding their use. Special attention is paid to α-designs, a class widely used elsewhere but not yet in Finnish statutory variety trials. We also give some recommendations for the field layouts of single trials and discuss ways of identifying single outlying observations and larger subsets of abnormal or erroneous data. The statistical analysis of a single field trial is presented, emphasizing the use of analysis as part of data quality control. We have also constructed a computer program which can be used for generating all the experimental designs and performing all the statistical analyses and data checks recommended in this paper.

Sisällys

1 Johdanto

Siemenkauppalain mukaisesti kauppakelpoisia ovat vain Suomen tai muun Euroopan talousalueen valtion viranomaisen hyväksymät kasvilajikkeet. Hyväksymisen tulee perustua lajikkeiden virallisiin tutkimuksiin ja selvityksiin. Lajike voidaan hyväksyä kauppakelpoiseksi vain, jos se on selvästi erottuva, pysyvä ja riittävän yhtenäinen, ja jos sillä on riittävä viljely- ja käyttöarvo. Suomessa lajikkeiden kauppakelpoisuudesta päättää kasvinjalostusoikeudesta annetussa asetuksessa mainittu kasvilajikelautakunta. Maa- ja metsätalousministeriön erillispäätöksen mukaisesti Maatalouden tutkimuskeskuksen (MTT) tulee avustaa kasvilajikelautakuntaa lajikkeiden viljely- ja käyttöarvon tutkimisessa. MTT koordinoi Suomessa viljeltävien peltokasvilajikkeiden viljely- ja käyttöarvon selvittämiseksi välttämätöntä koetoimintaa. Tätä viralliseksi lajikekoetoiminnaksi sanottua toimintaa ovat esitelleet mm Järvi et al. (1995). Samantapaista lajiketutkimusta harjoitetaan myös monissa muissa maissa. Esimerkiksi Patterson & Silvey (1980) ovat kirjoittaneet katsauksen vastaavasta brittiläistä lajikekoekäytännöstä.

Tässä raportissa tarkastellaan peltokasvien viralliseen lajikekoetoimintaan liittyviä koekaavioita ja aineistoja sekä niiden tarkistusta ja muuta laadunhallintaa. MTT:n koordinoimia peltokasvien virallisia lajikekokeita tehdään eri puolilla Suomea vuosittain noin kahdellakymmenellä koepaikalla. Viime vuosina yksittäisten kokeiden vuosittainen määrä on vaihdellut noin sadan ja kahdensadan välillä. Yleensä yksittäisiä lajikkeita koskevia yleistäviä johtopäätöksiä voidaan tehdä vasta silloin, kun lajiketta on testattu usean vuoden ajan ja useilla koepaikoilla. Yksittäisten kokeiden ensisijaisena tarkoituksena on vain kerätä tutkimusaineistoa laajempien koesarjakohtaisten analyysien tekemiseksi. Tilastollisia keinoja lajikekoesarjojen analysoimiseksi ovat esitelleet mm. Öfversten ja Nikander (1996).

Tuloksellisen koetoiminnan edellytyksenä on, että yksittäisten kenttäkokeiden koekaavioiksi valitaan tilastollisesti mahdollisimman tehokkaita koekaavioita. Lopullisissa koesarjojen analyyseissä onnistutaan parhaiten silloin, kun kokeiden yhdistämisen edellyttämä koekaavioiden yhtenäisyys on jo yksittäisten kokeiden suunnittelussa otettu huomioon. Yksittäisten koehavaintojen on myös oltava oikein ja virheettömästi kirjattuja, ja kokeista saatuihin koeaineistoihin sisältyvät jakaumaominaisuuksiltaan poikkeukselliset havainnot ja osa-aineistot on tunnistettava ja tarvittaessa poistettava lopullisista analyyseistä. Kun tällaiset koeaineistojen laatuun liittyvät vaatimukset halutaan täyttää, avaintekijöiksi nousevat koekaaviot, satunnaistamismenettelyt, kokeiden sijoittaminen pellolle sekä poikkeavien havaintojen ja osa-aineistojen tunnistamismenettelyt.

2 Koekaaviot

2.1 Virallisissa lajikekokeissa käytettävät koekaaviot

Lajikekokeissa tavallisimmin käytettävät koekaaviot luokitellaan niiden lohkorakenteen mukaisesti yleensä neljään pääluokkaan. MTT:n koordinoimissa lajikekokeissa on toistaiseksi käytetty satunnaistettujen täydellisten lohkojen, neliöhilojen ja suorakaidehilojen tyyppisiä, ts. kolmeen eri kaavioluokkaan kuuluvia koekaavioita. Cochran & Cox (1957) kuvailevat yksityiskohtaisesti näiden koekaavioiden ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia. Viime vuosina on erityisesti brittiläisessä koekäytännössä yleistynyt tapa käyttää neljäntenä mahdollisuutena ns. α-kaavioita (Patterson & Williams 1976). Käytännön syyt puoltavat näiden kaavioiden käyttöä myös suomalaisessa lajikekoetoiminnassa, mistä syystä niitä on tässä raportissa käsitelty kolmea edellä mainittua, jo rutiinikäytössä olevaa, koekaavioluokkaa tarkemmin.

Suomalaisissa peltokasvien lajikekokeissa testattavien lajikkeiden määrä on yleensä alle 50. Suurempien lajikemäärien vertaamiselle ei useinkaan ole tarvetta ja toisaalta testattavien lajikkeiden määrän lisääntyessä ulkoisten olosuhteiden vaikutus testaustuloksiin kasvaa. Myös tässä raportissa keskitytään koekaavioihin, joissa koejäsenten määrä on korkeintaan 50. Jos halutaan testata tätä suurempaa lajikemäärää, voidaan jäljempänä esitettyjä periaatteita käyttäen yhden suuren kokeen asemasta tehdä kaksi pienempää. Käsiteltävistä koekaavioista saatavat koeaineistot ovat sinänsä kaikki teknisesti helposti mallinnettavia ja analysoitavia SAS-ohjelmistoa käyttäen.

2.2 Perinteiset koekaaviot

Lajikekokeet ovat koejärjestelyiltään suhteellisen yksinkertaisia, koska niissä tutkitaan vain lajikkeiden välisiä eroja, eikä kasvutulokseen vaikuttavia muita tekijöitä. Lajikekokeissa käytetään useampaa, yleensä neljää täydellistä kerrannetta. Koska lajikekoesarjojen analyysi ei ota huomioon, montako kerrannetta kukin lajikekoe sisältää, on taloudellisinta käyttää kunkin peltokasvin kohdalla jokaisessa lajikekokeessa samaa kerranteiden lukumäärää. Jokainen lajike sisältyy täydelliseen kerranteeseen yhden kerran. Lajikkeet voidaan sijoittaa koeruutuihin kerranteen sisällä täysin satunnaisesti, jolloin puhutaan satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaaviosta (randomized complete blocks design). On yleistä, että lajikekokeessa vertailtavien lajikkeiden lukumäärä on suurempi kuin 15. Tällöin ei aina ole mahdollista käyttää satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaaviota, sillä kerranne voi olla niin suuri, ettei kaikkia kerranteen ruutuja voida pitää kasvuolosuhteiltaan samanlaisina. Epätäydellisten lohkojen koekaavioon (incomplete blocks design) päädytään satunnaistamalla lajikkeet kerranteen sisällä sopivan lohkorakenteen avulla. Epätäydellisten lohkojen koekaaviossa täydellinen kerranne sisältää useamman kuin yhden lohkon, joista jokaisessa on muutamia lajikkeita, muttei kaikkia. Yleensä MTT:n lajikekokeissa epätäydellisten lohkojen koekaaviota käytetään, kun vertailtavien lajikkeiden lukumäärä on 16 tai enemmän. Pienemmillä lajikemäärillä käytetään satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaaviota.

Yleisin epätäydellisten lohkojen koekaavio on neliöhila (square lattice), jossa yksi kerranne muodostuu s:stä epätäydellisestä lohkosta, joista kukin sisältää s kappaletta koeruutuja. Kokeessa on $v = s^2$ lajiketta. Neliöhilan huono puoli on, ettei se ole saatavissa kuin muutamilla lajikkeiden lukumäärillä: $s^2 = 16, 25, 36$ ja 49, kun $16 \leq v \leq 50$. Neliöhilan kahden ensimmäisen kerranteen suunnittelu on helppoa asettamalla ensimmäiseksi lajikkeet s×s suuruiseen neliöön. Ensimmäinen kerranne saadaan sijoittamalla samalla rivillä olevat lajikkeet samaan lohkoon. Toinen kerranne saadaan, kun samassa sarakkeessa olevat lajikkeet sijoitetaan samaan lohkoon. Mikäli kerranteita on useampi kuin kaksi, koekaavio täytyy suunnitella käyttämällä hyväksi ortogonaalisia s×s latinalaisia neliöitä (John 1987). Lisäksi Cochran & Cox (1957) ovat esittäneet kaikki erityyppiset neliöhilat, kun lajikkeiden lukumäärä on korkeintaan 81. Koska on vain kolme keskenään ortogonaalista 6×6 latinalaista neliötä, niin lajikkeiden lukumäärällä 36 voidaan suunnitella vain kolme kerrannetta.

Harshbarger (1949) esitti neliöhilasta muunnelman, jota kutsutaan suorakaidehilaksi (rectangular lattice). Koekaaviossa on $v = s(s-1)$ vertailtavaa lajiketta siten, että jokaisessa epätäydellisessä lohkossa on s-1 lajiketta. Yksi kerranne sisältää s lohkoa. Neliöhilan tavoin suorakaidehila on saatavissa vain muutamilla lajikkeiden lukumäärillä: $s(s-1) = 20, 30$ ja 42, kun $16 \leq v \leq 50$. Cochran & Cox (1957) ovat esittäneet yleisimpiä suorakaidehila koekaavioita, kun kerranteiden lukumäärä on korkeintaan kolme. Lisäksi he ehdottavat kerranteiden lukumäärän ollessa neljä, valitsemaan kaksi erilaista kerrannetta ja toistamaan niitä. MTT:ssä tehdyissä lajikekokeissa koekaaviot on yleensä suunniteltu edellisen suosituksen mukaisesti. Sitä vastoin Patterson et al. (1978) suosittelevat käytettäväksi neljää erilaista kerrannetta, mikäli se vain on mahdollista, käyttämällä koekaavioita suunniteltaessa joko laajennettua G.S. Watsonin tai S.S. Shrikhanden esittämää menetelmää (Cochran & Cox 1957). Ensimmäinen menetelmistä perustuu s×s ortogonalisiin latinalaisiin neliöihin, joiden diagonaalilla olevat symbolit ovat kaikki erilaisia.

Suorakaidehilakoekaavion suunnittelu perustuu siis samoihin latinalaisiin neliöihin kuin neliöhilakoekaavion suunnittelu. Koska on vain kolme 6×6 neliöhilan mukaista ortogonaalista kerrannetta, lajikkeiden lukumäärällä 30 on vain kolme keskenään ortogonaalista kerrannetta.

2.3 α-kaaviot

Virallisissa lajikekokeissa vertailtavien lajikkeiden lukumäärä riippuu kasvinjalostajien ja siemenkaupan tarpeista. Näin ollen kokeisiin tarjottujen lajikkeiden lukumäärä ei sellaisenaan useinkaan vastaa mahdollisten neliöhila- tai suorakaidehilakaavioiden vaatimuksia. Sopivan koekaavion löytämiseksi joudutaankin kokeisiin usein lisäämään muutamia ylimääräisiä koejäseniä. Patterson & Williams (1976) ovat esittäneet kolmannen, lajikekokeissa käyttökelpoisen menetelmän epätäydellisten lohkojen kokeiden suunnittelemiseksi. Menetelmän perusteella saatavia koekaavioita kutsutaan α-kaavioiksi (α-design), jotka ovat itse asiassa hilakaavioiden yleistyksiä siten, ettei lohkojen lukumäärää ja lohkon sisältämien lajikkeiden lukumäärää ole rajoitettu. α-kaaviota voidaan käyttää kaikilla vertailtavien lajikkeiden lukumäärillä.

α-kaaviot voidaan jakaa kahteen eri luokkaan sen mukaan, sisältääkö jokainen lohko yhtä monta lajiketta, vai vaihteleeko lohkojen koko kerranteen sisällä (almost equiblock sized α-designs). Jälkimmäiset α-kaaviot ovat hyviä vain, jos kaikki kerranteen sisältämät ruudut sijoitetaan pellolle peräkkäin, eikä yhtään ruutua ole rinnakkain. Yleensä tämäntapaista asettelua käytetään vain kasvihuonekokeissa. Suositeltavaa on, että jokainen lohko sisältää vähintään neljä lajiketta lajikkeiden lukumäärän ollessa kokeessa vähintään 16. Tästä seuraa, että kaikilla lajikkeiden lukumäärillä ei voida käyttää α-kaaviota, mikäli on mahdotonta käyttää koekaavioita, joissa lohkojen koko voi vaihdella.

Erilaiset α-kaaviot voidaan luokitella myös sen mukaan, monessako kerranteessa kaksi eri lajiketta voivat esiintyä samassa lohkossa. α-kaavioita, joissa kaksi eri lajiketta esiintyvät keskenään samassa lohkossa korkeintaan yhdessä kerranteessa, kutsutaan α(0,1) -kaavioiksi. Vastaavasti α(0,1,2) -kaaviossa mitkä tahansa kaksi lajiketta voivat olla korkeintaan kahdessa kerranteessa samassa lohkossa. Koetta suunniteltaessa on parempi käyttää α(0,1) -kaavioita kuin α(0,1,2) -kaavioita. Hilakaaviot ovat aina α(0,1) -kaavioiden erikoistapauksia, kun kerranteiden lukumäärä on korkeintaan s+1 (s on lohkojen lukumäärä kerranteessa).

2.4 α-kaavion suunnittelu

Jos α-kaavion kaikki lohkot ovat samankokoisia, koekaaviot suunnitellaan käyttämällä k×r suuruista alkuarvotaulukkoa (generating array), jossa r on kerranteiden lukumäärä ja k on lohkon koko. Jokaisen taulukon alkion on oltava kokonaisluku väliltä [0,s-1], missä s on kerranteen lohkojen lukumäärä. Taulukko saadaan tiettyjen laskutoimitusten (John 1987) avulla muotoon, jossa ensimmäinen rivi ja sarake sisältää pelkkiä nollia. Taulukko voi olla esimerkiksi seuraavanlainen, kun lajikkeiden lukumäärä kokeessa on 24 (s = 6, k = 4 ja r = 4):

alkuarvotaulukko

0	0	0	0
0	1	5	4
0	3	2	5
0	2	3	1

Taulukon jokaisesta sarakkeesta muodostetaan lisää s-1 saraketta syklisellä substituutiolla (Patterson & Williams 1976) siten, että taulukon kaikki alkiot ovat myös välillä [0, s-1]:

```
0 1 2 3 4 5 0 1 2 3 4 5 0 1 2 3 4 5 0 1 2 3 4 5
0 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 0 5 0 1 2 3 4 4 5 0 1 2 3
0 1 2 3 4 5 3 4 5 0 1 2 2 3 4 5 0 1 5 0 1 2 3 4
0 1 2 3 4 5 2 3 4 5 0 1 3 4 5 0 1 2 1 2 3 4 5 0
```

Seuraavaksi lisätään toisen rivin alkioihin s (=6) ja kolmannen rivin alkioihin 2×s (=12) ja lopuksi neljännen rivin alkioihin 3×s (=18). Näin saadaan taulukko, jonka s (=6) ensimmäistä saraketta muodostavat koekaavion ensimmäisen kerranteen lohkot ja seuraavat s saraketta toisen kerranteen eri lohkot jne. Koekaaviossa jokainen sarake muodostaa oman lohkonsa:

Kerranne 1

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24

Kerranne 2

1	2	3	4	5	6
8	9	10	11	12	7
16	17	18	13	14	15
21	22	23	24	19	20

Kerranne 3

1	2	3	4	5	6
12	7	8	9	10	11
15	16	17	18	13	14
22	23	24	19	20	21

Kerranne 4

1	2	3	4	5	6
11	12	7	8	9	10
18	13	14	15	16	17
20	21	22	23	24	19

Mikäli halutaan α-kaavio, jonka lohkoissa on vaihteleva määrä lajikkeita, koekaavio saadaan edellisestä α-kaaviosta poistamalla siitä yksi tai useampi numero aloittaen suurimmasta. Yleensä pidetään rajoituksena, että korkeintaan kahden lohkon koko voi poiketa muista lohkoista yhden ruudun verran (Patterson & Silvey 1980). Koska edellisessä koekaaviossa lohkon koko on vain neljä, ei tässä raportissa aikaisemmin annetun suosituksen mukaan yhdestäkään lohkosta voida vähentää lajikkeita. Jos tarvitaan esimerkiksi α-kaavio 23:lle lajikkeelle, poistetaan kaksi lajiketta 5×5 neliöhilasta, jolloin mitään suositusta ei ole rikottu.

2.5 Erilaiset α-kaaviot

Kun edellä suunniteltiin α-kaavio, ei k×r alkuarvotaulukon sisältöä määritelty yksikäsitteisesti. Mikäli kyseisen taulukon sisältöä muutetaan, tulee uudesta koekaaviosta erilainen. Tämän takia jokaisella lajikkeiden lukumäärällä on olemassa useita erilaisia α-kaavioita. Huono puoli erilaisissa kaavioissa on, että niiden tehokkuus (efficiency) vaihtelee paljon. Siksi onkin ensin järkevää etsiä jokaiselle lajikkeen lukumäärälle tehokkain (tai lähes tehokkain) α-kaavio ja käyttää tätä. Tehokkuutta mitataan vertailemalla keskimääräistä kahden lajikkeen erotuksen varianssia vastaavaan varianssiin, joka on laskettu satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaaviosta, kun testattavien lajikkeiden lukumäärä kummassakin koekaaviossa on sama. Tehokkuuden laskukaavan on esittänyt mm. John (1987). Tehokkaiden α-kaavioiden löytämiseksi ei ole yleistä ratkaisua. Tehokkaimpien koekaavioiden luettelosta tuleekin suuri, eikä sitä ole edes julkaistu. Esimerkiksi Patterson et al. (1978) ovat esittäneet lyhyen luettelon, jonka avulla saadaan erittäin tehokkaita α-kaavioita, kun $20 \le v \le 100$ ja kerranteiden lukumäärä on korkeintaan neljä. Luettelon avulla on muodostettu mm. edellä esitetty koekaavio 24:lle lajikkeelle. Koekaavion tehokkuus on 0,7528.

Tehokkaampaan koekaavioon päästään esimerkiksi k×r alkuarvotaulukolla

0	0	0	0
0	2	3	5
0	1	4	2
0	4	2	3,

jolloin koekaavion tehokkuus on 0,7533. Tehokkuuksien välinen ero ei ole käytännössä merkitsevä. Tässä raportissa esitetyt tehokkuudet on laskettu IML-ohjelmistolla.

Lajikkeiden lukumäärillä 30 ja 36 ei ole olemassa neljää keskenään ortogonaalista hilakaaviota. Kyseisille lajikkeiden lukumäärille ei myöskään ole α(0,1) -kaaviota neljällä kerranteella. Käyttämällä α(0,1,2) -kaaviota, on saatavissa erittäin tehokkaat koekaaviot (tehokkuus= 0,8046 ja 0,8360, Liite 1). Laskettaessa tehokkuudet koekaavioista, joissa neljä kerrannetta on saatu toistamalla hilakaavioiden kahta erilaista kerrannetta, tehokkuuksiksi saadaan parhaimmillaan 0,7280 ja 0,7778. Selvää tehokkuuden kasvua huomataan käyttämällä α(0,1,2) -kaaviota. Tämä tukee sitä ajatusta, ettei ole kannattavaa toistaa lajikkeiden lukumäärillä 30 ja 36 kahta erilaista kerrannetta, vaan on parempi suunnitella neljä erilaista kerrannetta käyttämällä α(0,1,2) -kaaviota.

On kiinnostavaa tietää, kuinka suurta vaihtelu on eri α-kaavioiden välillä koekaaviotyypin pysyessä samana. Tarkastelimme tätä valitsemalla täysin satunnaisesti jonkin α-kaavion ja vertaamalla sitä tehokkaaseen α-kaavioon. Tietokoneella α-kaavioita valittiin neljällä kerranteella ja tutkittiin, monessako kerranteessa kaksi lajiketta ovat samassa lohkossa. Lopuksi laskettiin koekaavion tehokkuus. Jos tietokoneella satunnaisesti valitussa α-kaaviossa vähintään yksi lajikepari on samassa lohkossa useammin kuin kerran, on tehokkuuden menetys parhaisiin α-kaavioihin verrattuna keskimäärin suurta. Mikäli satunnaisesti valittu α-kaavio on α(0,1) -kaavio, tilanne on aivan toinen. Esimerkiksi 24:llä lajikkeella, kun kerranteessa on kuusi lohkoa, satunnaisesti valittujen α(0,1) -kaavioiden tehokkuus on yleensä vähintään 0,7505, parhaan α-kaavion tehokkuuden ollessa 0,7533. Tässä tapauksessa erilaisten α(0,1) -kaavioiden välinen vaihtelu on käytännössä merkityksetöntä. Erot ovat samaa suuruusluokkaa kaikissa lajikekokeissa käyttökelpoisissa α(0,1) -kaavioissa. Vastaavalla tavalla tutkittiin, olisiko mahdollista käyttää satunnaisesti valittua α(0,1) -kaaviota hilakaavion asemesta. Tulokset olivat samankaltaisia kuin satunnaisesti valittujen α(0,1) -kaavioissa ja parhaiden α-kaavioissa. ertailujen perusteella olisi mahdollista käyttää MTT:n lajikekokeissa aina satunnaisesti valittua α(0,1) -kaaviota menettämättä liikaa tehokkuutta.

Käytettäessä α-kaavioita, joissa jokainen lohko sisältää yhtä monta lajiketta, seuraavat suositukset on syytä huomioida. Kun lajikkeita on 24 (kuusi lohkoa), kannattaa lisätä yksi lajike ja käyttää 5×5 -neliöhilaa. Vastaavasti lajikkeiden lukumäärällä 50 (10 lohkoa) on järkevää vähentää yksi lajike ja käyttää 7×7 -neliöhilaa. Nämä suositukset on saatu vertaamalla koekaavioista laskettuja tehokkuuksia. Mikäli on mahdollista valita useammasta koekaaviosta, kannattaa ensisijaisesti käyttää neliöhilakoekaavioita ja toissijaisesti suorakaidehilakoekaavioita. α-kaaviot ovat käyttökelpoisia, jos lajikkeiden lukumäärä on 30 tai 36 sekä silloin, kun on vaikeaa päätyä mihinkään hilakaavioon.

Kaikissa edellä esitetyissä epätäydellisten lohkojen koekaavioissa kerranteessa olevien lohkojen lukumäärä on suurempi tai yhtäsuuri kuin yhdessä lohkossa olevien lajikkeiden lukumäärä. On myös mahdollista suunnitella α-kaavioita, joissa lohkon koko on suurempi kuin kerranteen lohkojen lukumäärä. Lajikekokeissa käytetään yleensä 5×4 -suorakaidehilaa, kun vertailtavia lajikkeita on 20. Sen tilalla olisi mahdollista käyttää esimerkiksi α-kaaviota, jossa kerranne muodostuu neljästä viiden lajikkeen lohkosta. Nyt tehokkuus lisääntyisi ja analyysissä tarvittavien parametrien lukumäärä pienenisi kerranteiden lukumäärän verran. Tämänkaltaisia epätäydellisten lohkojen koekaavioita olisi hyvä käyttää pienillä lajikkeiden lukumäärillä silloin, kun ei ole mahdollista käyttää satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaavioita. Eli silloin, kun kaikki kerranteen sisältämät koeruudut eivät ole kasvuolosuhteiltaan samanlaisia. Esimerkiksi 12:lla lajikkeella voidaan käyttää koekaaviota, jossa täydellinen kerranne on jaettu kahteen kuuden lajikkeen lohkoon:

Kerranne 1

lohko						
(1)	1	2	3	4	5	6
(2)	7	8	9	10	11	12

Kerranne 2

lohko						
(1)	1	2	5	8	11	12
(2)	3	4	6	7	9	10

Kerranne 3

lohko						
(1)	1	3	4	5	8	9
(2)	2	6	7	10	11	12

Kerranne 4

lohko						
(1)	1	2	5	7	9	10
(2)	3	4	6	8	11	12

Tehokkuudeksi tulee 0,8895, joten tämä koekaavio on hyvä vaihtoehto täydellisten lohkojen koekaaviolle. Koekaavioiden käyttöä hankaloittaa, ettei valmiita, yleisesti hyväksyttyjä, koekaavioita ole saatavilla. Toisaalta Ruotsissa on raportoitu tällaisten koekaavioiden käytöstä (Seeger & Kjeller 1988) ja tulokset ovat olleet rohkaisevia.

3 Satunnaistaminen

Valitussa koekaaviossa on tehtävä satunnaistaminen, joka suoritetaan epätäydellisten lohkojen koekaavioissa seuraavan prosessin mukaisesti:

i) arvotaan kerranteen sisällä lohkojen järjestys

(ii) arvotaan lohkon sisällä koeruutujen järjestys

(iii) valitaan täysin satunnaisesti lajikkeille niitä vastaavat numerot 1,2,...,v koekaaviossa.

Eräissä tilanteissa kohta (iii) suoritetaan toisin. Mikäli koekaaviossa ei suoriteta satunnaistamista tai satunnaistaminen suoritetaan vain osittain, esiintyy koekaavioissa säännönmukaisuutta. Jotkut lajikkeet saattavat olla jatkuvasti lohkon päässä. Mikäli sijainnilla lohkon sisällä on merkitystä ja satunnaistaminen on tehty puutteellisesti, jotkut lajikkeet ovat jatkuvasti muita huonommassa tai paremmassa paikassa. Jos satunnaistaminen on tehty hyvin, lajike voi olla yhdessä kerranteessa huonossa paikassa, mutta mahdollisesti toisessa kerranteessa paikka onkin jo parempi.

3.1 Mittarilajikkeet

Lajikekokeissa halutaan yleensä verrata uusia lajikkeita vanhoihin, paljon testattuihin mittarilajikkeisiin. Samassa kokeessa voi olla useita erilaisia mittarilajikkeita, jolloin hyvin tehdyn satunnaistamisen suorittaminen koekaaviossa monimutkaistuu. Koska suurin mielenkiinto keskittyy uusien lajikkeiden ja mittarilajikkeiden eroihin (sekä uusien lajikkeiden keskinäisiin eroihin), ei ole tarkoituksenmukaista verrata eri mittarilajikkeiden eroja yhtä tarkasti kuin muita lajikkeiden eroja. Samassa lohkossa olevien lajikkeiden erot tulevat verrattua tarkemmin kuin eri lohkoissa olevien lajikkeiden väliset erot. Optimaalisinta on valita mittarilajikkeiden paikat koekaaviossa siten, että ne eivät ole tai ovat mahdollisimman harvoin samassa lohkossa. Tämä voidaan tehdä suhteellisen helposti satunnaistamisen aikana kohdassa (iii) sijoittamalla ensimmäiseksi mittarilajikkeet sopiviin lohkoihin ja tämän jälkeen arpomalla muiden lajikkeiden paikat. Eräissä kaupallisissa tilasto-ohjelmissa, esimerkiksi Agrobasessa, edellä kuvatun tapainen valikoiva arvonta ei ole mahdollista. Ongelma voidaan kiertää arpomalla monta kertaa ja

Taulukko 1. Niiden testattavien lajikkeiden lukumäärä, jotka ovat vähintään kerran mittarilajikkeen kanssa samassa lohkossa epätäydellisten lohkojen kokeessa. Mittarilajikkeita on 1, 2 tai 3 jokaisessa neljässä kerranteessa.

Koeruutuja/ kerranne	Lohkoja/ kerranne	Lohkon koko	1	2	3
16	4	4	12/15	14/14	13/13
20	5	4	12/19	16/18	17/17
24	6	4	12/23	20/22	21/21
25	5	5	16/24	21/23	22/22
28	7	4	12/27	20/26	24/25
30	6	5	16/29	26/28	27/27
32	8	4	12/31	21/30	26/29
35	7	5	16/34	26/33	31/32
36	6	6	20/35	32/34	33/33
40	8	5	16/39	29/38	35/37
42	7	6	20/41	32/40	37/39
45	9	5	16/44	29/43	37/42
48	8	6	20/47	37/46	43/45
49	7	7	24/48	36/47	42/46
50	10	5	16/49	30/48	40/47

valitsemalla se arvontakartta, jossa mittarilajikkeet ovat levittäytyneet tasaisimmin.

Joissain tilanteissa voi olla tarkoituksenmukaista, että yksi mittarilajike on useamman kuin yhden kerran samassa kerranteessa. Kasvilajilla voi olla vain yksi kiinnostava mittarilajike tai kokeeseen pitäisi lisätä vielä yksi tai useampia lajikkeita, jotta päädyttäisiin sopivaan koekaavioon. Koesuunnittelussa kannalta yhden mittarilajikkeen oleminen useamman kerran samassa kerranteessa on teknisesti samanlainen kuin useamman mittarilajikkeen tapaus. Tämän takia tässä raportissa on keskitytty pelkästään usean mittarilajikkeen tilanteeseen.

Useamman mittarilajikkeen käytöstä on myös hyötyä. Esimerkiksi käytettäessä 7×7-neliöhilaa ja neljää kerrannetta, vain 24 lajiketta 48:sta on kerran mittarilajikkeen kanssa samassa lohkossa. Muut 24 lajiketta eivät ole kertaakaan mittarilajikkeen kanssa samassa lohkossa. Mikäli mittarilajikkeita onkaksi jokaisessa täydellisessä kerranteessa,maksimissaan 36 lajiketta 47:stä on vähintään kerran mittarilajikkeen kanssa samassa lohkossa. Muiden lajikkeiden ero mittarilajikkeisiin verrattuna saadaan estimoitua tarkemmin. Taulukossa 1 on esitetty lajikkeiden (maksimi)lukumäärä, jotka ovat vähintään kerran mittarilajikkeen kanssa samassa lohkossa, kun mittarilajikkeita on yksi, kaksi tai kolme jokaisessa kerranteessa (tai vastaavasti sama mittarilajike on yksi, kaksi tai kolme kertaa jokaisessa kerranteessa). Esimerkiksi Taulukossa 1 oleva luku 16/18 tarkoittaa, että 16 lajiketta 18 mahdollisesta on vähintään kerran mittarilajikkeen kanssa samassa lohkossa. Koekaaviot on suunniteltu käyttäen riittävän tehokkaita (Patterson et al.1978) α-kaavioita ja hilakaavioita suunniteltaessa on käytetty Watsonin laajennettua menetelmää. Mikäli koekaavion suunnittelussa otetaan huomioon, ettei samassa lohkossa olisi kuin korkeintaan yksi mittarilajike, ei kaikkia Taulukossa 1 esitettyjä maksimiarvoja voida saavuttaa.

Taulukko 2. Lajikekokeissa yleisimmin käytettyjen koekaavioiden mediaanitehokkuus vuosina 1988-1995 tehdyissä kokeissa verrattuna tehokkuuksiin, jotka voidaan saavuttaa käyttämällä tässä raportissa esitettyjä menetelmiä ja koekaavioita.

Lajikkeita (kpl)	Lohkoja/kerranne (kpl)	Lajikkeita/lohko (kpl)	Kerranteita (kpl)	v. 1988-95	Tehokkuus
20	5	4	4	0,6770	0,7686
25	5	5	4	0,8167	0,8182
30	6	5	4	0,7315	0,8046
36	6	6	4	0,7778	0,8360
42	7	6	4	0,7637	0,8322

3.2 Käytäntö Maatalouden tutkimuskeskuksessa

Ennen vuotta 1997 tehdyissä lajikekokeissa on MTT:ssa käytetty vain satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaavioita sekä neliö- ja suorakaidehilakoekaavioita. Vuodesta 1997 lähtien on tarkoituksena käyttää myös α-kaavioita, joissa jokainen lohko sisältää yhtä monta lajikkeita. Tämän lisäksi suosittelemme käytettäväksi lajikkeiden lukumäärillä 30 ja 36 α-kaavioita, jotta saataisiin neljä erilaista kerrannetta. Suurin este tässä raportissa esitettyjen kaavioiden käyttämiseksi on ollut se, ettei SAS sisällä valmista proseduuria α- ja hilakaavioiden suunnitteluun. Yleensä on käytetty joko Agrobase-ohjelmaa tai koekaaviot on kopioitu kirjoista. Jatkossakin on mahdollista suunnitella koekaaviot perinteisellä tavalla. Tämän lisäksi tietopalveluyksikkö tarjoaa käytettäväksi tietokoneohjelman, joka sisältää yleisimmät lajikekokeissa tarvittavat koekaaviot.

Valintamahdollisuuksien vähyydestä johtuen MTT:ssä ei ole ennen vuotta 1997 aina osattu käyttää parhaimpia koekaavioita. Tämä näkyy käytettyjen koekaavioiden tehokkuuksissa, jos niitä verrataan tässä raportissa esitettyihin tehokkuuksiin. Taulukossa 2 on annettu yleisimmille MTT:ssä vuosina 1988-95 käytetyille koekaavioille keskimääräinen (mediaani) tehokkuus. Samassa taulukossa on myös tämän raportin perusteella saatavien koekaavioiden tehokkuudet. Tehokkuuksien välillä on suuria eroja, joilla pitäisi olla jo käytännön merkitystä.

Liitteessä 1 on lajikekokeissa käyttökelpoisia epätäydellisten lohkojen koekaavioita, kun kaikki lohkot sisältävät yhtä monta koeruutua ja koekaavio muodostuu korkeintaan neljästä kerranteesta. Listaukseen sisältyy jokaista järkevää testattavien lajikkeiden lukumäärää kohti yksi koekaaviovaihtoehto. Koekaavioiden tehokkuudet on myös ilmoitettu.

4 Koepaikan ja lajikkeiden valinta

On selvää, että koepaikkojen ja kokeissa olevien lajikkeiden edustavuus on tärkeää. Koepaikkojen tulisi edustaa kunkin peltokasvin normaalia viljelyaluetta. Koska vanhoista koepaikoista luopuminen ja uusien lisääminen ei ole lyhyellä aikavälillä kannattavaa eikä mahdollista, koepaikkojen edustavuuden parantamiseksi ei voida tehdä paljoakaan. Toisaalta mitään vakavia puutteita ei tällä hetkellä ole. Myös lajikkeiden tulisi kussakin kokeessa edustaa viljelyalueen normaaleja lajikkeita. Päinvastoin kuin koepaikkojen kohdalla, lajikkeiden edustavuutta voidaan parantaa lyhyelläkin aikavälillä. Päävastuu edustavuudesta jää kokeita suunnittelevien henkilöiden harteille.

Kolmantena tavoitteena tulisi olla, että virallinen lajiketoiminta kattaa kaikki viljelyn kannalta merkittävät peltokasvit. Viime vuosina onkin lisätty uusia peltokasveja virallisen lajiketoiminnan piiriin ja uusien peltokasvien testauksen tarpeellisuutta tutkitaan tällä hetkellä.

5 Koeruutujen sijoittelu peltolohkolle

Lajikekokeissa lohko muodostuu toisiaan lähellä olevista ja viljelyominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisista koeruuduista. Havaitut erot lohkon sisällä johtuvat lajikkeiden eroista, eikä pellolla esiintyvä kasvuolosuhteiden vaihtelu vaikuta niihin. Koeruutujen väärä sijoittelu pellolle voi tehdä lohkon ruuduista erilaisia, jolloin lajikkeiden erot peittyvät pellolla esiintyvän kasvuolosuhteiden vaihtelun alle. Erityisen vaikea tilanne on, kun käytetään satunnaistettujen täydellisten lohkojen koetta, jolloin lohkon koko kasvaa ja lohkon sisällä homogeenisuus saattaa olla vaikeasti saavutettavissa oikeallakin koeruutujen sijoittelulla (Gomez & Gomez 1984). Mikäli satunnaistettujen täydellisten lohkojen koekaaviossa on vaikeaa taata homogeenisuutta, voi olla järkevämpää siirtyä käyttämään jotain edellä esiteltyä epätäydellisten lohkojen koekaaviota.

Jotta koe tulisi sijoitettua pellolle mahdollisemman hyvin, on ensisijaisen tärkeää tuntea pelto ja sen viljelyominaisuudet. Koeruudut ovat yleensä muodoltaan pitkiä ja kapeita, joten pellolla suurinta vaihtelua aiheuttava tekijä on helposti eliminoitavissa. Mikäli vaihtelun suuntaa ei tiedetä tai sitä on useampaan suuntaan, olisi suositeltavaa käyttää neliön muotoisia koeruutuja (Gomez & Gomez 1984). Tämä on kuitenkin usein käytännössä vaikea toteuttaa.

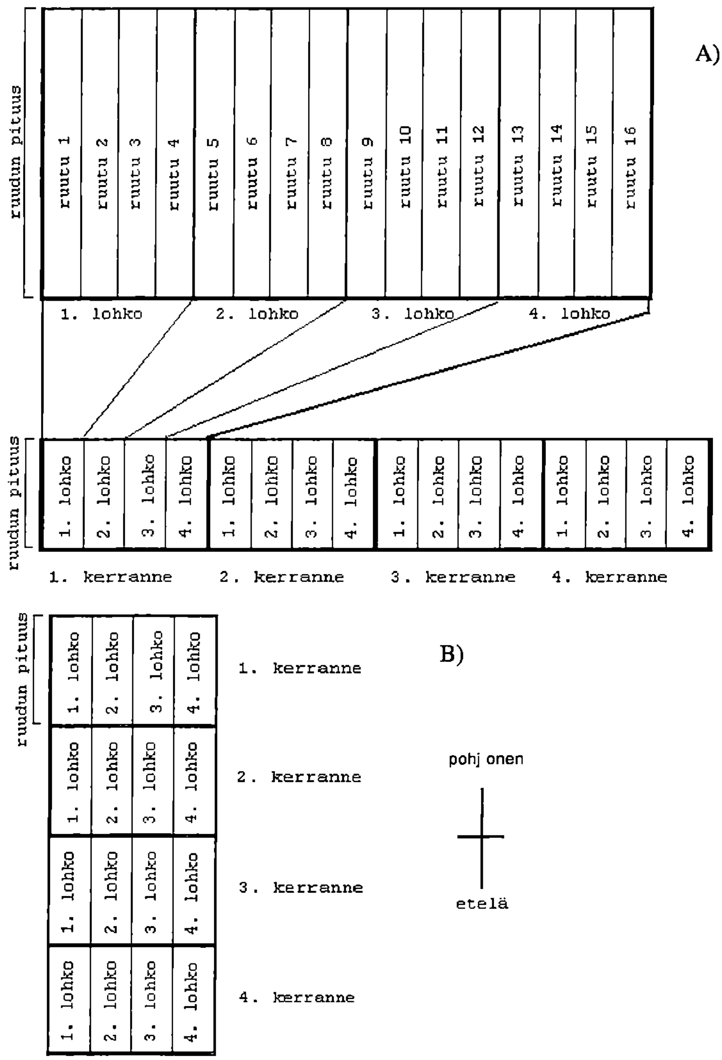
Sijoittelun kannalta oleellisinta on, että kunkin lohkon ruudut ovat kasvuolosuhteiltaan mahdollisemman homogeeniset. Oletetaan, että pellolla kasvuolosuhteet muuttuvat pohjois-eteläsuunnassa. Tämän aiheuttaa esimerkiksi pellon pohjoispäässä oleva suuri oja. Tässä tapauksessa lohkot on sijoitettava pellolle siten, että sen sisällä olevat ruudut ovat pohjois-eteläsuunnassa Kuvan 1 tavalla.

Epätäydellisten lohkojen kokeessa yksi kerranne sisältää useampia lohkoja. Yleensä yhden kerranteen lohkot sijoitetaan rinnakkain, kuten Kuvassa 1 on tehty, mutta lohkot voidaan sijoittaa johonkin muuhun muodostelmaan. Vaikka sijoittelun kannalta olisi tavoiteltavaa, että kunkin kerranteen sisältämät lohkot olisivat mahdollisimman homogeenisia, ei tätä voida ottaa aina huomioon, koska lohkojen (ja kerranteiden) sijoittelu määräytyy paljolti myös viljelyteknisistä syistä. Koska analyysissä käytettävä sekamalli ottaa huomioon lohkojen väliset erot, on täysin hyväksyttävää, että lohkojen välillä ilmenee vaihtelua. Itse asiassa lohkomisen ideana on minimoida lohkon sisäinen vaihtelu, jolloin pellolla esiintyvä vaihtelu siirtyy lohkojen väliseksi vaihteluksi. Analysoinnissa käytettävä sekamalli ottaa myös huomioon kerranteiden väliset vaihtelut, joten eri kerranteet voidaan sijoittaa pellolle haluttuun muodostelmaan (Kuvassa 1 kerranteet on sijoitettu rinnakkain (A) ja peräkkäin (B)). Mikäli koeruudut sijoitetaan pellolle Kuvan 1 mukaisesti, ei ole mitään viljelyteknistä estettä käyttää α-kaaviota, jossa lohkon koko vaihtelee. Tällaisia koekaavioita on Liitteessä 2.

6 Yksittäisen kokeen laadun arviointi

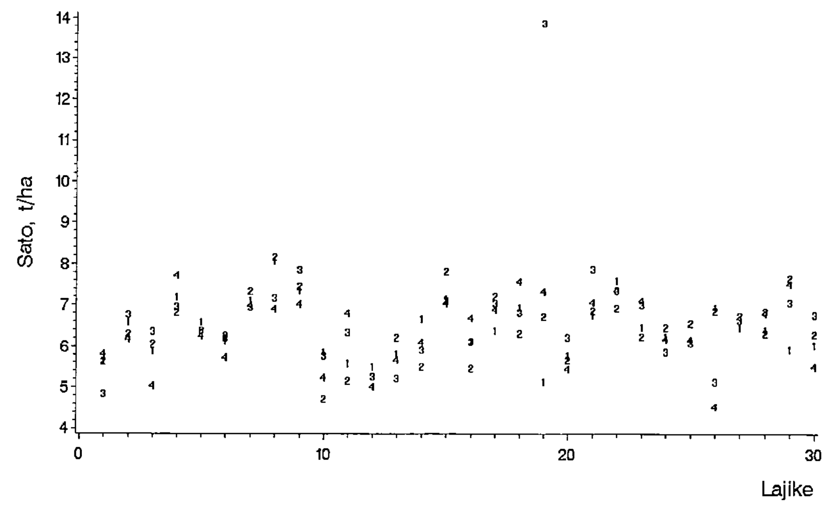
6.1 Koeaineiston alustavat tarkastelut

Lajikekokeesta tehtävillä tarkasteluilla on kaksi päätavoitetta. Näistä ensimmäinen liittyy poikkeavien havaintojen etsimiseen. Havainnot ovat voineet syntyä esimerkiksi mittausvirheestä ja yksikin havainto voi muuttaa kokeen tuloksia ratkaisevasti. Vaikka yk-



Kuva 1. Kaksi tapaa sijoittaa 4x4 -neliöhila peltolohkolle, kun kerranteita on neljä. Sijoittelussa A kerranteet ovat itä-länsisuunnassa ja sijoittelussa B pohjois-eteläsuunnassa. Ruudun pituus lajikekokeissa on yleensä 1.5mx10m.

sittäisen kokeen merkitys onkin pieni kokonaista lajikekoesarjaa analysoitaessa, on korkean laatutason säilyttämisen edellytys, etteivät yksittäiset kokeet sisällä virheellisiä havaintoja. Tässä esiteltävien tarkastelujen toinen tavoite on varmistua siitä, ettei tarkastelun kohteena oleva koe ole sinällään poikkeuksellinen. Parhaiten poikkeukselliset kokeet havaitaan koesarjan analysoinnissa (Öfversten & Nikander 1996), mutta jo yksittäisen kokeen analysointivaiheessa tämä voidaan havaita käyttämällä muista kokeista saatua tietoa hyväksi.



Kuva 2. Ruutukohtaiset satotulokset. Ensimmäisen kerranteen arvot on merkitty 1:llä ja toiseen kerranteeseen liittyvät arvot 2:lla jne. Lajikkeet on sijoitettu vaakasuoralle akselille lajikekoodin mukaisessa järjestyksessä.

Kokeen tarkastelu kannattaa aloittaa havaittujen arvojen graafisella kuvaamisella. Tässä raportissa vastemuuttujana käytetään hehtaarisatoa, mutta samat menetelmät voidaan kohdistaa myös muihin vastemuuttujiin. Ensimmäiseksi on syytä piirtää kuva, jossa jokaiselle lajikkeelle on merkitty kerranteista saadut hehtaarisadot eri symbolein samaan kuvaan. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi seuraavanlaisella SAS-ohjelmalla:

```
PROC GPLOT;
PLOT sato*lajike=kerranne / nolegend ;
SYMBOL1 i=none v=1 c=black r=1;
SYMBOL2 i=none v=2 c=black r=1;
SYMBOL3 i=none v=3 c=black r=1;
SYMBOL4 i=none v=4 c=black r=1;
RUN;
```

Kuvasta voidaan havaita mm. poikkeukselliset havainnot. Kuvassa 2 on ohran lajikekoe vuodelta 1993. Lajikkeen 19 (472112 Kymppi) hehtaarisato on kolmannessa kerranteessa noin 14 t/ha. On selvää, ettei kyseinen arvo ole oikea, vaan sen tallentamisessa tai laskemisessa on tapahtunut virhe. Poikkeavien havaintojen syiden etsimisessä on aina otettava yhteys kyseisen kokeen vastuuhenkilöön. Mikäli kokeesta poistetaan havaintoja tai arvoja muutetaan, ne ja niihin johtaneet syyt on kirjattava ylös. Näin voidaan tarvittaessa perustellusti selittää, miksi aineistoa on muutettu. Edelleen Kuvasta 2 voidaan hahmottaa myös keskimääräinen satotaso. Mikäli satotaso on poikkeuksellisen matala, johtuen esimerkiksi tavallista huonommista sääoloista, voivat kokeen tulokset poiketa muista kokeista niin paljon, ettei myöhemmin tehtävissä koesarjojen analyysissä tätä yksittäistä koetta kannata pitää mukana. Toisaalta on mahdollista ottaa koesarjoja analysoitaessa huomioon keskimääräinen satotaso eri lajikekokeissa, jolloin saadaan myös tietoa lajikkeiden käyttäytymisestä erilaisten kasvuolosuhteiden vallitessa. Kun on varmistuttu siitä, ettei aineisto sisällä selviä virheitä, se voidaan analysoida.

6.2 Kokeen analyysin perusteella tehtävät tarkastelut

Lajikekokeiden analysoinnissa käytetään sekamallia. Sekamallissa selittävät tekijät jaetaan kiinteävaikutteisiksi (fixed effect) ja satunnaisvaikutteisiksi (random effect). Tämä jako tehdään aineiston keruutavan ja mallin käyttötarkoituksen mukaan. Kiinteävaikutteisten tekijöiden avulla mallitetaan tutkimustilanteeseen liittyviä pysyviä keskiarvoparametreja. Lajikekokeissa lajiketekijä on ainoa kiinteävaikutteinen tekijä. Satunnaistekijöiden avulla mallitetaan kuhunkin koetilanteeseen liittyvää satunnaisluontoista vaihtelua. Lajikekokeissa tällaisia vaihtelun lähteitä ovat kerranteet ja niiden sisältämät lohkotekijät. Yksittäisen lajikekokeen tärkein tavoite on estimoida lajikkeiden keskisatojen odotusarvot. Esimerkiksi eri lajikkeiden hehtaarisadon odotusarvon laskemiseksi käytetään SAS-ohjelmaa:

```
PROC MIXED;
CLASS kerranne lohko lajike;
MODEL sato = lajike / s noint;
RANDOM kerranne kerranne*lohko;
RUN;
```

Hehtaarisadon odotusarvon laskemisessa käytetty SAS MIXED-proseduuri (SAS Institute 1996) hyväksyy havaintoaineistosta puuttuvat tiedot, joten niiden tilalle ei tarvitse, eikä pidäkään sijoittaa mitään itse laskettuja arvoja. Koetta analysoitaessa ollaan yleensä kiinnostuneita tietämään, eroavatko lajikkeet mittarilajikkeesta tämän yksittäisen kokeen perusteella. Tätä voidaan testata käyttämällä MIXED-proseduurissa ESTIMATE-lausetta. Kun mittarilajikkeita on useampia, ei kannata testata vertailtavien lajikkeiden eroja jokaiseen mittarilajikkeeseen erikseen. Järkevämpää on testata muita lajikkeita mittarilajikkeiden keskiarvoon (Silvey 1978), jolloin testien lukumäärä pienenee. Tällaiset testit voidaan myös tehdä käyttämällä ESTIMATE-lausetta. Yksittäisistä kokeista saatavilla lajikkeiden vertailutuloksilla ei useinkaan ole paljon käyttöarvoa, koska lajikkeiden väliset erot riippuvat paljon mm. vuodesta ja koepaikasta. Näin ollen samanlaiset kasvuolosuhteet toistuvat harvoin, jolloin yksittäisen lajikekokeen tuloksia ei voida juurikaan hyödyntää.

Edellisen kaltaisissa monivertailutilanteissa ei yksittäisen testin kohdalla voida käyttää kriittisenä tasona esimerkiksi 5 %, mikäli halutaan, että koko testaustilanteen kriittiseksi tasoksi tulee 5 %. Yksi vaihtoehto on jakaa testaustilanteen kriittinen taso testien lukumäärällä, mikä on Bonferronin esittämä testausmalli. Saatu uusi testikohtainen kriittinen taso johtaa likimain tilanteeseen, jossa koko testaustilanteen kriittiseksi tasoksi tulee haluttu, esimerkiksi 5 %. On olemassa myös muitakin monivertailumenetelmiä, joista Dunnetin esittämä testausmalli käynee myös hyvin testattavien lajikkeiden ja mittarilajikkeiden eron tutkimiseen (Maxwell & Delaney 1990).

Liitteessä 3 on analyysin tulokset eräästä vuonna 1993 tehdystä ohran lajikekokeesta. Koe on esitetty Kuvassa 2, mutta poikkeava havainto on poistettu. Analyysin tuloksista on tärkeää tarkkailla satunnaistekijöiden (lohko, kerranne ja jäännösvirheen) varianssien estimaatteja. Saatuja estimaatteja on verrattava saman peltokasvin muista lajikekokeista saatuihin arvoihin. Varsinkin jäännösvirheen (residual) varianssin tarkastelu on tärkeää. Mikäli jokin näistä varianssien estimaateista poikkeaa selvästi tavallisesta arvostaan, on syytä harkita kokeen poistamista lajikekokeiden koesarjasta. Syynä poikkeaviin kokeisiin voi olla sää tai kokeen sijoituspaikka, joka on liian heterogeeninen (kerranteiden tai lohkojen välinen vaihtelu on liian suurta). Liitteestä 3 havaitaan, ettei kerranteiden, eikä lohkojen välillä ilmene eroja (kyseiset satunnaistekijöiden varianssit ovat estimoituneet nolliksi). Jäännösvirhe on sitä vastoin aika suuri

$$(1000 \cdot \sqrt{0{,}255229958} \approx 502 \text{ kg/ha}),$$

koska se on ohralla yleensä noin 300 kg/ha. Tämä johtunee osittain kokeen kohtuullisen suuresta sadon keskiarvosta (6,497 t/ha), mutta suurin syy saattaa olla pellolla esiintyvät vaihtelut, joita lohkomisella ei ole saatu poistettua. Mikäli koeruutujen sijoittaminen peltolohkolle on tässä tapauksessa epäonnistunut, tämä selittäisi myös sen, miksi kerranteen ja lohkon satunnaistekijöiden varianssit ovat estimoituneet nolliksi.

Satunnaistekijöiden jakaumaominaisuuksien paikkansapitävyyttä on myös tarkasteltava. Tärkeintä on tutkia normaalisuusoletusta. Koska kerranteita on vähän (yleensä neljä), ei ole järkevää tutkia kerranteeseen liittyvän satunnaistekijän normaalisuusoletusta. Ensimmäiseksi satunnaistekijät on laskettava ja talletettava. Tämä voidaan tehdä SAS MIXED-proseduurissa (SAS Institute 1996) käyttäen hyväksi solution- ja predicted-optioita sekä make-lausetta:

```
PROC MIXED;
CLASS lajike lohko kerranne;
MODEL sato=lajike / s predicted noint;
RANDOM kerranne kerranne*lohko /
solution;
MAKE solutionR out=random;
MAKE predicted out=resi;
RUN;
```

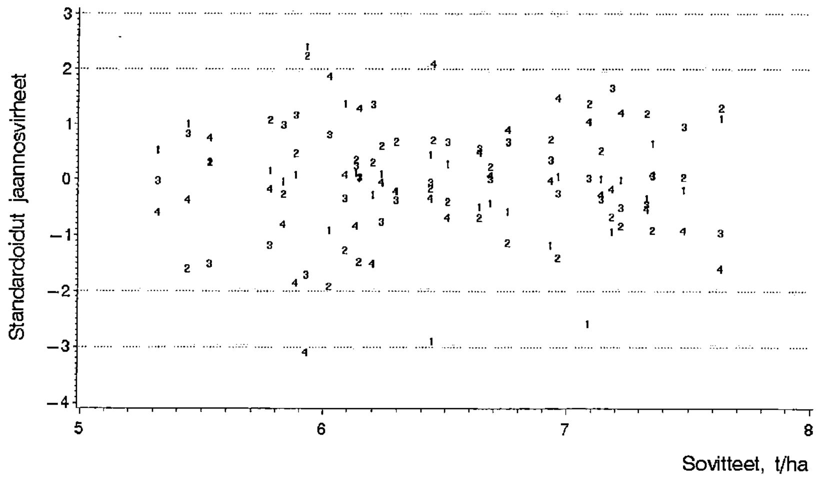
Nyt SAS on tallettanut jäännösvirheet SAS-tietueeseen 'resi' ja kerranteeseen ja lohkoon liittyvät satunnaistekijät tietueeseen 'random'.

On olemassa monta erilaista graafista menetelmää normaalisuusoletuksen paikkansapitävyyden tarkastelemiseksi. Käyttökelpoisia ovat esimerkiksi ns. Q-Q- ja boxplotkuviot. Näiden lisäksi Ghost (1996) on esittänyt uuden graafisen tavan tarkastella normaalisuusoletusta. On olemassa myös normaalisuusoletusta testaavia testejä, joista yleisin on ns. Shapiro-Wilkin testi, joka perustuu Q-Q-plotin tavoin järjestettyihin jäännösvirheisiin. Esimerkiksi SAS UNIVARIATE-proseduuri tulostaa Shapiro-Wilkin testisuureen arvon ja sitä vastaavan p-arvon pyydettäessä. Kokeen laatua arvioiva henkilö voi itse päättää, mitä edellä mainituista menetelmistä hän haluaa käyttää. Suosittelen tehtäväksi sekä Shapiro-Wilkin testin että piirrettäväksi joko Q-Q-plotin tai Ghostin (1996) esittämän T_3-plotin. Mikäli kumpikaan tehdyistä tarkasteluista ei hylkää normaalisuusoletusta, voidaan uskoa oletuksen olevan voimassa.

Esimerkkinä olleessa aineistossa Shapiro-Wilkin testisuureen arvo jäännösvirheelle on 0,9808 (p-arvo=0,5220), joten oletusta jäännösvirheiden normaalijakautuneisuudesta ei voida kumota. Ghostin esittämä T_3-plotti on herkkä poikkeaville havainnoille, kuten on myös Shapiro-Wilkin testi. Tässä tilanteessa T_3-plotti ei rikkonut 5 %:n rajaa ja myös Q-Q-plotti pysyi kohtuullisen hyvin 5 % kriittistä tasoa kuvaavien käyrien sisäpuolella. Lajikekokeissa tulee herkästi satohavaintoja, jotka ovat tavallista pienempiä. Näin ollen normaalijakautuneisuus ei ole aivan täydellistä. Tästä ei yleensä kannata huolestua, sillä pieni eroavaisuus normaalijakaumasta voidaan sallia. Näin ollen, jos T_3-plotti tai Q-Q-plotti rikkoo 5 %:n kriittisen tason lievästi käyrän alkupäässä, ei pidä huolestua.

Lohkon satunnaistekijän normaalisuutta tutkittaessa ei havaintojen vähyyden takia kannata tehdä kovinkaan voimakkaita johtopäätöksiä. Yleistä on, että jakaumasta tulee vino, koska yksi tai useampi lohko voi olla viljelyolosuhteiltaan muita lohkoja heikompia. Tässä esimerkkitilanteessa normaalisuusoletuksen tutkimista ei tietysti voida tehdä, koska lohkon satunnaistekijä on estimoitunut nollaksi.

Mikäli normaalisuusoletuksen paikkansapitävyys ei näytä toteutuvan, on syytä tutkia niiden havaintojen oikeellisuutta, joihin liittyvä satunnaistekijän estimoitu arvo on itseisarvoltaan suuri. Tätä varten on tarpeellista piirtää kuva, jossa standardoidut jäännösvirheet (ts. jäännösvirheet, jotka on jaettu hajonnallaan) piirretään mallin perusteella saatuja sovitteita vastaan (Kuva 3). Kuvasta voidaan havaita, suureneeko satunnaistekijän varianssi, kun sovitteen arvo suurenee. Toiseksi voidaan havaita ne poikkeukselliset arvot, jotka yleensä kumoavat normaalijakaumaoletuksen. Mikäli standardoitu satunnaistekijä on itseisarvoltaan kolmea suurempi, on se yleensä katsottava poikkeukselliseksi arvoksi ja mahdollisesti poistettava. Mikäli lajikekokeessa vertailtavien lajikkeiden lukumäärä on suurempi tai yhtäsuuri kuin 30, ei pidä huolestua, jos yksi havainto ylittää kolmen hajonnan rajan lievästi. Mikäli jokin havainto poistetaan aineistosta, on analysointi luonnollisesti tehtävä uudestaan.



Kuva 3. Standardoitujen jäännösvirheiden plotti sovitteita vastaan. Mikäli standardoidun jäännösvirheen itseisarvo on kolmea suurempi, jäännösvirhettä vastaavaa havaintoa katsotaan usein poikkeavaksi. Ensimmäisen kerranteen arvot on merkitty 1:llä ja toiseen kerranteeseen liittyvät arvot 2:lla jne.

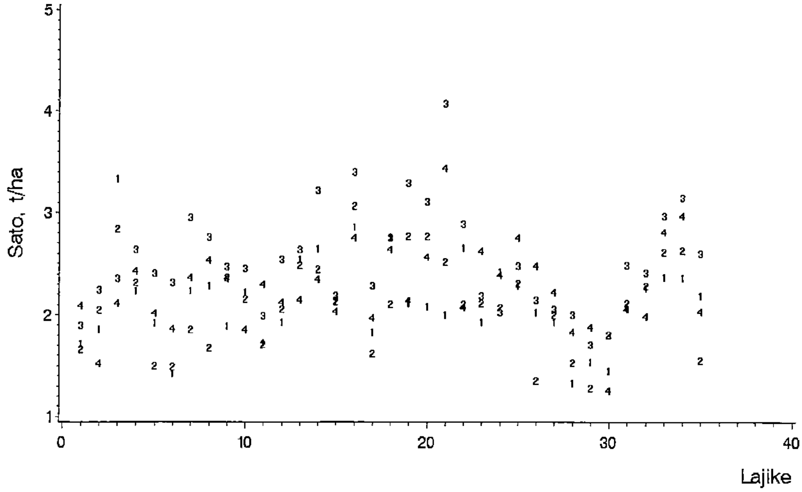
Kuten Kuvasta 3 havaitaan, yksi havainto on yli kolmen hajonnan päässä nollasta. Koska lajikkeita on 30 ja normaalisuusoletus on voimassa, emme näe tarpeelliseksi poistaa kyseistä havaintoa, jolloin vastaavan lajikkeen satokeskiarvoksi estimoituu 5,926 t/ha. Mikäli havainto olisi poistettu analyysistä, kyseisen lajikkeen estimoiduksi satokeskiarvoksi olisi saatu 6,370 t/ha. Koska havaintojen poistamisella voidaan vaikuttaa paljon kokeen lopputuloksiin, olisi niille oltava aina jokin perusteltu syy. On yleistä, että poikkeavat havainnot huomataan vasta analysointivaiheessa. Tällöin on vaikeaa enää löytää syitä yksittäisten havaintojen poikkeuksellisuuksiin. Tämän takia onkin hyväksyttävää poistaa jokin yksittäinen havainto, jos siihen liittyy suurella todennäköisyydellä jotain tavallisuudesta poikkeavaa.

6.3 Kokeen hyväksyminen koesarjaan

Mikäli kokeessa ilmenee ongelmia, voidaan se jättää pois koesarjojen analyysistä. Aina ei kuitenkaan ole tarpeellista hylätä koko koetta, vaan joskus riittää yksittäisen lajikkeen poisto. Kokeen analysointivaiheessa voi olla perusteltua jättää yksi tai useampi ruutu analyysin ulkopuolelle. Jos jonkin lajikkeen koeruuduista vähintään puolet joudutaan jättämään analyysistä pois, suosittelemme koko lajikkeen poistamista tämän kokeen osalta koesarjojen analyysistä. Näin siksi, että kyseinen lajike on estimoitu muihin lajikkeisiin verrattuna selvästi epätarkemmin, eikä koesarjojen analyysi voi ottaa tätä huomioon.

On myös mahdollista poistaa lohko, joka poikkeaa tavallista enemmän muista lohkoista ja aiheuttaa lohkon satunnaistekijän normaalioletuksen hylkäämisen. Myös lohkoihin voidaan soveltaa samaa kriteeriä kuin edellä käytettiin yksittäisiin lajikkeisiin. Näin ollen, jos jostain lohkosta joudutaan poistamaan vähintään puolet havainnoista, olisi kyseinen lohko poistettava kokonaan analyysistä.

Mikäli poistoilla saadaan kokeessa ilmenevät ongelmat selvitettyä, voidaan se hyväksyä koesarjaan. Jos kokeessa ilmenee suuria ongelmia, esimerkiksi lohkominen on tehty väärin tai keskimääräinen hehtaarisato on todella pieni, ei koetta voida hyväksyä koesarjaan.



Kuva 4. Ruutukohtaiset satotulokset. Ensimmäisen kerranteen arvot on merkitty 1:llä ja toiseen kerranteeseen liittyvät arvot 2:lla jne. Lajikkeet on sijoitettu vaakasuoralle akselille lajikekoodin mukaisessa järjestyksessä.

6.4 Esimerkkiaineisto

Tarkastellaan esimerkinomaisesti Lounais-Suomen tutkimusasemalla vuoden 1992 ohran lajikekoetta. Lajikekokeessa on neljä kerrannetta ja testattavien lajikkeiden lukumäärä on 36, jolloin koekaaviona on käytetty 6×6-neliöhilaa. Koska kyseiselle koekaaviolle ei ole olemassa neljää ortogonaalista kerrannetta, on valittu kaksi erilaista kerrannetta ja toistettu niitä. Koekaavion tehokkuus 0,7778 on tässä tapauksessa normaali, jos otetaan huomioon, ettei vuonna 1992 MTT:ssä ole käytetty α-kaavioita. Mittarilajikkeiksi on valittu kolme paljon testattua lajiketta (Arra, Kustaa ja Pohto).

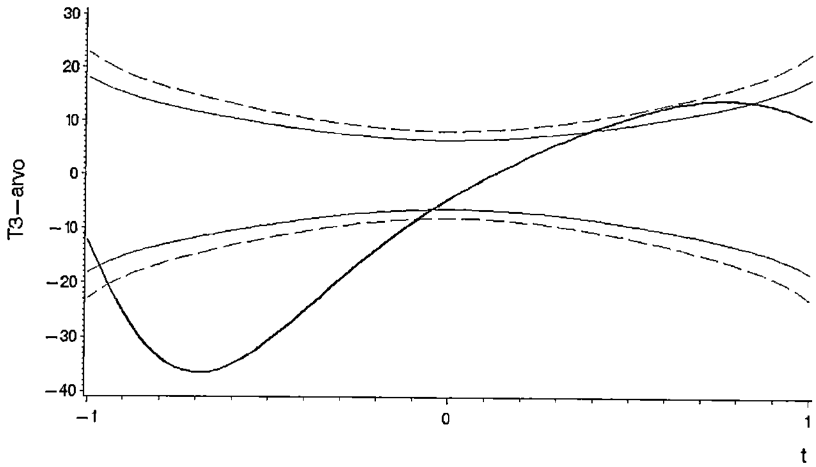
Tuloksista oli jo koetilalla poistettu kaksi ruutua, jotka olivat lajikkeen 904053 (Bw 4053) kolmannen ja neljännen kerranteen hehtaarisadot. Koska kyseisestä lajikkeesta jäi vain kaksi ruutua, ei niiden perusteella saatua satokeskiarvoa voida pitää riittävän tarkkana, eikä kyseistä lajiketta voitane hyväksyä tämän kokeen osalta lajikekoesarjaan. Lajikkeen 904053 (Bw 4053) ensimmäisen ja toisen kerranteen havainnot pidetään kuitenkin mukana analyysissä, jotta muiden lajikkeiden keskisadot saadaan laskettua mahdollisemman tarkasti.

Kokeen laadun arvioinnissa on ensimmäiseksi piirretty ruutukohtaiset havainnot (Kuva 4), joista yksikään ei näytä silmämääräisesti olevan erityisen poikkeava. Tarkasteltaessa kokeen keskimääräistä satotasoa, havaitaan sen olevan melko pieni (2,276 t/ha). Seuraavaksi koe on analysoitu käyttämällä SAS-ohjelmaa:

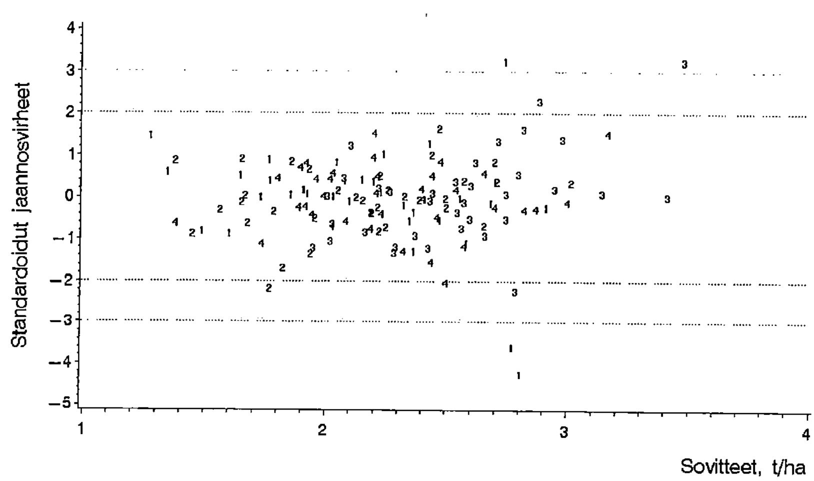
```
PROC MIXED ratio covtest;
CLASS kerranne lohko lajike;
MODEL sato = lajike ;
RANDOM kerranne kerranne*lohko;
RUN;
```

Liitteessä 4 on ohjelmaa vastaava SAS-tulostus, josta havaitaan:

- ohralajikkeiden hehtaarisadoissa on eroja, sillä vastaava testi on tilastollisesti merkitsevä ($F_{35,83}$=9,21 ja p-arvo < 0,0001)



Kuva 5. T_3-plotti sekä 5 % ja 1 % riskitason rajat aineistolle, jossa normaalisuusoletus ei ole voimassa. Käyrä kulkee kuvaajan alkupäässä selvästi rajojen ulkopuolella, jolloin aineisto mahdollisesti sisältää liian pieniä arvoja.



Kuva 6. Standardoitujen jäännösvirheiden plotti sovitteita vastaan. Mikäli standardoidun jäännösvirheen itseisarvo on kolmea suurempi, jäännösvirhettä vastaavaa havaintoa katsotaan usein poikkeavaksi. Ensimmäisen kerranteen arvot on merkitty 1:llä ja toiseen kerranteeseen liittyvät arvot 2:lla jne. Aineisto sisältää useamman poikkeavan havainnon.

- kerranteen varianssikomponentin ei voida väittää poikkeavan nollasta (p-arvo=0,32)

- lohkon varianssikomponentti on nollasta poikkeava (p-arvo=0,0171). Lisäksi kyseisen komponentin estimaatti

  $(1000 \cdot \sqrt{0{,}03871464} \approx 197$ kg/ha)

  ei poikkea tavanomaisesta arvosta

- jäännösvirhe on hiukan tavallista pienempi

  $(1000 \cdot \sqrt{0{,}05530531} \approx 235$ kg/ha),

  mikä johtunee normaalia pienemmästä keskimääräisestä satotasosta

Tutkittaessa jäännösvirheen normaalisuusoletusta, saatiin Shapiro-Wilkin testin p-arvoksi 0,0012. Koska myös T_3-plotti (Kuva 5) rikkoi selvästi 5 % kriittisen tason, ei normaalisuusoletuksen voida uskoa olevan voimassa. Standardoiduissa jäännösvirheissä oli muutamia poikkeuksellisia arvoja (Kuva 6). Näistä poistettiin kaksi poikkeavinta, jotka olivat lajikkeiden 506405 (Ida) ja 507037 (Mette) ensimmäisen kerranteen havainnot. Kahdella poistolla Shapiro-Wilkin testin p-arvoksi saatiin 0,5911 ja myös T_3-plotista tuli normaalisuusoletusta tukeva, joten useampien havaintojen poistaminen ei ole tarpeellista. Koska lohkoon liittyvä varianssikomponentti ei ollut estimoitunut nollaksi, voidaan sen normaalisuusoletusta testata. Tässä tapauksessa sekä Shapiro-Wilkin testi (p-arvo=0,6508) että T_3-plotti tukevat normaalisuusoletusta. Lisäämällä MODEL-lauseeseen SOLUTION-optio saadaan laskettuksi lajikekeskiarvot, joita voidaan käyttää koesarjojen analyysissä.

Ohralajikkeiden satotasoja tässä yksittäisessä kokeessa voitaisiin verrata kolmeen mittarilajikkeen keskimääräiseen satotasoon. Näin samanaikaisten testien lukumäärä olisi 32, koska lajikkeen 904053 (Bw 4053) tuloksia ei otettu vertailuun. Testikohtaiseksi kriittiseksi tasoksi tulee tällöin 0,05/32=0,00156, jolloin koko testaustilanteen kriittinen taso on 5 %. Näihin testeihin ei kannattane puuttua tarkemmin, koska kyseiset testit eivät kuulu virallisissa lajikekokeissa tehtäviin toimintoihin, eikä testien tuloksia voida hyödyntää.

Kirjallisuus

Cochran, W.G. & Cox, G.M. 1957. Experimental designs, Second edition. New York: John Wiley & Sons. 611 p.

Ghost, S. 1996. A New graphical tool to detect non-normality. Journal of the Royal Statistical Society, Series B 58: 691-702.

Gomez, K.A. & Gomez, A.A. 1984. Statistical procedures for agricultural research, Second edition. New York: John Wiley & Sons. 627 p.

Harshbarger, B. 1949. Triple rectangular lattices. Biometrics 5: 1-13.

John, J.A. 1987. Cyclic designs. London: Chapman and Hall. 204 p. ISBN 0-412-28240-2.

Järvi, A., Kangas, A., Mustonen, L., Salo, Y., Talvitie, H., Vuorinen, M. & Mäkelä, L. 1995. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1987-1994. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2/95. 126 p. ISBN 951-729-466-2. ISSN 0359-7652.

Maxwell, S.E. & Delaney, H.D. 1990. Designing experiments and analyzing data. Belmont: Wadsworth. 724 p.

Ocerin, J., Guzman, A. & Serrano, J. 1996. Design of experiments and statistical education in agriculture. III HARMA Meeting, Corboda, November 1996. Actas no: 26. 245 p. ISBN 84-7801-357-1

Patterson, H.D. & Silvey, V. 1980. Staturory and recommended list of crop varieties in the United Kingdom. Journal of the Royal Statistical Society, Series A 143: 219-252.

– & Williams, E.R. 1976. A New class of resolvable incomplete block designs. Biometrika 63: 83-92.

–, Williams, E.R. & Hunter, E.A. 1978. Block designs for variety trials. Journal of Agricultural Science 90: 395-400.

SAS Institute. 1996. SAS/STAT Software: Changes and enhancements through release 6.11. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1104 p.

Seeger, P. & Kjeller, M. 1988. Efficiency of generalized latticed in Swedish variety trials. Swedish Journal of Agricultural Research 18:155-159.

Silvey, V. 1978. Methods of analysing NIAB variety trial data over many sites and several seasons. J. Natn. Inst. Agric. Bot. 14: 385-400.

Öfversten, J. & Nikander, H. 1996. Lajikekoesarjojen analysointi. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja B 2. 27 p. ISSN 1238-9943.

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus

31600 JOKIOINEN

Julkaisun sarja ja numero
Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.
Sarja B 10

Julkaisuaika (kk ja vuosi)
Lokakuu 1997

Tekijä(t)
Lauri Jauhiainen
Jukka Öfversten

Tutkimushankkeen nimi

Toimeksiantaja(t)
Maatalouden tutkimuskeskus

Nimike
Lajikekokeiden suunnitelu ja laadunvalvonta

Tiivistelmä

Maatalouden tutkimuskeskuksen koordinoiman peltokasvien virallisen lajikekoetoiminnan puitteissa suoritetaan vuosittain yli sata yksittäistä kenttäkoetta. Kokeiden pääasiallisena tarkoituksena on kerätä tutkimusaineistoa laajempien koesarjakohtaisten analyysien tekemiseksi. Tällaisen analyysin edellytyksenä on, että koesarjaan kuuluvien kokeiden on oltava rakenteeltaan riittävän yhtenäisiä ja yksittäisten koehavaintojen on oltava oikein ja virheettömästi kirjattuja. Lisäksi analysoitavat koeaineistot eivät saa sisältää jakaumaominaisuuksiltaan poikkeuksellisia yksittäisiä havaintoja tai osa-aineistoja. Kun tällaiset koeaineistojen laatuun liittyvät vaatimukset halutaan täyttää, avaintekijöiksi nousevat käytettävät koekaaviot, satunnaistamismenettelyt, kokeiden sijoittaminen pellolle sekä poikkeavien havaintojen ja osa-aineistojen tunnistamismenettelyt. Tässä raportissa tarkastellaan virallisissa lajikekokeissa hyviksi ja käyttökelpoisiksi todettuja koekaavioita sekä annetaan ohjeita ja suosituksia eri koetilanteisiin soveltuvien koekaavioiden käyttämiseksi. Uutena mahdollisuutena selvitellään brittiläisessä lajikekoetoiminnassa yleisesti käytettyjä α-kaavioita, joita toistaiseksi ei ole lainkaan käytetty Maatalouden tutkimuskeskuksen koordinoimissa lajikekokeissa. Raportissa annetaan myös suosituksia kokeiden sijoittamisesta pellolle ja tarkastellaan keinoja yksittäisistä kokeista saataviin koeaineistoihin sisältyvien poikkeuksellisten havaintojen ja osa-aineistojen tunnistamiseksi. Koeaineistojen laadunhallinnan yhtenä osana esitetään myös suositus yksittäisistä kokeista saatavien havaintoaineistojen tilastolliseksi analyysiksi. Raportin laatimisen yhteydessä on valmisteltu myös tietokoneohjelma, jonka avulla voidaan sekä tuottaa kaikki raportin suositusten mukaiset koekaaviot että suorittaa kaikki raportin suosittelemat tilastolliset analyysit ja aineistojen tarkistustehtävät.

Avainsanat laadunhallinta, lajikekokeet, kenttäkokeet, koekaaviot, koesuunnittelu, peltokasvitutkimus, poikkeavat havainnot, satunnaistaminen, sijoittaminen pellolle

Toimintayksikkö
Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

ISSN 1238-9943

ISBN 951-729-500-6

[X] Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä

Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN
Puh. (03) 41 881
Telekopio (03) 4188 339

Sivuja
23 s. + 4 liitettä

Hinta

Käyttökelpoiset koekaaviot lajikekokeissa

v=16, E=0.7895, neliöhila

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 2 3 4	(1)	1 5 9 13	(1)	1 7 12 14	(1)	1 8 10 15
(2)	5 6 7 8	(2)	2 6 10 14	(2)	2 8 11 13	(2)	2 7 9 16
(3)	9 10 11 12	(3)	3 7 11 15	(3)	3 5 10 16	(3)	3 6 12 13
(4)	13 14 15 16	(4)	4 8 12 16	(4)	4 6 9 15	(4)	4 5 11 14

v=20, E=0.7686, suorakaidehila

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 2 3 4	(1)	5 9 13 17	(1)	8 11 15 18	(1)	6 12 14 20
(2)	5 6 7 8	(2)	1 10 14 18	(2)	1 5 12 19	(2)	3 5 16 18
(3)	9 10 11 12	(3)	2 6 15 19	(3)	2 9 16 20	(3)	1 7 9 15
(4)	13 14 15 16	(4)	3 7 11 20	(4)	3 6 10 13	(4)	4 11 13 19
(5)	17 18 19 20	(5)	4 8 12 16	(5)	4 7 14 17	(5)	2 8 10 17

v=24, E=0.7533, α(0,1)-kaavio

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 7 13 19	(1)	1 9 16 24	(1)	1 8 17 21	(1)	1 11 15 22
(2)	2 8 14 20	(2)	2 10 17 19	(2)	2 9 18 22	(2)	2 12 16 23
(3)	3 9 15 21	(3)	3 11 18 20	(3)	3 10 13 23	(3)	3 7 17 24
(4)	4 10 16 22	(4)	4 12 13 21	(4)	4 11 14 24	(4)	4 8 18 19
(5)	5 11 17 23	(5)	5 7 14 22	(5)	5 12 15 19	(5)	5 9 13 20
(6)	6 12 18 24	(6)	6 8 15 23	(6)	6 7 16 20	(6)	6 10 14 21

v=25, E=0.8182, neliöhila

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 2 3 4 5	(1)	1 6 11 16 21	(1)	1 10 14 18 22	(1)	1 8 15 17 24
(2)	6 7 8 9 10	(2)	2 7 12 17 22	(2)	2 6 15 19 23	(2)	4 6 13 20 22
(3)	11 12 13 14 15	(3)	3 8 13 18 23	(3)	3 7 11 20 24	(3)	2 9 11 18 25
(4)	16 17 18 19 20	(4)	4 9 14 19 24	(4)	4 8 12 16 25	(4)	5 7 14 16 23
(5)	21 22 23 24 25	(5)	5 10 15 20 25	(5)	5 9 13 17 21	(5)	3 10 12 19 21

v=28, E=0.7429, α(0,1)-kaavio

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 8 15 22	(1)	1 9 17 26	(1)	1 11 21 27	(1)	1 10 19 23
(2)	2 9 16 23	(2)	2 10 18 27	(2)	2 12 15 28	(2)	2 11 20 24
(3)	3 10 17 24	(3)	3 11 19 28	(3)	3 13 16 22	(3)	3 12 21 25
(4)	4 11 18 25	(4)	4 12 20 22	(4)	4 14 17 23	(4)	4 13 15 26
(5)	5 12 19 26	(5)	5 13 21 23	(5)	5 8 18 24	(5)	5 14 16 27
(6)	6 13 20 27	(6)	6 14 15 24	(6)	6 9 19 25	(6)	6 8 17 28
(7)	7 14 21 28	(7)	7 8 16 25	(7)	7 10 20 26	(7)	7 9 18 22

Liite 1 (2/4)

v=30, E=0.8046, α(0,1,2)-kaavio

	lohko	lohko	lohko	lohko
(1)	1 7 13 19 25	1 8 16 21 29	1 12 15 22 26	1 11 18 20 27
(2)	2 8 14 20 26	2 9 17 22 30	2 7 16 23 27	2 12 13 21 28
(3)	3 9 15 21 27	3 10 18 23 25	3 8 17 24 28	3 7 14 22 29
(4)	4 10 16 22 28	4 11 13 24 26	4 9 18 19 29	4 8 15 23 30
(5)	5 11 17 23 29	5 12 14 19 27	5 10 13 20 30	5 9 16 24 25
(6)	6 12 18 24 30	6 7 15 20 28	6 11 14 21 25	6 10 17 19 26

v=32, E=0.7352, α(0,1)-kaavio

	lohko	lohko	lohko	lohko
(1)	1 9 17 25	1 10 20 30	1 11 24 28	1 15 18 29
(2)	2 10 18 26	2 11 21 31	2 12 17 29	2 16 19 30
(3)	3 11 19 27	3 12 22 32	3 13 18 30	3 9 20 31
(4)	4 12 20 28	4 13 23 25	4 14 19 31	4 10 21 32
(5)	5 13 21 29	5 14 24 26	5 15 20 32	5 11 22 25
(6)	6 14 22 30	6 15 17 27	6 16 21 25	6 12 23 26
(7)	7 15 23 31	7 16 18 28	7 9 22 26	7 13 24 27
(8)	8 16 24 32	8 9 19 29	8 10 23 27	8 14 17 28

v=35, E=0.7967, α(0,1)-kaavio

	lohko	lohko	lohko	lohko
(1)	1 8 15 22 29	1 9 17 26 32	1 11 21 27 31	1 10 19 23 35
(2)	2 9 16 23 30	2 10 18 27 33	2 12 15 28 32	2 11 20 24 29
(3)	3 10 17 24 31	3 11 19 28 34	3 13 16 22 33	3 12 21 25 30
(4)	4 11 18 25 32	4 12 20 22 35	4 14 17 23 34	4 13 15 26 31
(5)	5 12 19 26 33	5 13 21 23 29	5 8 18 24 35	5 14 16 27 32
(6)	6 13 20 27 34	6 14 15 24 30	6 9 19 25 29	6 8 17 28 33
(7)	7 14 21 28 35	7 8 16 25 31	7 10 20 26 30	7 9 18 22 34

v=36, E=0.8360, α(0,1,2)-kaavio

	lohko	lohko
(1)	1 7 13 19 25 31	1 12 15 22 26 32
(2)	2 8 14 20 26 32	2 7 16 23 27 33
(3)	3 9 15 21 27 33	3 8 17 24 28 34
(4)	4 10 16 22 28 34	4 9 18 19 29 35
(5)	5 11 17 23 29 35	5 10 13 20 30 36
(6)	6 12 18 24 30 36	6 11 14 21 25 31

	lohko	lohko
(1)	1 8 16 21 29 36	1 11 18 20 27 34
(2)	2 9 17 22 30 31	2 12 13 21 28 35
(3)	3 10 18 23 25 32	3 7 14 22 29 36
(4)	4 11 13 24 26 33	4 8 15 23 30 31
(5)	5 12 14 19 27 34	5 9 16 24 25 32
(6)	6 7 15 20 28 35	6 10 17 19 26 33

v=40, E=0.7886, α(0,1)-kaavio

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 9 17 25 33	(1)	1 10 20 30 35	(1)	1 11 24 28 38	(1)	1 15 18 29 36
(2)	2 10 18 26 34	(2)	2 11 21 31 36	(2)	2 12 17 29 39	(2)	2 16 19 30 37
(3)	3 11 19 27 35	(3)	3 12 22 32 37	(3)	3 13 18 30 40	(3)	3 9 20 31 38
(4)	4 12 20 28 36	(4)	4 13 23 25 38	(4)	4 14 19 31 33	(4)	4 10 21 32 39
(5)	5 13 21 29 37	(5)	5 14 24 26 39	(5)	5 15 20 32 34	(5)	5 11 22 25 40
(6)	6 14 22 30 38	(6)	6 15 17 27 40	(6)	6 16 21 25 35	(6)	6 12 23 26 33
(7)	7 15 23 31 39	(7)	7 16 18 28 33	(7)	7 9 22 26 36	(7)	7 13 24 27 34
(8)	8 16 24 32 40	(8)	8 9 19 29 34	(8)	8 10 23 27 37	(8)	8 14 17 28 35

v=42, E=0.8322, suorakaidehila

lohko		lohko	
(1)	1 2 3 4 5 6	(1)	12 17 22 28 33 38
(2)	7 8 9 10 11 12	(2)	1 7 18 23 34 39
(3)	13 14 15 16 17 18	(3)	2 13 24 29 35 40
(4)	19 20 21 22 23 24	(4)	3 8 14 19 30 41
(5)	25 26 27 28 29 30	(5)	4 9 20 25 36 42
(6)	31 32 33 34 35 36	(6)	5 10 15 21 26 31
(7)	37 38 39 40 41 42	(7)	6 11 16 27 32 37

lohko		lohko	
(1)	7 13 19 25 31 37	(1)	11 15 20 30 35 39
(2)	1 14 20 26 32 38	(2)	2 7 17 26 36 41
(3)	2 8 21 27 33 39	(3)	4 8 13 23 28 32
(4)	3 9 15 28 34 40	(4)	6 10 19 29 34 38
(5)	4 10 16 22 35 41	(5)	1 12 16 21 25 40
(6)	5 11 17 23 29 42	(6)	3 18 22 27 31 42
(7)	6 12 18 24 30 36	(7)	5 9 14 24 33 37

v=45, E=0.7841, α(0,1)-kaavio

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 10 19 28 37	(1)	1 11 22 35 39	(1)	1 18 25 30 40	(1)	1 17 23 31 42
(2)	2 11 20 29 38	(2)	2 12 23 36 40	(2)	2 10 26 31 41	(2)	2 18 24 32 43
(3)	3 12 21 30 39	(3)	3 13 24 28 41	(3)	3 11 27 32 42	(3)	3 10 25 33 44
(4)	4 13 22 31 40	(4)	4 14 25 29 42	(4)	4 12 19 33 43	(4)	4 11 26 34 45
(5)	5 14 23 32 41	(5)	5 15 26 30 43	(5)	5 13 20 34 44	(5)	5 12 27 35 37
(6)	6 15 24 33 42	(6)	6 16 27 31 44	(6)	6 14 21 35 45	(6)	6 13 19 36 38
(7)	7 16 25 34 43	(7)	7 17 19 32 45	(7)	7 15 22 36 37	(7)	7 14 20 28 39
(8)	8 17 26 35 44	(8)	8 18 20 33 37	(8)	8 16 23 28 38	(8)	8 15 21 29 40
(9)	9 18 27 36 45	(9)	9 10 21 34 38	(9)	9 17 24 29 39	(9)	9 16 22 30 41

v=48, E=0.8254, α(0,1)-kaavio

lohko		lohko	
(1)	1 9 17 25 33 41	(1)	1 11 24 28 38 47
(2)	2 10 18 26 34 42	(2)	2 12 17 29 39 48
(3)	3 11 19 27 35 43	(3)	3 13 18 30 40 41
(4)	4 12 20 28 36 44	(4)	4 14 19 31 33 42
(5)	5 13 21 29 37 45	(5)	5 15 20 32 34 43
(6)	6 14 22 30 38 46	(6)	6 16 21 25 35 44
(7)	7 15 23 31 39 47	(7)	7 9 22 26 36 45
(8)	8 16 24 32 40 48	(8)	8 10 23 27 37 46

lohko		lohko	
(1)	1 10 20 30 35 48	(1)	1 14 18 29 36 43
(2)	2 11 21 31 36 41	(2)	2 15 19 30 37 44
(3)	3 12 22 32 37 42	(3)	3 16 20 31 38 45
(4)	4 13 23 25 38 43	(4)	4 9 21 32 39 46
(5)	5 14 24 26 39 44	(5)	5 10 22 25 40 47
(6)	6 15 17 27 40 45	(6)	6 11 23 26 33 48
(7)	7 16 18 28 33 46	(7)	7 12 24 27 34 41
(8)	8 9 19 29 34 47	(8)	8 13 17 28 35 42

v=49, E=0.8571, neliöhila

lohko		lohko	
(1)	1 2 3 4 5 6 43	(1)	12 17 22 28 33 38 43
(2)	7 8 9 10 11 12 44	(2)	1 7 18 23 34 39 47
(3)	13 14 15 16 17 18 45	(3)	2 13 24 29 35 40 44
(4)	19 20 21 22 23 24 46	(4)	3 8 14 19 30 41 48
(5)	25 26 27 28 29 30 47	(5)	4 9 20 25 36 42 45
(6)	31 32 33 34 35 36 48	(6)	5 10 15 21 26 31 49
(7)	37 38 39 40 41 42 49	(7)	6 11 16 27 32 37 46

lohko		lohko	
(1)	7 13 19 25 31 37 43	(1)	11 15 20 30 35 39 43
(2)	1 14 20 26 32 38 44	(2)	2 7 17 26 36 41 46
(3)	2 8 21 27 33 39 45	(3)	4 8 13 23 28 32 49
(4)	3 9 15 28 34 40 46	(4)	6 10 19 29 34 38 45
(5)	4 10 16 22 35 41 47	(5)	1 12 16 21 25 40 48
(6)	5 11 17 23 29 42 48	(6)	3 18 22 27 31 42 44
(7)	6 12 18 24 30 36 49	(7)	5 9 14 24 33 37 47

v=50, E=0.7796, α(0,1)-kaavio

lohko		lohko		lohko		lohko	
(1)	1 11 21 31 41	(1)	1 12 24 36 45	(1)	1 20 27 38 46	(1)	1 16 30 33 47
(2)	2 12 22 32 42	(2)	2 13 25 37 46	(2)	2 11 28 39 47	(2)	2 17 21 34 48
(3)	3 13 23 33 43	(3)	3 14 26 38 47	(3)	3 12 29 40 48	(3)	3 18 22 35 49
(4)	4 14 24 34 44	(4)	4 15 27 39 48	(4)	4 13 30 31 49	(4)	4 19 23 36 50
(5)	5 15 25 35 45	(5)	5 16 28 40 49	(5)	5 14 21 32 50	(5)	5 20 24 37 41
(6)	6 16 26 36 46	(6)	6 17 29 31 50	(6)	6 15 22 33 41	(6)	6 11 25 38 42
(7)	7 17 27 37 47	(7)	7 18 30 32 41	(7)	7 16 23 34 42	(7)	7 12 26 39 43
(8)	8 18 28 38 48	(8)	8 19 21 33 42	(8)	8 17 24 35 43	(8)	8 13 27 40 44
(9)	9 19 29 39 49	(9)	9 20 22 34 43	(9)	9 18 25 36 44	(9)	9 14 28 31 45
(10)	10 20 30 40 50	(10)	10 11 23 35 44	(10)	10 19 26 37 45	(10)	10 15 29 32 46

Käyttökelpoiset koekaaviot, kun lohkojen koko voi vaihdella.

v=21, E=0.7804

lohko	lohko	lohko	lohko
(1) 1 2 3 4 5	(1) 1 11 16 21	(1) 1 6 12 20	(1) 1 8 10 17
(2) 6 7 8 9	(2) 2 7 17 20	(2) 2 10 14 19	(2) 4 13 15 20
(3) 10 11 12 13	(3) 3 8 13 19	(3) 3 7 11 15	(3) 2 9 11 18
(4) 14 15 16 17	(4) 4 9 12 14	(4) 4 8 16 18	(4) 5 7 12 16 19
(5) 18 19 20 21	(5) 5 6 10 15 18	(5) 5 9 13 17 21	(5) 3 6 14 21

v=22, E=0.7911

lohko	lohko	lohko	lohko
(1) 1 2 3 4 5	(1) 1 6 11 16 21	(1) 1 10 14 22	(1) 1 8 12 17
(2) 6 7 8 9 10	(2) 2 7 17 22	(2) 2 6 12 18 20	(2) 4 6 13 15 22
(3) 11 12 13 14	(3) 3 8 13 20	(3) 3 7 11 15	(3) 2 9 11 19
(4) 15 16 17 18	(4) 4 9 14 18	(4) 4 8 16 19	(4) 5 7 14 16 20
(5) 19 20 21 22	(5) 5 10 12 15 19	(5) 5 9 13 17 21	(5) 3 10 18 21

v=23, E=0.8010

lohko	lohko	lohko	lohko
(1) 1 2 3 4 5	(1) 1 6 11 16 21	(1) 1 10 14 22	(1) 1 8 15 17
(2) 6 7 8 9 10	(2) 2 7 12 17 22	(2) 2 6 15 18 23	(2) 4 6 13 19 22
(3) 11 12 13 14 15	(3) 3 8 13 23	(3) 3 7 11 19	(3) 2 9 11 20
(4) 16 17 18 19	(4) 4 9 14 18	(4) 4 8 12 16 20	(4) 5 7 14 16 23
(5) 20 21 22 23	(5) 5 10 15 19 20	(5) 5 9 13 17 21	(5) 3 10 12 18 21

v=26, E=0.7728

lohko	lohko	lohko	lohko
(1) 1 7 13 19 25	(1) 1 8 16 21	(1) 1 12 15 22 26	(1) 1 11 18 20
(2) 2 8 14 20 26	(2) 2 9 17 22	(2) 2 7 16 23	(1) 2 12 13 21
(3) 3 9 15 21	(3) 3 10 18 23 25	(3) 3 8 17 24	(1) 3 7 14 22
(4) 4 10 16 22	(4) 4 11 13 24 26	(4) 4 9 18 19	(1) 4 8 15 23
(5) 5 11 17 23	(5) 5 12 14 19	(5) 5 10 13 20	(1) 5 9 16 24 25
(6) 6 12 18 24	(6) 6 7 15 20	(6) 6 11 14 21 25	(1) 6 10 17 19 26

v=29, E=0.7975

lohko	lohko	lohko	lohko
(1) 1 7 13 19 25	(1) 1 8 16 21 29	(1) 1 12 15 22 26	(1) 1 11 18 20 27
(2) 2 8 14 20 26	(2) 2 9 17 22	(2) 2 7 16 23 27	(2) 2 12 13 21 28
(3) 3 9 15 21 27	(3) 3 10 18 23 25	(3) 3 8 17 24 28	(3) 3 7 14 22 29
(4) 4 10 16 22 28	(4) 4 11 13 24 26	(4) 4 9 18 19 29	(4) 4 8 15 23
(5) 5 11 17 23 29	(5) 5 12 14 19 27	(5) 5 10 13 20	(5) 5 9 16 24 25
(6) 6 12 18 24	(6) 6 7 15 20 28	(6) 6 11 14 21 25	(6) 6 10 17 19 26

Liite 2 (2/4)

v=31, E=0.8107

lohko
(1) 1 7 13 19 25 31
(2) 2 8 14 20 26
(3) 3 9 15 21 27
(4) 4 10 16 22 28
(5) 5 11 17 23 29
(6) 6 12 18 24 30

lohko
(1) 1 8 16 21 29
(2) 2 9 17 22 30 31
(3) 3 10 18 23 25
(4) 4 11 13 24 26
(5) 5 12 14 19 27
(6) 6 7 15 20 28

lohko
(1) 1 12 15 22 26
(2) 2 7 16 23 27
(3) 3 8 17 24 28
(4) 4 9 18 19 29
(5) 5 10 13 20 30
(6) 6 11 14 21 25 31

lohko
(1) 1 11 18 20 27
(2) 2 12 13 21 28
(3) 3 7 14 22 29
(4) 4 8 15 23 30 31
(5) 5 9 16 24 25
(6) 6 10 17 19 26

v=34, E=0.8269

lohko
(1) 1 7 13 19 25 31
(2) 2 8 14 20 26 32
(3) 3 9 15 21 27 33
(4) 4 10 16 22 28 34
(5) 5 11 17 23 29
(6) 6 12 18 24 30

lohko
(1) 1 8 16 21 29
(2) 2 9 17 22 30 31
(3) 3 10 18 23 25 32
(4) 4 11 13 24 26 33
(5) 5 12 14 19 27 34
(6) 6 7 15 20 28

lohko
(1) 1 12 15 22 26 32
(2) 2 7 16 23 27 33
(3) 3 8 17 24 28 34
(4) 4 9 18 19 29
(5) 5 10 13 20 30
(6) 6 11 14 21 25 31

lohko
(1) 1 11 18 20 27 34
(2) 2 12 13 21 28
(3) 3 7 14 22 29
(4) 4 8 15 23 30 31
(5) 5 9 16 24 25 32
(6) 6 10 17 19 26 33

v=37, E=0.8082

lohko
(1) 1 2 3 4 5 6
(2) 7 8 9 10 11 12
(3) 13 15 16 17 14
(4) 19 20 22 21 18
(5) 23 24 25 26 27
(6) 28 29 30 31 32
(7) 33 34 35 36 37

lohko
(1) 7 13 19 25 31 37
(2) 1 20 26 32 34
(3) 2 8 27 30 33
(4) 3 9 15 29 36
(5) 4 10 16 22 35
(6) 5 11 17 21 24
(7) 6 12 14 18 23 28

lohko
(1) 12 17 22 30 34
(2) 1 7 14 21 29 33
(3) 2 13 18 24 36
(4) 3 8 19 23 35
(5) 4 9 20 25 28
(6) 5 10 15 26 31
(7) 6 11 16 27 32 37

lohko
(1) 11 15 20 23 33
(2) 2 7 17 26 28 35
(3) 4 8 13 21 32
(4) 6 10 19 24 29 34
(5) 1 12 16 25 36
(6) 3 14 22 27 31
(7) 5 9 18 30 37

v=41, E=0.8279

lohko
(1) 1 2 3 4 5 6
(2) 7 8 9 10 11 12
(3) 13 14 15 16 17 18
(4) 19 20 21 22 23 24
(5) 25 26 27 28 29 30
(6) 31 32 33 34 35 36
(7) 37 38 39 40 41

lohko
(1) 7 13 19 25 31 37
(2) 1 14 20 26 32 38
(3) 2 8 21 27 33 39
(4) 3 9 15 28 34 40
(5) 4 10 16 22 35 41
(6) 5 11 17 23 29
(7) 6 12 18 24 30 36

lohko
(1) 12 17 22 28 33 38
(2) 1 7 18 23 34 39
(3) 2 13 24 29 35 40
(4) 3 8 14 19 30 41
(5) 4 9 20 25 36
(6) 5 10 15 21 26 31
(7) 6 11 16 27 32 37

lohko
(1) 11 15 20 30 35 39
(2) 2 7 17 26 36 41
(3) 4 8 13 23 28 32
(4) 6 10 19 29 34 38
(5) 1 12 16 21 25 40
(6) 3 18 22 27 31
(7) 5 9 14 24 33 37

v=43, E=0.8362

lohko
(1) 1 2 3 4 5 6 43
(2) 7 8 9 10 11 12
(3) 13 14 15 16 17 18
(4) 19 20 21 22 23 24
(5) 25 26 27 28 29 30
(6) 31 32 33 34 35 36
(7) 37 38 39 40 41 42

lohko
(1) 7 13 19 25 31 37 43
(2) 1 14 20 26 32 38
(3) 2 8 21 27 33 39
(4) 3 9 15 28 34 40
(5) 4 10 16 22 35 41
(6) 5 11 17 23 29 42
(7) 6 12 18 24 30 36

lohko
(1) 12 17 22 28 33 38 43
(2) 1 7 18 23 34 39
(3) 2 13 24 29 35 40
(4) 3 8 14 19 30 41
(5) 4 9 20 25 36 42
(6) 5 10 15 21 26 31
(7) 6 11 16 27 32 37

lohko
(1) 11 15 20 30 35 39 43
(2) 2 7 17 26 36 41
(3) 4 8 13 23 28 32
(4) 6 10 19 29 34 38
(5) 1 12 16 21 25 40
(6) 3 18 22 27 31 42
(7) 5 9 14 24 33 37

v=44, E=0.8401

lohko

(1)	1	2	3	4	5	6	43
(2)	7	8	9	10	11	12	44
(3)	13	14	15	16	17	18	
(4)	19	20	21	22	23	24	
(5)	25	26	27	28	29	30	
(6)	31	32	33	34	35	36	
(7)	37	38	39	40	41	42	

lohko

(1)	7	13	19	25	31	37	43
(2)	1	14	20	26	32	38	44
(3)	2	8	21	27	33	39	
(4)	3	9	15	28	34	40	
(5)	4	10	16	22	35	41	
(6)	5	11	17	23	29	42	
(7)	6	12	18	24	30	36	

lohko

(1)	12	17	22	28	33	38	43
(2)	1	7	18	23	34	39	
(3)	2	13	24	29	35	40	44
(4)	3	8	14	19	30	41	
(5)	4	9	20	25	36	42	
(6)	5	10	15	21	26	31	
(7)	6	11	16	27	32	37	

lohko

(1)	11	15	20	30	35	39	43
(2)	2	7	17	26	36	41	
(3)	4	8	13	23	28	32	
(4)	6	10	19	29	34	38	
(5)	1	12	16	21	25	40	
(6)	3	18	22	27	31	42	44
(7)	5	9	14	24	33	37	

v=47, E=0.8474

lohko

(1)	1	2	3	4	5	6	43
(2)	7	8	9	10	11	12	44
(3)	13	14	15	16	17	18	45
(4)	19	20	21	22	23	24	46
(5)	25	26	27	28	29	30	47
(6)	31	32	33	34	35	36	
(7)	37	38	39	40	41	42	

lohko

(1)	7	13	19	25	31	37	43
(2)	1	14	20	26	32	38	44
(3)	2	8	21	27	33	39	45
(4)	3	9	15	28	34	40	46
(5)	4	10	16	22	35	41	47
(6)	5	11	17	23	29	42	
(7)	6	12	18	24	30	36	

lohko

(1)	12	17	22	28	33	38	43
(2)	1	7	18	23	34	39	47
(3)	2	13	24	29	35	40	44
(4)	3	8	14	19	30	41	
(5)	4	9	20	25	36	42	45
(6)	5	10	15	21	26	31	
(7)	6	11	16	27	32	37	46

lohko

(1)	11	15	20	30	35	39	43
(2)	2	7	17	26	36	41	46
(3)	4	8	13	23	28	32	
(4)	6	10	19	29	34	38	45
(5)	1	12	16	21	25	40	
(6)	3	18	22	27	31	42	44
(7)	5	9	14	24	33	37	47

Yksittäisen lajikekokeen analyysin tuloksena saatu MIXED-proseduurin tulostus. Analyysissä kerranteen ja lohkon satunnaistekijän varianssit ovat estimoituneet nolliksi.

The MIXED Procedure

Covariance Parameter Estimates (REML)

Cov Parm	Ratio	Estimate	Std Error	Z	Pr > |Z|
KERRANNE	0.00000000	0.00000000	.	.	.
LOHKO*KERRANNE	0.00000000	0.00000000	.	.	.
Residual	1.00000000	0.25229958	0.03803559	6.63	0.0001

Model Fitting Information for SATO

Description	Value
Observations	118.0000
Res Log Likelihood	-84.7792
Akaike's Information Criterion	-87.7792
Schwarz's Bayesian Criterion	-91.4953
-2 Res Log Likelihood	169.5585

Tests of Fixed Effects

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
LAJIKE	29	65	6.31	0.0001

Liite 4

Yksittäisen lajikekokeen analyysin tuloksena saatu MIXED-proseduurin tulostus.

The MIXED Procedure

Covariance Parameter Estimates (REML)

Cov Parm	Ratio	Estimate	Std Error	Z	Pr > |Z|
KERRANNE	0.60732454	0.03358827	0.03408605	0.99	0.3244
LOHKO*KERRANNE	0.70001656	0.03871464	0.01623193	2.39	0.0171
Residual	1.00000000	0.05530531	0.00853569	6.48	0.0001

Model Fitting Information for SATO

Description	Value
Observations	142.0000
Res Log Likelihood	-40.2609
Akaike's Information Criterion	-43.2609
Schwarz's Bayesian Criterion	-47.2560
-2 Res Log Likelihood	80.5217

Tests of Fixed Effects

Source	NDF	DDF	Type III F	Pr > F
LAJIKE	35	83	9.21	0.0001

Yliopistopaino 1997
ISBN 951-729-500-6
ISSN 1238-9943