Maatalouden tutkimuskeskus

KASVINJALOSTUSLAITOS TIEDOTE NO 13

Jukka Kaseva

Syysviljojen lajivertailukokeen tulokset Jokioisissa 1966-1977

JOKIOINEN 1979

SISÄLLYSLUETTELO

Johdanto

1. Kirjallisuuskatsaus Sivu

1.1. Syysviljojen viljelyn levinneisyys ja laajuus 3

1.2. Syysviljojen satotaso 4

1.3. Syysviljojen menestymiseen vaikuttavat tekijät 5

1.3.1. Talvikauden aikaiset riskitekijät 5

1.3.1.1. Fysiogeeniset tekijät

1.3.1.1.1. Pakkanen 5

1.3.1.1.2. Lumipeite 6

1.3.1.1.3. Routa ja rouste 7

1.3.1.1.4. Jääpeite 8

1.3.1.1.5. Vesipeite 8

1.3.1.1.6. Fysiologinen kuivuus 9

1.3.1.1.7. Karaistuminen 9

1.3.1.1.8. Lämpötila 9

1.3.1.1.9. Juurien venytyskestävyys 9

1.3.1.1.10. Kehitysaste 10

1.3.1.2. Patogeeniset tekijät 10

1.3.1.2.1. Lumihome 11

1.3.1.2.2. Pahkulahomeet 11

1.3.1.2.3. Pohjolan pahkahome 12

1.3.2. Viljelytekniset toimenpiteet 12

1.3.2.1. Esikasvi 12

1.3.2.2. Muokkaus 13

1.3.2.3. Kylvöaika 13

1.3.2.4. Lannoitus 14

1.3.3. Tuhohyönteiset 14

1.3.3.1. Kahukärpänen 14

1.3.4. Maalaji 16

1.3.5. Lajikkeet 18

1.3.5.1. Ruislajikkeet 18

1.3.5.2. Syysvehnälajikkeet 19

1.3.6. Perinnölliset ominaisuudet 20

1.3.7. Fysiologiset muutokset talvehtivilla kasveilla 21
1.3.7.1. Varastohiilihydraatit 21
1.3.7.2. Rasvahapot 22
1.3.7.3. Proteiini 22
1.3.7.4. Vesimäärä 23
1.3.7.5. Askorbiinihappo 24
1.4. Syysviljojen laatuominaisuuksia 24
1.4.1. Sakoluku 24
1.4.2. Proteiini 26
1.4.2.1. Raakavalkuainen 26
1.4.2.2. Aminohapot 28

2. Koetulokset
2.1. Syysviljalajien menestymistä vertailevat kokeet Jokioisissa vuosina 1966-1977 31
2.2. Kokeiden suoritus 31
2.2.1. Koejärjestely 31
2.2.2. Tutkimuslajit 31
2.2.2.1. Syysruis 31
2.2.2.2. Syysvehnä 32
2.2.2.3. Ruisvehnä 32
2.2.2.4. Syysohra 33
2.2.3. Koeolosuhteet 33
2.2.3.1. Lämpöolot 34
2.2.3.2. Sadeolot 37
2.2.3.3. Lumi ja routa 38
2.2.3.4. Koelohkot ja esikasvit 41
2.2.4. Käytännön suoritus 41
2.2.4.1. Viljelytoimenpiteet 41
2.3. Tutkimusaineiston tilastollinen käsittely 42
2.4. Tulokset ja niiden tarkastelu 43
2.4.1. Syysviljalajien välinen vaihtelu 45
2.4.1.1. Satotaso 45
2.4.1.2. Viljelytekniset ominaisuudet 48
2.4.1.3. Sadon laatu 49
2.4.1.4. Talvituho 54
2.4.2. Vuosien välinen vaihtelu 55
2.4.3. Vuosien välisen vaihtelun tarkastelu 58
2.5. Tiivistelmä 58
Kirjallisuusluettelo 61
Liitteet 64

JOHDANTO

Syysviljojen osuus peltoalasta on jatkuvasti vähentynyt ollen vuonna 1978 enää vajaa kolme prosenttia eli n. 58 000 ha. Viime vuosina syyskylvöt ovat kohdanneet suuria vaikeuksia, eikä niitä ole voitu tehdä suunnitellussa laajuudessa. Kiinnostusta syysviljojen viljelyyn on varmasti olemassa ja normaalioloissa syysviljojen yhteinen kylvöala kohoaa yli 100 000 hehtaarin, jota on pidettävä tavoitteena syysviljaomavaraisuuden ylläpitämiseksi. Rukiin ja syysvehnän pinta-alat ovat olleet 1960-luvun lopulta lähtien lähes samansuuruisia.

Syysviljojen viljely on keskittynyt Lounais-Suomeen ja niiden hallussa on yli 10 % peltoalasta, kun vastaava luku koko maan osalta on n. 4 %. Huomattavin alueellinen muutos on ollut rukiin viljelyn siirtyminen Etelä-Suomeen ja vastaava väheneminen Keski-Suomessa ja Keski-Pohjanmaalla. Siirtymistä nopeuttivat karjattomaan maatalouteen siirtyminen ja yleinen viljanviljelyn lisääntyminen Lounais- ja Etelä-Suomessa, sekä sakolukuvaatimusten voimaantulo 1960-luvulla.

Rukiin tuotantomäärät ovat pysytelleet melko tasaisina jo pari vuosikymmentä. Ajoittain on tarvittu erityistoimia rukiinviljelyn kohentamiseksi ja tuotannon edistämiseksi omavaraisuuden edellyttämälle tasolle. Rukiin omavaraisuuden ylläpitäminen edellyttää n. 65 000 ha:n viljelyalaa ja n. 160 milj. kg:n kokonaissatoa vuodessa.

Vehnäsatomme on viime vuosina vaihdellut 400-600 milj. kg:n välillä, josta syysvehnän osuus on ollut kolmannes. Edullisina satovuosina on vehnän osalla ylitetty omavaraisuustaso, ja tällöin syntyy aina keskustelua viljan laadusta. Syysvehnän valkuaisen laatu on heikompi kuin kevätvehnän ja ylituotantotilanteessa tuotantoa pyritään ohjaamaan kevätvehnään. Viljelijän kannalta tilanne on kuitenkin syysvehnää puoltava, koska meillä ei laatumaksutapa huomioi valku-

aista. Syysvehnä on kevätvehnää satoisampi ja lisäksi siitä aikaisin tuleentuvana saadaan varmemmin sakoluvultaan korkealuokkaista. Viime vuosien perusteella syysvehnää voitaneen pitää kevätvehnää viljelyvarmempana Etelä-Suomen oloissa.

Syysviljojen viljelyyn liittyy kuitenkin melkoinen määrä erilaisia riskitekijöitä. Suomen oloissa syyskylvöisten kasvien talvehtimisominaisuudet ja talvikauden riskitekijöistä selviäminen ratkaisevat syysviljojen käytännön viljelyarvon.

Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinjalostuslaitoksella on ollut eri syysviljalajeja vertaileva koe vuodesta 1965 lähtien. Tutkittavina viljalajeina ovat olleet ruis, syysvehnä, ruisvehnä ja syysohra. Lajien välisiä eroja on vertailtu talvehtimisominaisuuksien, viljelystekmisten- sekä eräiden sadon laatutekijöiden suhteen.

Tämän tutkimuksen ensimmäisessä osassa tarkastellaan syysviljojen viljelyyn liittyviä kysymyksiä kirjallisuustiedon perusteella. Tutkimuksen toisessa osassa esitetään koetuloksia syysviljojen lajivertailukokeesta Jokioisissa vuosina 1966-1977.

1. KIRJALLISUUSKATSAUS

1.1. Syysviljojen viljelyn levinnäisyys ja laajuus

Suomessa viljellään syysviljoina ruista (Secale cereale) ja syysvehnää (Triticum aestivum). Koetarkoituksessa on kylvetty myös ohran, kauran ja ruisvehnän syysmuotoja.

Syysruis menestyy lähes koko maassa ja useimmilla maalajeilla. Se on kasvupaikkaan ja lannoitukseen nähden vaatimaton ja antaa syysvehnään nähden satoa tasaisemmin, jopa niin, että heikoissa talvehtimisoloissa syysrukiin keskimääräinen satotaso voi kilpailla syysvehnän kanssa. Varsinaisella syysvehnän viljelyalueella rukiin satotaso muodostuu syysvehnää heikommaksi.

Syysvehnän viljely on keskittynyt jo alunperin Etelä- ja Lounais-Suomeen, sillä syysvehnä on kasvupaikkansa suhteen vaativampi kuin ruis. Syysvehnä menestyy hyvin vain tietyillä ilmastollisesti edullisilla alueilla ja tietyillä maalajeilla. Tärkein syysvehnän viljelyä rajoittava tekijä on ollut heikko talvenkestävyys. Uusien, talvenkestävämpien syysvehnälajikkeiden viljelyyn tulo sekä talvehtimista parantavien kemikaalien käyttömahdollisuus ovat lisänneet syysvehnän viljelyalaa. Parantuneet viljelymahdollisuudet ovat lisänneet syysvehnän viljelyhalukkuutta perinteisillä alueilla Etelä- ja Lounais-Suomessa, mutta ei sanottavasti tämän alueen ulkopuolella.

Ohran syysmuotoa ei Suomessa olé toistaiseksi mahdollista taloudellisesti kannattavasti viljellä, mutta koko Eurooppaa ajatellen on syysohran viljelyn laajentuminen ollut eräs suurimmista muutoksista viljelyoloissa viime vuosina.

Syysohran varsinaista viljelyaluetta on Keski- ja Etelä-Eurooppa. Esimerkiksi DDR:ssä syyskylvöisten ohralajikkeiden osuus on noin puolet koko ohra-alasta ja myös Ranskassa on 40 % syyslajikkeiden hallussa eli yli miljoona peltohehtaaria. Syysohra yleistyy jatkuvasti, koska se on tuntuvasti kevätohria satoisampi. Viime vuosina on syysohrastakin tullut viljelyyn kaksitahoisia jalosteita erityisesti Englannissa.

Syysohraa on menestyksekkäästi viljelty myös Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa. Härmätautien edistäjänä on syysohran viljelyä kuitenkin osittain rajoitettu näissä maissa.

Ominaisuudet, joiden perusteella syysohra on vallannut alaa kevätkylvöiseltä muodolta, ovat lähinnä satoisuus, aikaisuus ja kestävyys kevätkesän kuivuutta vastaan. Näin siis alueilla, joilla talvehtiminen ei ole ratkaiseva kasvin menestymiselle.

Maapallolla viljellään ruisvehnää yli 400 000 ha:lla erilaisissa olosuhteissa (HULSE & SPURGEON 1974). Yleisesti ruisvehnän sopeutuvuus on parempi kuin vehnän. Se menestyy alhaisemmissa lämpötiloissa, sietää paremmin happamuutta ja kestää paremmin alkukesän kuivuutta kuin vehnä. Ruisvehnää voidaan viljellä alueilla, missä vehnä ei ruostetautien vuoksi menesty. Ruisvehnä on kaupallisessa tuotannossa mm:ssa Unkarissa (yli 70 000 ha), Neuvostoliitossa, Kiinassa, Espanjassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa (ZILLINSKY 1974).

1.2. Syysviljojen satotaso

Maamme korkeimmat hehtaarisadot saadaan useimmiten syysvehnästä. Tosin syysvehnän satotason vuosivaihtelu on viljoistamme suurimpia tai jopa suurin. Huomattavan heikoksi syysvehnäsato on jäänyt vuosina 1962, 1966 ja 1974 jopa niin alhaiseksi, että voidaan puhua osittaisesta kadosta. (MUKULA ja RANTANEN 1976).

Toinen syysviljamme ruis, ei ole pystynyt satotasossa kilpailemaan muiden viljojen kanssa useampivuotisissa vertailuissa, huolimatta rukiin viljelyvarmuudesta satotason suhteen. Rukiin viljelyn voimaperäistyminen ja uusien satoisien ja lujakortisten lajikkeiden viljelyyn tulo ovat nostamassa satotasoa. Kasvinjalostajilla lienee suurimmat mahdollisuudet satotason kohottamiseen juuri syysrukiilla. Täten rukiin ja kevätviljojen satoero saattaa tulevaisuudessa kaventua ja rukiin kilpailukyky muihin viljoihin nähden parantua.

Myös syysohra antaa suurempia satoja kuin vastaava kevätmuoto, vielä niinkin pohjoisessa kuin Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa. Suomessa syysohraa on vielä toistaiseksi viljelty vain koetarkoituksessa.

Ruisvehnä on Meksikossa, Kaliforniassa ja Kanadassa monilla koepaikoilla tuottanut satoa selvästi paremmin kuin paras vehnä (GUSTAFSON 1974). Cimmytissä Meksikossa on sadon määrän suhteen päästy aivan huippuvehnien tasolle. Epäedullisissa oloissa ruisvehnä sopeutuvampana yleensä voittaa vehnän (HULSE & SPURGEON 1974).

1.3. Syysviljojen menestymiseen vaikuttavat tekijät

1.3.1. Talvikauden aikaiset riskitekijät

Syysviljojen heikko talvehtiminen aiheuttaa Suomessa vuosittain suuria taloudellisia tappioita viljelijöille. Talvehtimista heikentävät ilmastotekijät sekä talvituhosienet, joiden esiintyminen ja runsaus on niinikään usein säätekijöistä riippuvaa. Talvehtimisen varmistamiseksi on tärkeää mahdollisimman kestävien lajien ja lajikkeiden viljely. Talvenkestävyyttä voidaan jossain määrin parantaa myös viljelytekmisin keinoin.

1.3.1.1. Fysiogeeniset tekijät

1.3.1.1.1. Pakkanen

Pakkanen ei useinkaan ole suoranaisesti syypää syysviljojen huonoon talvehtimiseen, sillä lumipeite suojaa kasveja teholkaasti paleltumisvaurioilta. Esimerkiksi ruis selviää 15-20° C:n pakkasista ilman lumipeitettä, jos lumeton kylmäkausi ei ole kovin pitkä (POHJANHEIMO 1959, YLIMÄKI 1962). Pakkanen saattaa kuitenkin välillisesti aiheuttaa kasvin kuolemisen kuivuuteen. Kasvi ei pysty imemään jäätyneestä maasta vettä, mutta kuitenkin haihduttaa runsaasti, varsinkin aurinkoisilla ja tuulisilla kevätilmoilla (YLIMÄKI 1955).

Suoritetuissa pakkasenkestävyystutkimuksissa on yleisesti käynyt ilmi, että syysvehnä ei ole aivan yhtä kestävä kuin syysruis. On myös havaittu, että syysvehnän juurien pakkasenkestävyys on huomattavasti heikompi kuin lehtien ja versojen. Kasvien juurien lämpötila on suunnilleen sama kuin maanpinnan. Juuret kuuluvat kasvien pakkasvaurioille arimpiin osiin ja ne palelluvat -3 -8 C:ssa (SMITH 1962).
Maaperän lämpötilavaihtelu lumen alla on todettu pieneksi (SMITH 1962).

Pakkasenkestävyyden ero tulee rasituksen kasvaessa ensinnä ja selvimmin esille juurien vaurioitumisessa. Ruis muodostaa nopeammin ja varmemmin uusia juuria ja juurihaaroja kuin syysvehnä osittain juuria vaurioittaneen pakkasrasituksen jälkeen (JAMALAINEN 1958, POHJANHEIMO 1959).

GUSTA & FOWLER (1977) ovat tutkimuksissaan todenneet, että kasvikudoksen tuho on riippuvainen rasituksen kestoajasta, sillä vaurioita tapahtuu myös jäätyneessä tilassa eikä ainoastaan jäätymis- ja sulamisvaiheessa. He ovat myös havainneet eri lajikkeiden reagoivan eri tavalla kylmyysrasitukseen, vaikka ko. lajikkeet edustavat samaa kylmänkestävyystasoa.

1.3.1.1.2. Lumipeite

Paikalliskoetoimiston koetulosten (MARJANEN 1975) mukaan lumen paksuuden ollessa huhtikuun 15 pv:nä 0 cm (maa paljas), on satomäärä muodostunut melko korkealksi. Kun lumen määrä suureni, heikkeni sato 10 cm:n lumen paksuuteen saakka, jonka jälkeen sato jälleen aina 31 cm:n saakka lisääntyi. Kun lumen paksuus 15.4. ylitti 32 cm, aleni satomäärä erittäin jyrkästi ja lumen paksuuden ollessa yli 45 cm, on sato heikko tai on odotettavissa kato.

Lumipeitekokeissa on ilmennyt selvästi lumen kasveja suojaava vaikutus pakkasta, roustetta sekä vesi- ja jäävaurioita vastaan. Lumen tiheyden kasvaessa kevättä kohti ja kasvien karaistuneisuuden samalla vähentyessä, kasvit ihapen puutteessa ja vilkastuneen hengityksen sivutuloksena syntyneen hiilidioksidin ylimäärästä kärsien heikentyvät ja tulevat erityisen alttiiksi talvituhosienille (YLIMÄKI 1962).

Roudan paksuus ja maanpinnan lämpötila riippuvat ratkaisevasti lumipeitteen paksuudesta. Lumipeitteen lisäksi sen kesto vaikuttaa kasvien talvehtimiseen. Talvehtiminen onnistuu parhaiten, kun lumipeite pysyy keväällä maassa suhteellisen myöhään. Myös lumen rakenteella on merkitystä. Vanha, tiiviiksi painunut lumi on huonompi lämmöneristäjä kuin alkutalven löyhä lumi (YLIMÄKI 1962).

1.3.1.1.3. Routa ja rouste

Maan routaantumista pidetään takeena siitä, että edellytykset talvituhosienten leviämiselle talvehtivassa kasvustossa lumipeitteen alla ovat vähäiset (TEITTINEN 1960, YLIMÄKI 1962). Turvallisen routakerroksen vahvuus ei kuitenkaan liene kovin syvä, ehkä vain 15-20 cm. Syvempää routaa onkin yleensä pidettävä haitallisena mm. se saattaa maan vettä läpäisemättömäksi ja viivästyttää kasvukauden alkua keväällä. Syvän roudan haitallisuus talvehtiville kasveille ilmenee erittäin selvänä silloin, kun lumipeite häviää paljon aikaisemmin kuin routa; sulamisvedet joutuvat kulkemaan pois maanpintaa pitkin (TEITTINEN 1960).

Talvehtivien kasvien kannalta TEITTISEN (1960) mukaan tuntuisi tilanne olevan paras silloin, kun routa sulaa samanaikaisesti tai vain hiukan myöhemmin kuin lumi. Tämän edellytyksenä näyttäisi olevan, että roudan vahvuus on pienempi kuin lumipeitteen.

Roustevauriot aiheutuvat jäänmuodostuksesta maan pintakerroksissa. Jää kohottaa maata ja katkoo kasvin juuria. Eniten tätä ilmiötä esiintyy eloperäisillä mailla sekä hiesu- ja hienohietamailla ja vähälumisilla alueilla.

Eri syysviljojen välillä ei liene merkittävästi rousteenkestävyyseroja (HÄNNINEN ja JAMALAINEN 1968). Rouste- ja routavauriot ovat yleensä suurimmat keväällä, kun aurinko sulattaa maan pintakerroksen ja yöpakkaset jäädyttävät sen uudelleen. Lämpötilan muutos aiheuttaa tällöin maanpinnan liikehtimistä, tämä puolestaan aiheuttaa venytystä ja katkeilemista juurissa. Rouste, joka keväällä lumen sulettua nostaa oraita juurineen maasta, on runsainta kasvuston muista syistä harventuneissa kohdissa (PESOLA 1953).

1.3.1.1.4. Jääpeite (jääpolte)

Pahimmat jääpoltevauriot syntyvät, kun maan routaannuttua pysyvästi ilma lämpenee ja sataa vettä, joka kerääntyy ja jäätyy painanteisiin. Tiivis jääpeite estää kasvien hapensaantia, jolloin kasvi tukehtuu.

Tiivis jää tukehduttaa kasvit helpommin kuin sohjosta muodostunut huokoinen jää (HUOKUNA 1958, ANDREWS ja POMERY 1975). Vähälumisilla alueilla jäänpoltteen aiheuttamat vauriot ovat merkityksellisempiä kuin runsaslumisilla seuduilla (MUKULA ym 1976). ANDREWS ja POMERY (1975) ovat tutkimuksissaan todenneet seuraavaa: Kun kasvi oli vain osittain jääpeitteen alla, se kesti paremmin kuin täysin jään alla oleva kasvusto.

Jääpeitteen alla olevan kasvin kudoksiin akkumuloituu hiilidioksidia, joka näyttää olevan eräs kasvin heikentyneen talvenkestävyyden syy.

Lyhytaikaiset jääpeitteet ja tästä johtuvat kasvien kuolemat aiheutuvat siitä, että tapahtuu nopea kylmänkestävyyden muutos, jolloin kasvi rasittuu liikaa, eikä tuhon aiheuttajana ole yksinomaan alhainen lämpötila.

1.3.1.1.5. Vesipeite

Seisova vesi tuhoaa hyvin herkästi keväällä talvilevosta heräävät kasvit. Vesipeitteen kestävyydessä on havaittu lajien ja lajikkeiden välisiä eroja.

Rukiin on todettu kestävän merkittävästi paremmin veden alle joutumista kuin syysvehnän (JAMALAINEN 1958, POHJANHEIMO 1959).

Kun kasvit joutuvat olemaan pitemmän aikaa veden kyllästämässä maassa ne tukehtuvat ja niissä tapahtuu "käyminen" tai ne tukehtuvat pintavesien alla (JAMALAINEN 1956).

Vesipeitteen oraita rasittava vaikutus kasvaa nopeasti veden lämpötilan noustessa (POHJANHEIMO 1959).

1.3.1.1.6. Fysiologinen kuivuus

Keväällä lumen sulamisen jälkeen tuuliset säät haihduttavat oraista vettä. Kun juuret ovat routaantuneessa maassa ne eivät pysty korvaamaan menetettyä vettä ja kasvit kärsivät. Ruis selviää tällaisissakin olosuhteissa paremmin kuin syysvehnä (PESOLA 1953, TEITTINEN 1960).

1.3.1.1.7. Karaistuminen

Kasvin karaistumisen edellytyksiä ovat lyhyt päivä, suhteelisen runsas valomäärä, alhainen maaperän ja kasvien kosteus sekä näihin liittyvänä suhteellisen alhaiset lämpötilat.

Parantuneilla valoisuussuhteilla keväällä lumen sulamisen jälkeen on oraita karkaiseva vaikutus, joka parantaa oraiden kylmänkestävyyttä (POHJAKALLIO ym. 1962).

1.3.1.1.8. Lämpötila

Syyskuun keskilämpötilalla voisi ajatella olevan vaikutusta kahukärpästuhojen suuruuteen, mutta koetulosten perusteella vaikuttaa siltä, ettei tällä ole suurta merkitystä. Koetulosten mukaan saatiin sitä suurempi sato, mitä myöhemmin vuorokauden keskilämpötila laski 10° C:een. Kevään sääoloista todetaan, että mitä korkeampi huhtikuun keskilämpötila on, sen heikompi satotulos (MARJANEN 1975).

Lämpötila lumen alla kohoaa aurinkoisina päivinä useita asteita. Pakkassäällä se on vain muutamia pakkasasteita, useasti varsinkin keväällä, jopa useita asteita 0-asteen yläpuolella. Lämpötilan kohotessa kasvien karaistuneisuus vähenee ja talven heikentäminä ne ovat alttiimpia sienten tuhoille (MÄKELÄ 1976).

1.3.1.1.9. Juurien venytyskestävyys

KOKKOSEN (1927) suorittamien kokeiden mukaan ruislajikkeiden talvehtimiskyky on suorassa suhteessa niiden juurien venyvyyteen siten, että talvenkestävällä lajikkeella on erittäin venyvät ja kestävät juuret ja päinvastoin.

Tehtyjen havaintojen mukaan ovat rehevien oraiden juuret vähemmän venyviä kuin matalakasvuisten oraiden. Kasvukauden kuluessa juurten lujuus kasvaa ja on suurin rukiin kypsymisaikaan. Saman juuren eri osissa on lujuus kaikkina kehityskausina suurin yläosassa ja pienenee juuren kärkeä kohti (KOKKONEN 1927).

1.3.1.1.10. Kehitysaste

Syksyllä eri kehitysasteille ehtineet syysviljan oraat kestävät talven fysiogeenisten tekijäin vaikutusta eri tavoin. Erot perustuvat kasvien fysiologisen resistenssin erilaisuuteen (JAMALAINEN 1961).

Syysvehnä ei ole yhtä arka myöhäiselle kylvölle kuin syysruis, koska hentokin syysvehnän oras kestää syysruista paremmin kevätrousteen vaikutusta. Sellaisina vuosina, jolloin lumihometta on esiintynyt on sitä runsaimmin rehevissä oraissa (VALLE 1958).

Heikoksi jäänyt oras kärsii huomattavasti myös seuraavan kevään kuivuudesta (KÖYLIJÄRVI 1975).

Hyviä tuloksia on saatu oraitten niittämisellä syksyllä niiden kasvun päätyttyä. Oraat ovat niitettyinä säilyneet täysin puhtaina tuhosienistä (ISOTALO ja VOGEL 1962).

1.3.1.2. Patogeeniset tekijät

Talvituhosienet ovat useasti ensisijaisena syynä syysviljojen oraiden tuhoutumiseen talven aikana. Talvituhosienien esiintymisen runsauteen vaikuttavat säätekijät ovat: maan vähäinen routaantuminen, runsas lumipeite ja sen hidas sulaminen keväällä. Näiden ns. talvituhosienien lämpötilavaatimukset ovat alhaiset, ne voivat kasvaa ja turmella kasveja jo silloin, kun lämpötila on 0° C-astetta tai muutamia asteita sen yläpuolella. Talvituhosienet turmelevat lepotilassa olevia kasveja syksyllä, sääsuhteiden mukaan myös talvella ja varsinkin keväällä ennen lumen sulamista sekä heti sen jälkeen. Syysviljoissa talvehtimisvaurioita aiheuttavat pääasiassa kolme sienitauteihin kuuluvaa sukua: lumihome (Fusarium nivale), pahkulahomeet (Typhula spp) sekä pohjolan pahkahome (Sclerotinia borealis).

1.3.1.2.1. Lumihome

Runsaslumisilla alueilla talvivauriot johtuvat pääosin lumihomeen aiheuttajista (Fusarium nivale, F.culmorum, F.avenaceum). Tärkein on Fusarium nivale. Lumihometta tavataan koko maassa. Lumihome voi kulkeutua peltoon siemenen mukana tai toinen mahdollisuus on, että oraat saastuvat maasta käsin. Lumihome tuhoaa helpommin muiden tekijöiden johdosta heikentyneitä oraita. Hyvin happamalla maaperällä lumihome ei menesty.

Siemenen peittaus edistää talvehtimista erittäin tehokkaasti. Peittauksen satoja parantava vaikutus johtui sekä syysruis- että syysvehnäkokeissa etupäässä orgaanisten elohopeavalmisteiden tehosta lumihomeeseen (JAMALAINEN 1962).

Talvituhosienten torjuntaan käytetään myös kvintotseenivalmistetta (PCNB), joka levitetään kasvustoon juuri ennen pysyvän lumipeitteen tuloa. Runsaslumisilla alueilla talvituhosienten torjunnalla saatu sadonlisäys on ollut rukiilla keskimäärin 30 %:n suuruinen (HÄNNINEN ja JAMALAINEN 1968).

1.3.1.2.2. Pahkulahomeet

Suomessa tunnetaan pahkulahomelajit Typhula ishikariensis ja T. incarnata. Kummatkin lajit esiintyvät koko maassa ja kaikissa heinälajeissa. Typhula spp.-sienet tekevät toisinaan vahinkoa syysrukiille, mutta eivät siinä määrin kuin syysvehnälle (JAMALAINEN 1956).

MARJASEN (1975) mukaan paikalliskokeissa esiintyi pääasiallisesti T.ishicariensista ja vähemmän T.incarnataa.

SIMOJOKI (1972) toteaa pahkulahomeiden aiheuttamien tuhojen viime vuosina Keski-Suomessa selvästi lisääntyneen, joskin tärkein talvituhosieni on ollut lumihome.

Lapin koeaseman pitkäaikaisissa syysruiskokeissa pahkulahomeiden aiheuttamat vauriot ovat jääneet yleensä vähäisiksi, siitä huolimatta, että ne ovat talvituhosienistä yleisempiä (ISOTALO ja VOGEL 1962).

1.3.1.2.3. Pohjolan pahkahome

Maamme keski- ja pohjoisosissa esiintyy yleisesti talvituhon aiheuttajana pohjolan pahkahome (Sclerotinia borealis). Esiintymisrunsaus ja taudin leviäminen riippuvat sääoloista. S. borealis on pohjoinen, alhaiseen lämpötilaan sopeutunut laji. Sen sienirihmasto kasvaa jopa alle 0-5° C. Tautia on tavattu kaikissa heinälajeissa. Lajike-erot ovat huomattavia pohjolan pahkahomeen esiintymiselle ja suuret vuosivaihtelut tyypillisiä.

Pitkäaikaisissa syysruiskokeissa Lapin koeasemalla suurinta tuhoa on aiheuttanut pohjolan pahkahome (ISOTALO ja VOGEL 1962). Pohjolan pahkahome mainitaan eräänä talvituhojen aiheuttajana myös Keski-Suomessa, mutta tuhot ovat tällä alueella jo vähäisiä.

1.3.2. Viljelytekniset toimenpiteet

1.3.2.1. Esikasvi

Syysviljojen paikka viljelykierrossa on perinteisesti ollut kesannon tai nurmen jälkeen. Kesannointi on vähentynyt kuten myös nurmen ala syysviljojen viljelyalueella. Syysviljat kylvetään nykyisin itsensä, aikaisen kevätviljan tai palkokasvin jälkeen. Seurauksena on nähtävissä heikosti onnistuneet syysviljakasvustot tai pahimmassa tapauksessa syyskylvöt ovat jääneet tekemättä. Esikasvin vaikutus näkyy paitsi kylvön onnistumisessa myös kasvitautien saastuttamana kasvustona. Yksipuolisessa viljakierrossa talvehtiminen voi vaarantua tuhosienille otollisen talven sattuessa.

Juurimatojen on todettu vahingoittaneen nurmirikkoon aikaisin kylvettyjen syysviljojen oraita, mahdollisesti myös muut tuhoeläimet heikentävät tällöin syysviljojen talvehtimista.

Syysviljojen kylvöalojen varmistamiseksi myös kosteina ja pitkinä kasvukausina tulisi löytää uusia esikasvivaihtoehtoja nykyisen tilanteen korjaamiseksi. Esikasvin tulee mahdollistaa riittävän aikainen syyskylvö, hyvä kylvöalusta ja omata korkea esikasviarvo.

Kesannon viherlannoituksesta esim. Persian apilalla tai rehurapsia käyttäen on saatu hyviä tuloksia.

1.3.2.2. Muokkaus

Viljelijällä on mahdollisuuksia varmistaa syysviljojen menestymistä huolehtimalla edulliset kasvuolot viljeltäville kasveille. Nämä toimenpiteet alkavat viljelylohkovalinnasta ja kasvualustan kunnostamisesta eli muokkauksesta. Muokkaustoimenpiteillä tulisi saada aikaan tasainen, sopivan karkearakenteinen ja riittävän syvä muokkauskerros. Edellisen kasvuston jätteet kuin myös rikkakasvien hävitys on suoritettava huolella. Kesantomaiden muokkaus syksyllä sateiden jälkeen on yleensä hankalaa, varsinkin jos kesantoa ei ole kynnetty keskikesällä.

LARPES (1968) on kokeissaan todennut, että syväkyntö on ollut syysviljoille eduksi sen vuoksi, että maan pintakerrosten liika vesi on päässyt hyvin poistumaan. Syvälkynnöllä voidaan myös tyvitautien saastuttamat kasvuston jätteet mullata niin syvälle, ettei uusilla orailla ole saastuntavaaraa.

1.3.2.3. Kylvöaika

Paikalliskoetoimiston kylvöaikakokeiden mukaan (MARJANEN 1975) syysrukiin aikaisella kylvöllä on ollut suhteellisen pieni alentava vaikutus satomäärään. Elokuun alkupäivinä suoritetuista kylvöistä on saatu 8-10 % keskimääräinen satotappio. Syysrukiin edullisin kylvöaika koko maassa on ollut 25. -27.8. Rukiin kylvön jäädessä syyskuun puolelle sato alkaa vähentyä jo syyskuun alkupäivistä lähtien, mutta väheneminen voimistuu syyskuun 8.-10. päivien tienoilla.

Koetulokset osoittavat (MARJANEN 1975), että aikaiset kylvöt ovat antaneet syysvehnällä perin heikkoja satoja samoinkuin liian myöhään kylvetyt kasvustot. Lajike-eroja esiintyy. Paras keskimääräinen kylvöaika on syyskuun puolella; Valalla ja Varmalla 4.-5.9. ja Linnalla ja Elolla 7.-9.9.

Syysvehnää voidaan hyvin kylvää samanaikaisesti rukiin kanssa. Syysvehnän sadot ovat olleet yhtä hyviä myös syyskuun ensimmäisen viikon kylvöissä (YLLÖ 1969, KÖYLIJÄRVI 1975). Kylvön siirtyminen syyskuun puoliväliin merkitsee sadon alentumista keskimäärin 10 %. Myöhäisten kylvöjen kylvötiheyttä tulisi lisätä ainakin 20 % (KÖYLIJÄRVI 1975).

1.3.2.4. Lannoitus

Lannoituksen vaikutus talvehtimiseen riippuu maan ravinnetilanteesta. Ravinteista fosfori ja kalium edistävät talvenkestävyyden kehittymistä.

Nurmilla suoritetuissa tutkimuksissa on voitu todeta myös typenlisäyksen parantavan talvenkestävyyttä silloin, kun maassa on typpivajausta. Myöhäinen tai liian runsas typpilannoitus sen sijaan lisää kasvin kasvua, eikä talvehtimisen edellytystä, kasvun pysähtymistä saavuteta. Tällöin assimilaation tuotteet fruktoosi ja glukoosi käytetään vain kasvuun eikä talvehtimisen kannalta tärkeäksi vararavinnoksi. Heinäkasvien jällikasvukykykyvyn ja talvehtimisen edellytyksenä on riittävät vararavintovarastot.

Yleensä edullisin vaikutus rukiin satoon on ollut jaetulla N-lannoituksella, josta 1/3 annetaan syksyllä kylvön yhteydessä ja 2/3 keväällä. Kesantoon kylvettäessä kaikki typpi voidaan antaa vasta keväällä (LALLUKKA ja JOKINEN 1978). Tulos on ollut rukiilla ja syysvehnällä samansuuntainen.

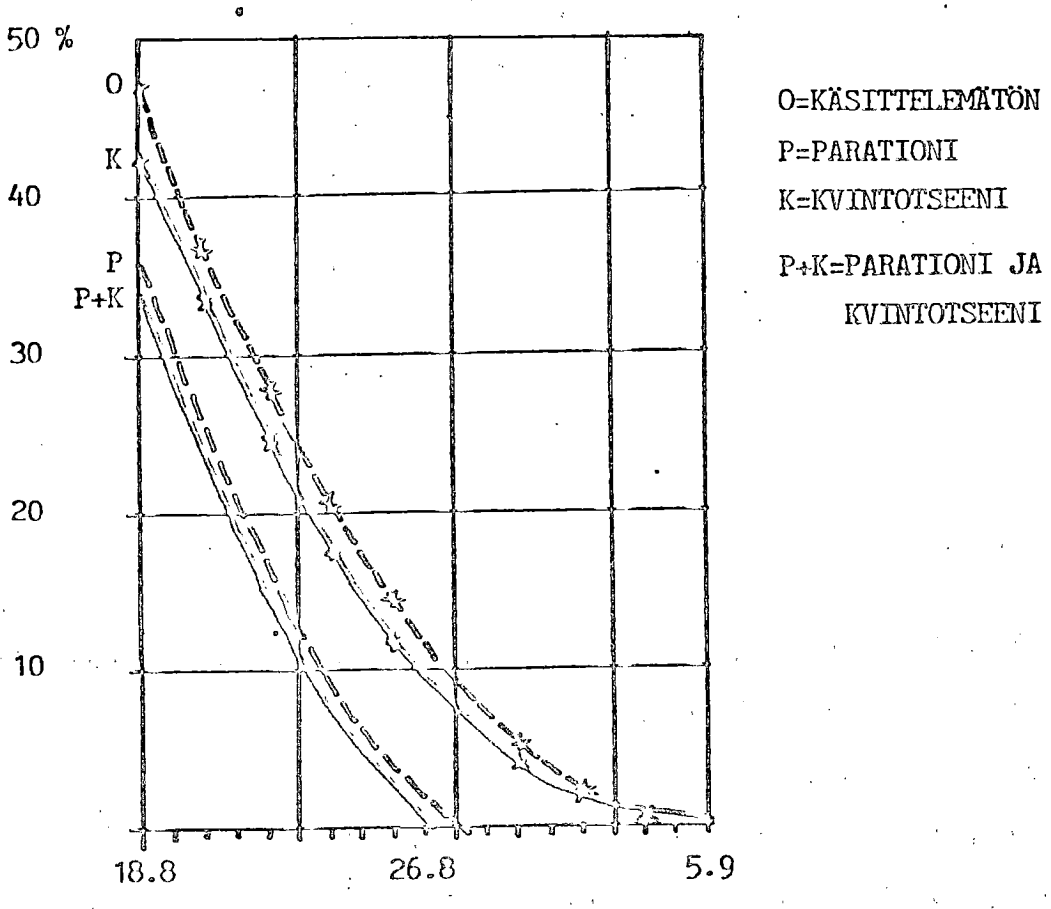
1.3.3. Tuhohyönteiset

1.3.3.1. Kahukärpänen

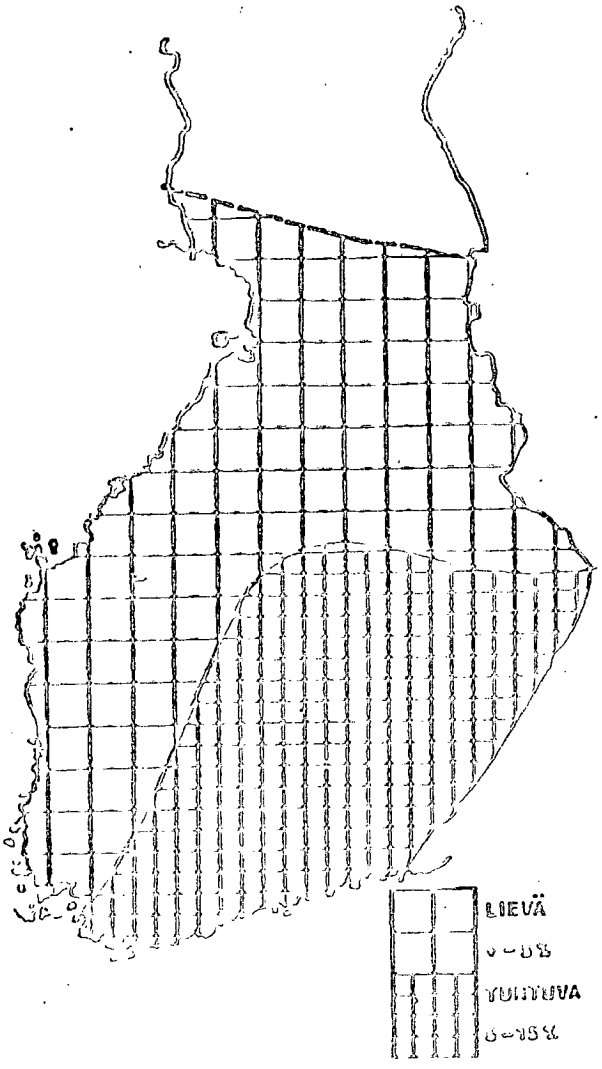
Pääasiallisin syysviljojen talvehtimiseen vaikuttava tuhohyönteinen on kahukärpänen (Oscinella frit). Kahukärpäsen toukka vioittaa syysviljojen oraita tuhoamalla sydänlehden. Useat tutkijat ovat maininneet kahukärpäsen tuhon aiheuttamisen rajaksi +10° C, jonka jälkeen kahukärpäsen muniminen lakkaa. Syysviljoilla tuho on yleensä sitä suurempi, mitä aikaisemmasta kylvöstä on kysymys. Kylvö

elokuun 16 pv:nä näyttää olleen selvästi liian aikainen; kun kylvö tehtiin elokuun lopulla, kahukärpästorjunnalla ei ollut enää vaikutusta (KÖYLIJÄRVI 1975). Kahukärpästuhojen estämiseksi varhaiskylvöissä oraat voidaan käsitellä parationilla yhteen tai useampaan kertaan (kuvat 1 ja 2).

KUVA 1. Kylvöajan vaikutus kahukärpäsen esiintymiseen Lounais-Suomessa rukiilla (MUKULA ym. 1976).



KUVA 2. Kahukärpästen vioitus syysrukiin oraissa (MUKULA ym. 1976).

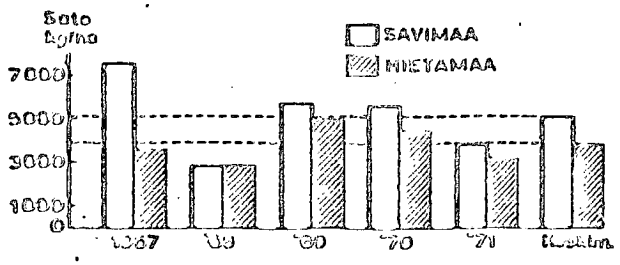


1.3.4. Maalaji

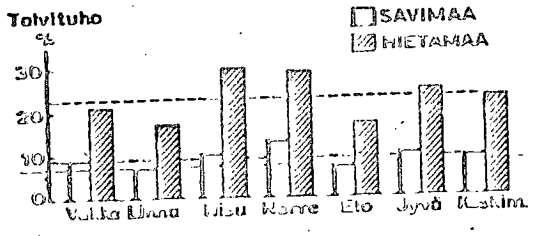
Savimaalla voidaan tuottaa suurempia ja parempilaatuisia syysvehnäsatoja kuin hietamaalla ja talvehtiminen savimaalla on varmempaa (kuvat 3 ja 4). TALVITIE ja KONSALA (1971) toteavat, että syysvehnän viljely tulisi rajoittaa savimaalle. Syysvehnien talvituhot hietamaalla olivat merkittävästi suurempia kuin savimaalla, eroa oli n. 14 %-yksikköä. Tuhon aiheuttajina olivat pääasiassa talvituhosienet. Kvintotseenin käyttö talvituhosienten torjunnassa näyttää hietamaalla tarpeelliselta. Myös savimaalla kvintotseenilla voidaa varmistaa talvehtimista.

Routa- ja roustevaurioita esiintyy pääasiassa turve-, multa-, hiesu- ja hienohietamailla. Myös suoviljelyksillä esiintyy runsaasti roustetta (POHJANHEIMO 1959, BLOMQVIST 1970, SIMOJOKI 1972).

KUVA 3. Syysvehnien keskimääräiset sadot savi- ja hietamaalla Tikkurilassa (TALVITIE ja KONSALA 1971).



KUVA 4. Syysvehnälajikkeiden talvituhot savi- ja hietamaalla Tikkurilassa keskim. 1967-71 (TALVITIE ja KONSALA 1971).



Ruis ei ole yhtä vaativa maalajin suhteen kuin syysvehnä. Niinpä ruista voidaan menestyksellisesti viljellä miltei koko viljanviljelyalueellamme. Maalajin merkitys tulee esille myös kasvitautien yhteydessä. Kasvitaudit viihtyvät eri tavoin erilaisilla maalajeilla. Hiesusavilla esimerkiksi saattaa ilmetä vaikeuksia syysvehnän viljelyssä pahkulahomesienien runsaan esiintymisen vuoksi (MEURMAN 1969). Keveillä maalajeilla kasvitautien esiintyminen on yleensä runsaanpaa. Happamuus on kasvutautien viihtyvyyttä rajoittava tekijä, tämä koskee erityisesti lumihometta.

1.3.5. Lajikkeet

1.3.5.1. Ruislajikkeet

Tehokas keino talvehtimisvaurioiden torjumiseksi peltoviljelyksillä on mahdollisimman hyvin tauteja kestävien lajikkeiden viljely. Talvenkestävyyden lisäksi syysviljojen lajikevalinnassa on kiinnitettävä huomiota korrenlujuuteen, tähkäidännänkestävyyteen ja satoisuuteen (taulukko 1).

Taulukko 1. Syysrukiin viljelyominaisuuksien keskiarvoja vv. 1970-77 MTTK:n lajikekokeiden vuosiyhdistelmän mukaan

Lajike	Vyö-hyke	Kasvu-aika vrk	Korren-pituus cm	Lako-%	Talvi-tuho	Valk. %	Sako-luku	Keskisato (Toivo kg/ha=100)
Toivo	I-III	341	137	71	12	15.3	156	3580
Aitta	I-II	346	130	48	13	12.9	127	101
Ensi	II-III	343	137	67	10	15.0	163	91
Hjan Jussi	I-III	344	129	42	11	13.4	150	99
Kelpo	I-III	344	132	51	11	13.5	128	105
Sampo	II-III	349	140	67	12	14.2	171	99
Voima	I-II	344	131	61	16	14.0	140	107

Kotimaiset ruisjalosteet ovat oloissamme kestävimpiä. Ensi-ruis on talvenkestävin, joskin korreltaan ja ominaissatoisuudeltaan heikohko. Toivo on miltei yhtä hyvä talvenkestävyydeltään, mutta alkaa kuitenkin väistyä uudempien lajikkeiden tieltä (taulukko 2). Suosituin ja satoisin ruislajikkeemme on isojyväinen ja suhteellisen lujakortinen Voima.

Ruotsalaiset lyhytkortiset lajikkeet Värne, Kuningas II ja Otello ovat talvenkestävyydeltään verraten heikkoja, eivätkä sovi oloihimme aivan eteläistä rannikkoaluetta ja Ahvenanmaata lukuunottamatta.

Lajike-erot talvehtimisessa ovat niin suuria, että huonoissa olosuhteissa heikkokortiset, mutta talvenkestävät lajikkeet yltävät samansuuruisiin satoihin useiden satoisimpien jalosteiden kanssa. Kestävimpiä talvituhosieniä vastaan ovat suomalaiset lajikkeet Ensi ja Toivo (SIMOJOKI ja TAKALA 1967).

Taulukko 2. Tärkeimpien ruislajikkeiden viljelylaajuudet 1976, 1970, 1965 ja 1960 (ANON: 1977 b)

	1976		1970		1965	1960
Lajike	Koko maa	H-L maat.k.	Koko maa	H-L maat.k.	Koko maa	Koko maa
Voima	37.0	34.9	7.9	12.4	-	-
Toivo	16.4	30.2	21.1	27.1	18.3	18.4
Pelkka	14.5	9.3	23.8	27.4	22.4	17.6
Ensi	11.0	7.0	16.8	11.8	16.6	18.2
Visa	1.9	-	2.6	1.8	2.6	1.1
Maatiainen	1.9	0.0	3.4	1.4	5.5	7.8
Hjan Jussi	1.8	4.6	-	-	-	-
Sangaste	1.3	0.0	5.4	2.7	11.1	9.8
Sampo	1.1	-	-	-	-	-
Oiva	1.1	-	1.1	0.5	1.6	2.4

1.3.5.2. Syysvehnälajikkeet

Syysvehnälajikkeista aikaisin ja laadultaan paras lajike on Vakka. Uusin kauppalajike Aura-syysvehnä on satoisin, hyvin talvenkestävä ja hyvälaatuinen. Nisun sakoluku ominaisuudet ovat hyvät kuten myös korrenlujuus (taulukko 3).

Taulukko 3. Syysvehnän viljelyominaisuuksien keskiarvoja vv. 1970-77 MTTK:n lajikekokeiden vuosiyhdistelmän mukaan

Lajike	Vyö-hyke	Kasvu-aika vrk	Korren-pituus cm	Lako-%	Talvi-tuho %	Valk. %	Sako-luku	Keskisato (Vakka kg/ha=100)
Vakka	I-II	337	90	51	16	14.6	352	4260
Aura	I-II	341	91	33	16	14.0	314	111
Linna	I	346	105	37	16	14.4	287	106
Nisu	I	343	90	38	18	14.3	334	105
Elo	I-II	339	98	36	18	14.2	296	100
Jyvä	I-II	340	90	34	17	14.3	330	102

Syysvehnästä voidaan erottaa kaksi tyyppiä, joista toinen vaatii jäykkää maata talvehtiakseen ja toinen talvehtii hyvin myös keveillä mailla. Ensiksi mainittuun ryhmään kuuluvat Vakka ja siitä kehitetyt lajikkeet Jyvä ja Nisu. Jälkimmäisessä ryhmässä ovat pitkäkortiset Elo ja Linna.

Syysvehnälajikkeista on Vakka edelleen säilyttänyt valta-asemansa. Viljelyosuuttaan ovat lisänneet Nisu ja Aura. Väistyviä lajikkeita ovat olleet erityisesti Varma sekä osittain Elo ja Linna (taulukko 4).

Taulukko 4. Tärkeimpien syysvehnälajikkeiden viljelyosuudet 1976, 1970, 1965, 1960 (ANON. 1977 b)

	1976		1970		1965	1960
Lajike	Koko maa	H-L maat.k.	Koko maa	H-L maat.k.	Koko maa	Koko maa
Vakka	63.4	48.0	54.2	43.6	40.3	27.5
Nisu	17.9	34.0	7.9	19.8	-	-
Linna	8.4	6.0	10.1	7.6	0.6	-
Elo	5.7	6.0	18.6	19.9	13.1	-
Varma	1.5	2.0	1.6	0.8	18.8	27.6
Jyvä	0.8	0.0	1.7	1.3	-	-
Aura	0.2	0.0	-	-	-	-

1.3.6. Perinnölliset ominaisuudet

Syysviljat ovat luonnostaan yksivuotisia kasveja. Keväällä kylvettyinä ne kuitenkin kasvattavat vain lehtiruusukkeen ja jotta ne saataisiin tuottamaan satoa ne vaativat vernalisoituakseen kylmäkäsittelyn, eteläiset lajikkeet lyhempiaikaisen kuin pohjoiset lajikkeet (VARIS 1965).

Talvenkestävyys on perinnöllinen lajikeominaisuus, joka vaihtelee voimakkaasti kasvilajeittain. Perinnöllisyystekijät ovat usein yhdistyneet kasvien aineenvaihdunnallisiin eroihin siten, että herkästi talvituhoa kärsivillä kasveilla on nopeampi aineenvaihdunta (SMITH 1962). Syyskaura ja -ohra ovat erittäin arkoja kasveja talvituhoille. Syysohran viljely tulee kyseeseen vasta Tanskan oloissa ja syyskaura vaatii vieläkin leudomman talven.

Rukiin talvenkestävyyden perintötekijä on sitoutunut korrenpituutta säätelevään tekijään. Lyhytkortiset lajikkeet talvehtivat yleensä selvästi pitkäkortisia heikommin.

Ruis talvehtii oloissamme syysvehnää paremmin. Tämä johtuu paitsi siitä, että ruis selviää useista talven riskitekijöistä syysvehnää vähemmin vaurioin myös siitä, että ruis elpyy paremmin vioituksesta hyvän versoutumiskykynsä ansiosta (MUKULA ym. 1976).

Morfologiset ominaisuudet ovat yleensä periytyviä ja siksi hyvin merkittäviä talvenkestävyydessä. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat: kasvutapa, lehtien ja varren anatomiset piirteet, juurien rakenne ja kasvun määrä.

1.3.7. Fysiologiset muutokset talvehtivilla kasveilla

1.3.7.1. Varastohiilihydraatit

Juuren vararavinto on tärkeä varsinkin keväällä, jolloin uusi lehdistö aluksi kasvaa sen turvin. Pääsyynä heinäkasvien kuolemiseen lienee vararavinnon loppuminen ennen uuden kasvun alkua. Tilanne lienee pahin silloin, kun lumipeite kestää kauan roudattomassa maassa, jolloin kasvi hengittää koko ajan kuluttaen sokerivarastoja (ÄYRÄVÄINEN 1976).

Tärkein vararavinnon varastopaikka on varsi, erityisesti varren tyvi sekä jonkin verran juuristo.

Heinillä pääasialliset vararavintoaineet ovat vesiliukoiset hiilihydraatit. Näitä ovat monosakkariideihin kuuluvat glukoosi ja fruktoosi, disakkariideihin kuuluva sakkaroosi sekä fruktosaani, joka on muodostunut fruktoosimolekyylistä ja pienestä määrästä glukoosimolekyylejä. Näistä fruktosaani on tärkein varastohiilihydraatti, sillä yksinkertaiset sokerit, joita ei tarvita kasvuun, kulkeutuvat varastopaikkoihin. Siellä ne muuttuvat varsinaisiksi varastoaineiksi pääasiassa fruktosaaneiksi.

GREEN ja RAZLAFF (1974) toteavat tutkittuaan syysvehnälajikkeiden talvenkestävyyttä, että sokereiden määrä on hyvä tietää jo varhaisessa jalostusaineiston karsintavaiheessa. Heidän koeaineistonsa syysvehnälajikkeiden liukenevien sokereiden määrän vaikutus talvenkestävyyteen ei ole kuitenkaan tullut esille erityisen selvästi.

1.3.7.2. Rasvahapot

Tutkimuksissa on todettu, että lipideissä erityisesti fosfolipideissä tapahtuu muutoksia kylmänkestävyystapahtuman aikana. Yleisesti on todettu, että tyydyttämättömien rasvahappojen osuus kasvissa lisääntyy alhaisissa lämpötiloissa. Fosfolipidien merkitys kylmänkestävyyteen oletettavasti perustuu siihen, että fosfolipidisynteesi on osa mempraanin muodostumistoiminnasta. On myös todettu, että korkea tyydyttämätön rasvahappokoostumus lisää mempraanin läpäisevyyttä, mikä vähentää solun sisäistä jäätymistodennäköisyyttä. Lisäksi DE LA ROCHE ym. (1972) ovat todenneet tutkimuksissaan mm. linoleenihapon lisääntyvän tietyissä alhaisissa lämpötiloissa ja että kylmänkestävyyden ja linoleenihapon määrän välillä on syysvehnällä positiivinen korrelaatio.

Myöhemmin suorittamissaan kokeissa DE LA ROCHE ym (1975) toteavat käyttäessään perinnöllisesti erilaisia syysvehnälajikkeita kylmänkestävyyskokeissa, että linoleenihapon määrä ei ole päätekijä kasvien kylmänkestävyyseroihin.

WILLEMOT (1975) esittää, että kylmänkestävyysprosessi itse kiihottaa fosfolipidien synteesiä voimakkaasti. Fosfolipidien lisääntyminen ei johdu lämpötilasta, vaan koko kylmänkestävyystapahtumasta.

1.3.7.3. Proteiini

Mm. nurmiheinillä (Lolium perenne) on todettu merkittävää lisäystä lehtien vapaiden aminohappojen määrässä talvehtimisen aikana. Pääasiassa lisäystä on ollut glutamiinin ja proliinin kohdalla. Glutamiini ja proliini aminohapot ovat tyypillisiä juuren aineenvaihduntaan liittyvissä toiminnoissa.

Proliinilla ja muilla aminohapoilla on ilmeisesti solumembraaneja suojaava vaikutus alhaisissa lämpötiloissa (DRAPER 1975). DRAPER on todennut proteiineilla olevan samanlainen merkitys myös kasvien kuivuudenkestävyysprosessissa kuin talvenkestävyydenkin suhteen.

SMITH (1962) on kirjassaan esittänyt kaksi teoriaa miksi solu vaurioituu kun tapahtuu talvituho.

1. Proteiinin saostumisteoria eli protoplasman konsentraatio lisääntyy siihen pisteeseen saakka, jolloin proteiini ei voi enää hajaantua vaan saostuu. Tämä protoplasman koakuloituminen on palautumaton.

2. Mekaaninen teoria 1. veden liikkeet solun sisällä aiheuttavat mekaanisia vaurioita.

SMITH (1962) toteaa edelleen, että tietyt aminohapot yleensä lisääntyvät kun talvenkestävyys muuttuu ja tietyt vähenevät.

KACPERSKA-PALACZ ym. (1977) esittävät myös, että kasvikudosten kylmänkestävyys on kytkeytynyt kahteen tekijään.

1. Soluempraanien läpäisevyyden lisääntyminen mahdollistaa veden nopean poistumisen jäätymisprosessin aikana.

2. Tiettyjen spesifisten, vesiliukoisten proteiinifraktioiden kerääntyminen on kasvisolukoissa toinen tekijä, joka suojaa sytoplasmaa mempraanin sekundäärimuutoksia vastaan.

1.3.7.4. Vesimäärä

Kasvien talvehtimisedellytyksiin kuuluu, että vapaan veden määrä kasvissa alenee ja sidotun veden määrä lisääntyy, mutta kuitenkin niin, että kokonaisveden määrä vähenee (SMITH 1962).

Vesimäärän vähenemisen myötä kasvin metabolinen aktiviteetti alenee, vettä hylkivät kolloidit lisääntyvät solussa ja osmoottisesti aktiiviset aineet keräytyvät vakuoleihin.

1.3.7.5. Askorbiinihappo

FEJER ym (1975) ovat todenneet, että askorbiinihapon määrän ja talvenkestävyyden välillä on positiivinen korrelaatio. Ko. tutkijaryhmä on myös esittänyt, että tätä voitaisiin käyttää jalostusaineiston seulontaan aikaisessa vaiheessa. Toisaalta he katsovat tutkimusten olevan kesken ja että vielä tarvitaan lisätutkimuksia askorbiinihapon suhteen.

1.4. Syysviljojen laatuominaisuuksia

1.4.1. Sakoluku

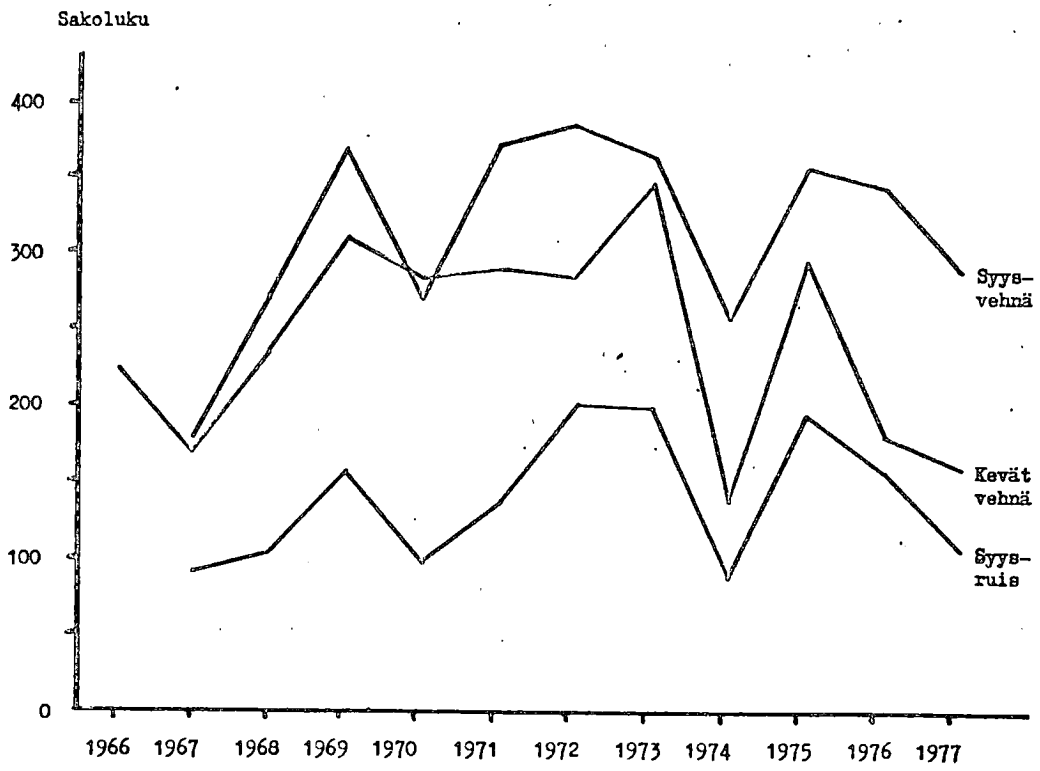
Sakolukumenetelmällä mitataan tärkkelyksen kuntoa. Menetelmä perustuu amylaasientsyymin tärkkelystä hajoittavaan vaikutukseen jauhon vesiliietteessä.

Meillä leipävehnän sakoluvun alaraja on 80. Ruista ei katsota kauppakuntoiseksi, jos sakoluku on alle 65. Perushinta maksetaan 180-190 sakoluvun omaavalle vehnälle ja rukiilla vaatimus on 95-99.

Sakoluku voi saavuttaa useiden satojen suuruisia lukuarvoja, joskaan yli 300:n menevillä arvoilla ei ole merkitystä laadun kannalta.

Syysvehnien sakoluku on yleensä kevätvehnää parempi, mikä suurelta osalta johtuu syysvehnien aikaisemmasta ja kuivemmasta korjuuajankohdasta. Rukiin sakoluvut eivät nouse yhtä korkealle kuin vehnien (kuva 5). Rukiin tärkkelys on perinnöllisesti erilaista kuin vehnien eivätkä rukiin käyttö- ja leivontamenetelmät edellytä yhtä korkeaa sakolukua kuin mitä vehniltä vaaditaan.

KUVA 5. Viljojen sakoluvut vuosina 1966-77 leipäviljaotannan mukaan (ANON. 1971 ja 1977 a)



Sakoluku ilmaisee tärkkelyksen muutoksen mittauksen aikana; mitä vahvempaa tärkkelys on alunperin, ja mitä vähäisempi on entsyymiaktiivisuus, sitä voimakkaammin jauhon tärkkelys liisteröityy ja sitä voimakkaammin se sitoo vettä. Tämä ilmenee sakeana lietteenä ja korkeana sakolukuna (KUUKANKORPI 1968).

1.4.2. Proteiini

1.4.2.1. Raakavalkuainen

Raakavalkuainen on jyvän typpeä sisältävä aineosa. Typpiyhdisteet toimivat kasvien rakennus ja vararavintoaineina. Jyvän eri osissa valkuaispitoisuus on hyvin erilainen (taululdco 5).

Taulukko 5. Jyvän eri osien proteiinipitoisuudet (NEUMANN ja PELCHENKE 1954)

Jyvän osa	Pitoisuus-%	Jyvän osa	Pitoisuus-%
Hedelmän kuori	7.5	Endospermi	8.5-14.2
Pitkittäissolut	4.4	" n ulko-osa	16.0
Poikittaissolut	14.0-23.0	" n sisäosa	7.9
Siemenkuori	19.5	Alkio	26.0
Aleuron kerros	29.0-38.0	Kärkikarvat	7.8

Taulukko 6. Viljojen valkuaissisältö (ANON. 1978. Ref.Brohult & Sandegren 1954).

Laji	Kokonaisproteiini %-kuivasta siem.	Eri ryhmien %-osuus kokonaisproteiinista Albumiinit	Globuliinit	Prolamiinit	Gluteliinit
Vehnä	10-15	3-5	6-10	40-50	30-40
Ohra	10-16	3-4	10-20	35-45	35-45
Kaura	8-14	1	10-15	15-20	65-70
Ruis	9-14	5-10	5-10	30-50	30-50

Albumiinit liukenevat veteen, lisäksi niille on tunnusomaista koaguloituminen lämmön vaikutuksesta, esim. vehnällä se alkaa 52° C:ssa. Vehnän albumiinin koostumus on melko heterogeeninen, sillä siitä on onnistuttu eristämään 11 erilaista proteiinia (LINKO 1971).

Globuliinit eivät liukene veteen vaan neutraaliin suolaliuokseen. Muissa suhteissa globuliinit muistuttavat ominaisuuksiltaan albumiineja.

Alkion ja aleuronin valkuaisaineista suurin osa on liukoisia albumiineja ja globuliineja (LINKO 1971).

Prolamiinit ja gluteliinit ovat viljan pääproteiineja, jotka yhdessä veden ja suolan kanssa muodostavat sitkoaineen. Vehnän jyvä sisältää gluteliineja suunnilleen prolamiinien verran; myös rakenteeltaan ne muistuttavat toisiaan (LINKO 1971).

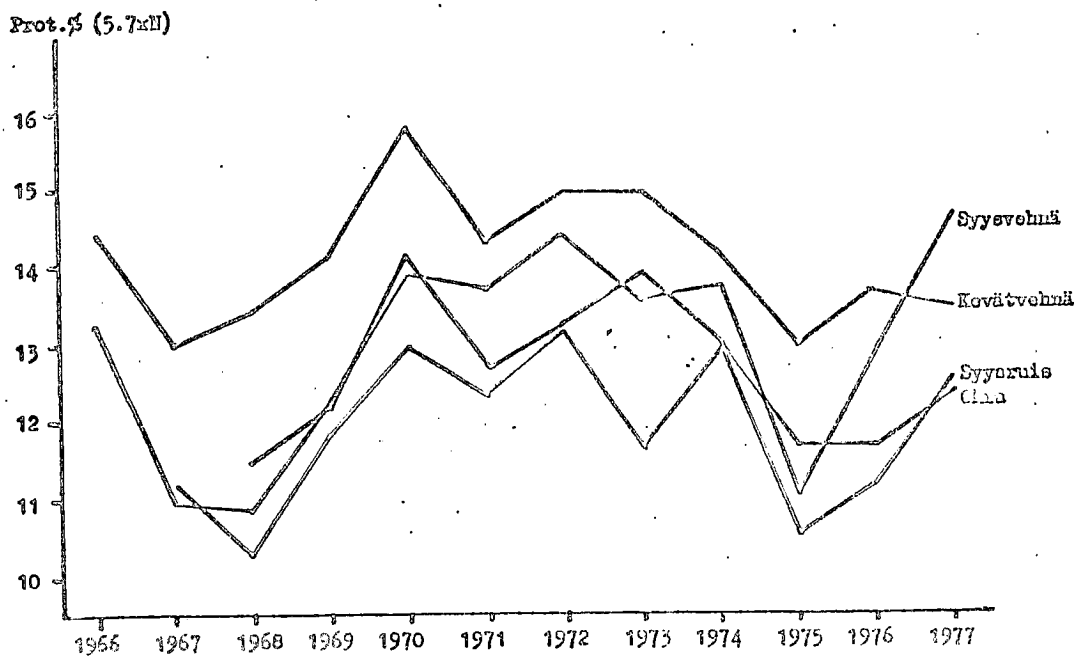
Suomalaista vehnää on valkuaispitoisuudeltaan pidettävä erittäin hyvänä, jos proteiinipitoisuus on yli 13 %:n ja huonona, jos pitoisuus laskee alle 12 %:n (SUOMELA 1965).

Rukiilla valkuaispitoisuus ei ole yhtä merkityksellinen kuin vehnällä, sillä rukiin valkuainen ei taikinaa tehtäessä muodosta sitkoa. Ruisjauhon leipoutuvuus riippuu ensisijaisesti tärkkelyksen laadusta.

Valkuaispitoisuus on lajikeominaisuus, johon lannoitus, maaperä, ilmasto ja muut ympäristötekijät vaikuttavat merkittävästi.

Syysvehnien valkuaispitoisuus on yleensä kevätvehnien vastaavaa alhaisempi, koska kevätvehnien lyhemmän kasvukauden aikana ei jyvään ehdi muodostua niin runsaasti tärkkelystä kuin syysvehnien jyviin (kuva 6).

KUVA 6. Leipäviljojen valkuaispitoisuudet vuosina 1966-1977 viljaotannan mukaan (ANON. 1971, 1977 a)



Viljelytekniikalla voidaan sadon valkuaispitoisuutta huomattavasti parantaa huolehtimalla siitä, että kasvilla on käytettävissä varsinkin jyvän muodostumisvaiheessa riittävästi typpeä. Vaikka viljelytekniikka on suuresti kehittynyt, leipäviljojemme valkuaispitoisuus on viime vuosina laskenut. Tämä johtuu siitä, että pyritään vain sadon määrän kohottamiseen. Runsas typpilannoitus, rivilannoitus ja sadetus lisäävät vegetatiivista kasvua ja satoa, mutta eivät lisää samassa suhteessa valkuaisen määrää. Lajikkeen satoisuuden ja valkuaispitoisuuden välillä on yleensä selvä negatiivinen korrelaatio; viljelijä helposti valitsee lajikkeen, jossa on vähän valkuaista. Kaikesta huolimatta viljojemme valkuaispitoisuus on ollut eurooppalaisiin lajikkeisiin verrattuna suhteellisen korkea. Tämä on johtunut suurelta osin lajikevalikoimastamme sekä kasvuoloistamme, jotka eivät ole otollisia runsaalle tärkkelyksen kehittymiselle.

1.4.2.2. Aminohapot

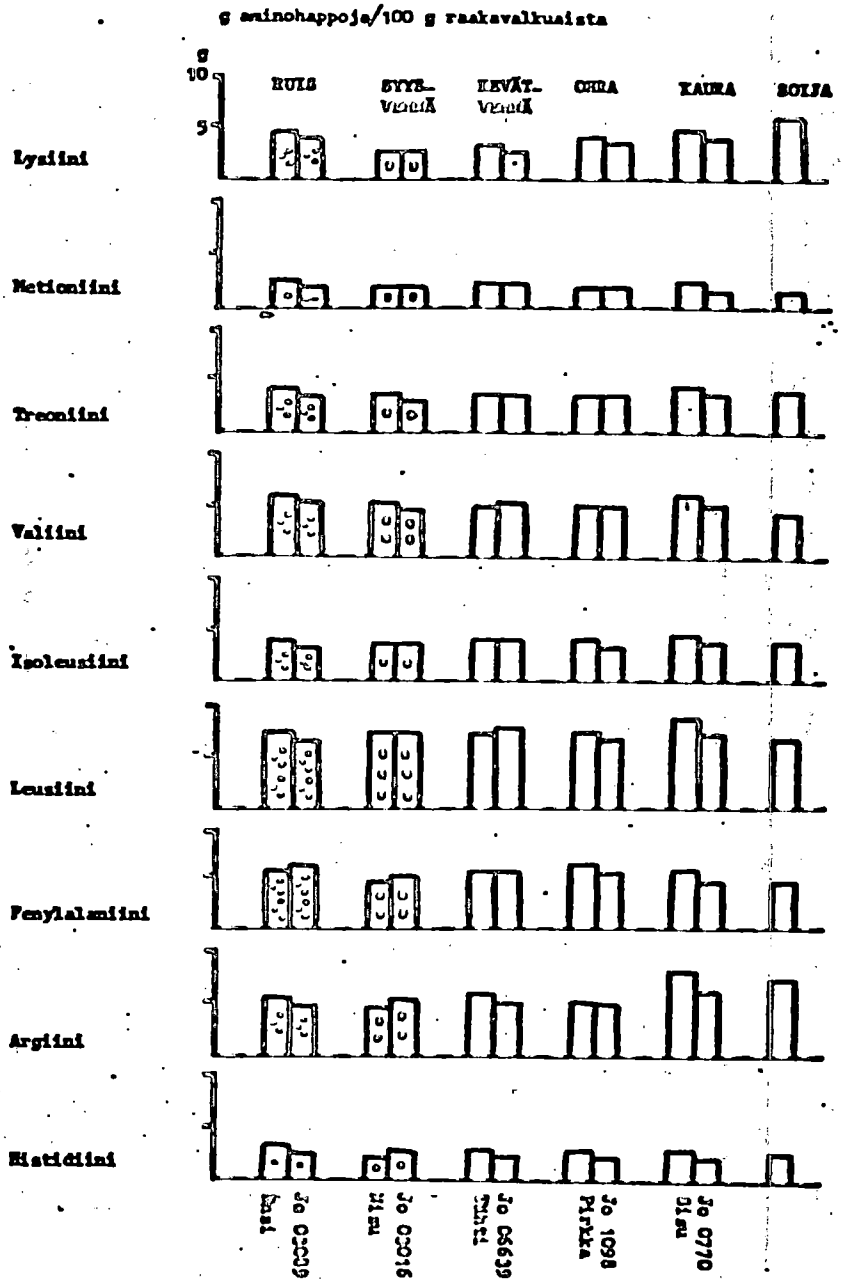
Valkuainen on muodostunut aminohapoista, jotka ovat amino-(NH_2) ja karboksyyliryhmistä (COOH) koostuneita orgaanisia happoja. Proteiinisynteesiin osallistuu 20 aminohappoa, joista 18 tavataan sitkon valkuaisaineissa.

Aminohappojen määrä vaihtelee viljalla laji- ja lajikkeittain (taulukko 7). Viljoissa on kuitenkin valitettavan vähän biologisesti arvokasta metioniinia ja lysiiniä (kuva 7). Arginiinia, lysiiniä ja valiinia esiintyy ennenkaikkea kuorikerroksissa, histidiiniä, leusiinia ja fenylalaniinia siemenvalkuaisessa.

Taulukko 7. Vehnän, ohran ja ruisvehnän proteiinipitoisuus ja aminohappokoostumus (LARTER ym. 1968).

	T.aestivum (var. Manitou)	H.vulgare (var. Conquest)	Triticale (mean 6 strains)
% Protein (dry basis)	12.2	12.1	12.9
% Amino Acid			
Asp	4.3	5.7	5.7
Thr	2.4	3.1	3.2
Ser	3.5	4.0	4.0
Glu	32.5	26.2	27.2
Pro	10.6	9.2	9.5
Gly	3.9	4.5	4.4
Ala	3.1	4.2	4.2
Val	4.1	5.1	4.8
Cys	1.9	1.9	2.0
Met	1.8	1.8	1.2
Isoleu	3.4	4.6	3.7
Leu	6.5	6.9	6.8
Tyr	2.1	2.1	2.4
Phe	4.6	4.7	4.8
NH_3	6.0	6.0	6.0
Lys	2.6	2.9	2.9
His	2.4	2.5	2.4
Arg	4.5	4.8	5.2

KUVA 7. Viljalajien ja -lajikkeiden aminohappokoostumus kasvinjalostuslaitoksen kokeissa v. 1970 (soija kirjallisuustiedon mukaan) (RAVANTTI 1974).



2. KOETULOKSET

2.1. Syysviljojen menestymistä vertailevat kokeet Jokioisissa vuosina 1966-1977

Tutkimus pohjautuu Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinjalostuslaitoksella Jokioisissa, vuonna 1965 aloitettuun eri syysviljalajeja vertailevan kokeen tuloksiin. Syysviljalajien viljelyarvoon vaikuttavia tekijöitä on tutkittu neljällä viljalajilla: maassamme perinteellisesti viljellyillä rukiilla ja syysvehnällä sekä meillä ainakin toistaiseksi käytännön viljelyssä merkityksettömillä syysohralla ja ruisvehnällä. Ohran ja ruisvehnän sijoittamisella kokeeseen on haluttu selvittää lähinnä niiden ominaisuudet nykyisellään kestää maamme talviolosuhteita sekä kasvukykyä ja versoutumista talvehtimisvaurioiden jälkeen.

Syysviljojen viljelyarvoon ja viljelyvarmuuteen vaikuttaa ratkaisevasti kasvien talvehtiminen. Tämän tutkimuksen koetulokset ja havainnot ovat tehty lähinnä talvehtimisen selvittämiseksi ja sadon laatu ym. tekijät on jätetty vähemmälle analysoinnille. Tutkimuksessa olen koonnut yhteen vuosien 1966-1977 aikana kertyneet koe- ja analyysitulokset sekä suorittanut muutamia lähinnä rukiin ja syysvehnän välisiä vertailuja.

2.2. Kokeiden suoritus

2.2.1. Koejärjestely

Tutkimuskautena on eri syysviljalajeja vertaileva koe pysytellyt hyvin samantyyppisenä. Kokeessa on käytetty joka vuosi lohkoittain satunnaistettujen ruutujen menetelmää (Randomized Blocks). Koeruudun ala on ollut 10m^2 ja kerranteita neljä.

2.2.2. Tutkimuslajit

2.2.2.1. Syysruis

Syysruista kokeessa on edustanut Toivo-lajike. Toivo polveutuu risteytyksestä belgialainen Chambiner-ruis x maatiainen. Lajike on laskettu kauppaan vuonna 1931.

Toivo edustaa ruislajikkeita ko. tutkimuskautena melko hyvin, sillä sen viljelyosuus ruisalasta on pysytellyt noin viidenneksenä pitkään. Toivo on ns. vanhantyyppinen ruislajike eli pitkäkortinen ja pienijyvänen, mutta erittäin talvenkestävä. Tähkäidännänkestävyys on Toivon parhaita ominaisuuksia. Toivo ei ole erityisen satoisa ja korsikin on heikko.

2.2.2.2. Syysvehnä

Kokeeseen on valittu syysvehnistä Jyvä-lajike, joka on Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinjalostuslaitoksen vuonna 1965 kauppaanlaskema jaloste. Jyvä on Vakka-syysvehnästä (Varma x G 5/20 Kehra) valittu kaljutähkäinen linja. Jyvä on lyhyt- ja lujakortinen lajike, joka on Vakkaa myöhäisempi (MANNER & RYHTÄ 1966).

Jyvä on ollut uusin syysvehnälajike koesarjan alkaessa ja tällä selittynee Jyvän olemassaolo kokeessa. Jyvästä ei tullut koskaan erityisen suosittua lajiketta, parhaimmillaankin sen viljelyosuus oli vain 2 % syysvehnän viljelyalasta. Jyvä pysyi kuitenkin suositeltavien syysvehnälajikkeiden luettelossa lähes koko tutkimuskauden.

2.2.2.3. Ruisvehnä

Eräs kasvinjalostuksen kohde, johon muutaman vuosikymmenen ajan on kiinnitetty suuria toiveita, on ruisvehnä (Triticale). Se on keinollisesti aikaansaatu risteytymä rukiin (Secale cereale) ja vehnän (Triticum aestivum) välillä. Polyploidijalostus ja kolkisiinilla tapahtuva kahdentuminen ovat mahdollistaneet tämän keinotekoisen amfiploidin aikaansaamisen.

Ruisvehnästä on aikaansaatu erilaisia tyyppejä. Uusi askel jalostuksessa oli tetraploidin vehnän käyttäminen risteytyksiin, jolloin saatiin heksaploidi ruisvehnä. Aikaisemmin jalostustyö kohdistui 56-kromosomiseen oktoploidiin syyskylvöiseen ruisvehnään (MULTAMÄKI 1977).

Tähän saakka pääasiallisesti kokeilluille 8 x Triticaleille on tyypillistä mm:ssa voimakas tähkäidännänherkkyys, mutta myös korkea valkuaispitoisuus. Yleisesti uskotaan enemmän 6 x Triticalen mahdollisuuksiin (KIVI 1978).

Kokeessa mukana ollut tyyppi on Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinjalostuslaitoksella suoritettu risteytys: Jo 0625 (Thule II, Sv x Svea I, Sv) x Olympia x Pekka.

Ko. oktoploidi ruisvehnä ei ole ollut täysin pysyvä, vaan sillä ilmenee palautumista vehnän genotyypiksi.

GUSTAFSON (1974) katsoo, että ruisvehnän oktoploidi ei tule koskaan olemaan viljelty ryhmä, mutta sillä on käyttöä geenien ja kromosomien siirtäjänä heksaploidiin vehnään. KIVI (1978) toteaa, että aneuploidiaa esiintyy yleisesti oktoploidissa Triticalessa jopa 35-42 %, heksaploidissa risteytymässä vain 3-11 %.

2.2.2.4. Syysohra

Kokeeseen valittu syysohra Bore on ruotsalainen kauppalajike, jota viljellään Etelä-Ruotsissa, Kalmarissa ja Skonessa kevätkuivuudesta kärsivillä alueilla.

Toinen ruotsalainen syysohralajike Finnbull II on talvenkestävyydeltään Borea heikompi, joten Borea on pidettävä talvenkestävimpänä syysohralajikkeena.

Bore-syysohra on laskettu kauppaan 1946. Lajikkeen jalostaja on Sveriges Utsädesförening, Svalöf. Risteytysvanhemmat ovat hollantilainen Mansholt'in syysohra ja saksalainen Pommerskt Norland. Bore on 6-tahoinen rehuohralajike ja suhteellisen kestävä Etelä-Ruotsin oloissa (ELIASSON 1963).

2.2.3. Koeolosuhteet

Jäljempänä esitettävät säätiedot pohjautuvat Jokioisten observatorion vuosina 1966-1977 keräämiin tietoihin (ANON. 1966-1977).

2.2.3.1. Lämpöolot

Tutkimuskauden keskimääräiset kuukausilämpötilat on esitetty liitteenä 1. Kuluneen kahdentoista koevuoden ajalle on sattunut toisistaan hyvin suuresti poikkeavia vuosia. Kasvukaudet 1969, 1972 ja 1973 olivat erittäin lämpimiä. Toisaalta kasvukaudet 1974, 1976 ja 1977 olivat keskimääräistä paljon viileämpiä.

Talvikauden keskilämpötila on myös vaihdellut melkoisesti näinä vuosina. Vuosien 1966, 1969 ja 1970 talvet olivat huomattavan kylmiä verrattuna ns. normaaliarvoon. Sensijaan vuosien 1973, 1974 ja 1975 keskitalvi oli poikkeuksellisen leuto.

Syysviljojen kannalta erityisen merkityksellisiä ovat lämpötilat kylvön jälkeen syksyllä sekä lumen sulamisen jälkeinen aika keväällä. Syyskylvöjen jälkeinen aika on vuosina 1973 ja 1976 ollut melko viileä, kun taas vuosien 1967, 1974 ja 1975 kasvukauden loppu oli suhteellisen lämmin.

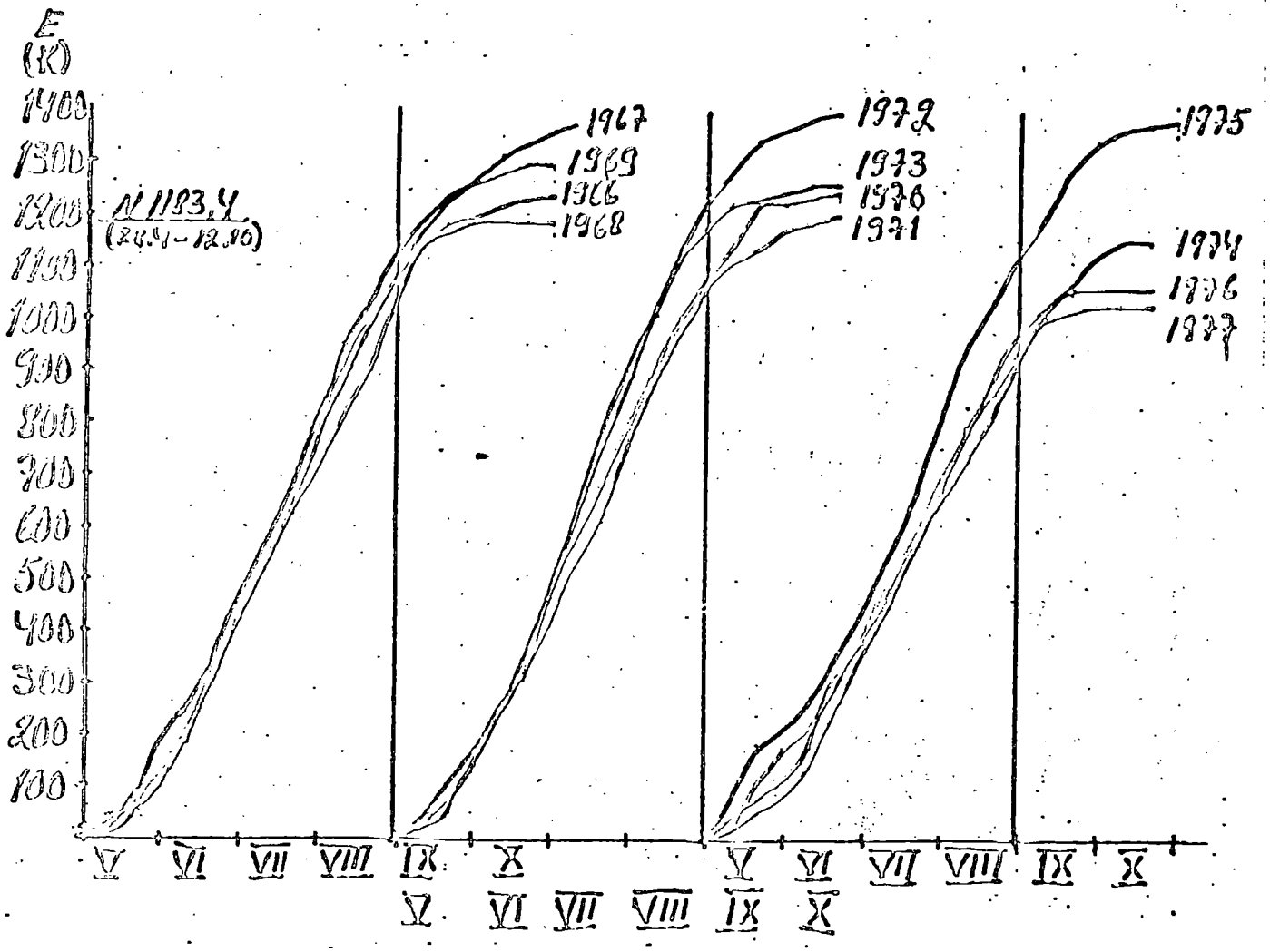
Huhti- ja toukokuun keskilämpötilat ovat tutkimuskauden aikana vaihdelleet melko vähän. Lämpimimpiä keväitä on ollut vuosina 1968 ja 1975; sensijaan viileähköjä vuosina 1966, 1967, 1973 ja 1974.

Taulukko 8. Touko-, kesä-, heinä-, elo ja syyskuun pitkäaikaiset ja vuosien 1966-1977 keskiarvolämpötilat °C.

Vuosi	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu
1966	13	36	95	47	67
1967	43	38	14	162	48
1968	61	48	39	64	81
1969	39	11	52	55	78
1970	27	18	164	23	49
1971	27	24	67	78	44
1972	13	33	155	159	34
1973	37	52	98	55	103
1974	30	39	87	59	103
1975	42	29	21	64	63
1976	10	49	72	21	41
1977	49	43	82	54	57
$\bar{X}$	32	35	79	70	64
1931-1960	39	42	70	74	61

Vuosien 1966-1977 tehoisien lämpötilasummien kehitys on esitetty liitteessä 2 ja kuvassa 8. Tehoisan lämpötilasumman pitkän ajan keskiarvo on Jokioisissa 1183,4 °C. Keskiarvo on ns. termisen kasvukauden (28.4-12.10) keskimääräinen lämpötilasumma (KOLKKI 1966).

KUVA 8. Tehoisan lämpötilan summan (E) muodostuminen vv. 1966-1977 Jokioisissa.



Selvästi korkeimmalle lämpötilasumma on kohonnut vuosina 1967, 1972 ja 1975. Syysviljojen tuleentumista ja korjuuta ajatellen ovat myöskin vuodet 1969 ja 1973 saavuttaneet huomattavan lämpötilasumman elokuun loppuun mennessä. Selvästi alle normaaliarvon jäätiin vuosina 1974, 1976 ja 1977. Tehoisaa lämpösummaa on kertynyt jo huhtikuun puolella viitenä vuonna kahdestatoista, huomattavin vuosina 1968 ja 1975.

2.2.3.2. Sadeolot

Taulukossa 9 on esitetty tutkimuskauden keskimääräiset kuukausisademäärät kesäkuukausina, liitteessä 3 täydellisenä.

Taulukko 9. Touko-, kesä-, heinä-, elo-ja syyskuun pitkäaikaiset ja vv. 1966-1977 keskiarvosademäärät millimetreinä.

Vuosi	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu
1966	9.1	16.3	16.6	13.3	8.2
1967	8.9	12.7	15.9	15.1	11.0
1968	6.9	15.8	14.6	15.3	9.5
1969	8.4	15.3	16.5	16.0	9.1
1970	9.2	16.3	15.6	14.4	9.2
1971	10.0	13.3	16.1	14.8	8.2
1972	9.1	16.1	18.7	15.7	9.5
1973	9.5	16.0	19.0	13.9	6.4
1974	7.1	13.9	14.9	14.0	11.5
1975	11.0	12.7	16.9	15.3	12.2
1976	10.4	12.2	15.0	14.2	6.7
1977	8.7	13.9	14.2	13.7	7.9
$\bar{X}$	9.0	14.5	16.2	14.7	9.2
1931-1960	8.8	13.6	16.3	14.7	9.7

Sadonmuodostuksen kannalta tärkeä alku- ja keskikesä ovat olleet yleensä niukkasateisia, mutta erityisesti vuosina 1966, 1969 ja 1973 kuivuus muodostui kasvintuotantoa rajoittavaksi.

Sadonkorjuun kannalta suotuisia vuosia olivat 1966, 1969, 1971 ja 1975, jolloin syksyn sademäärä jäi alle normaalin. Sateista oli eniten haittaa sadonkorjuulle ja myös sadon laadulle vuosina 1967, 1972, 1974 ja 1977.

2.2.3.3. Lumi ja routa

Lumipeitteen ja routakerroksen vahvuus koevuosina on esitetty kuvassa 9. Piirrokseen on lumi- ja routakerroksen vahvuus merkitty viiden vuorokauden välein, paitsi vuosina 1966 ja 1967 kuukauden 15 pv:n tilanteen mukaan.

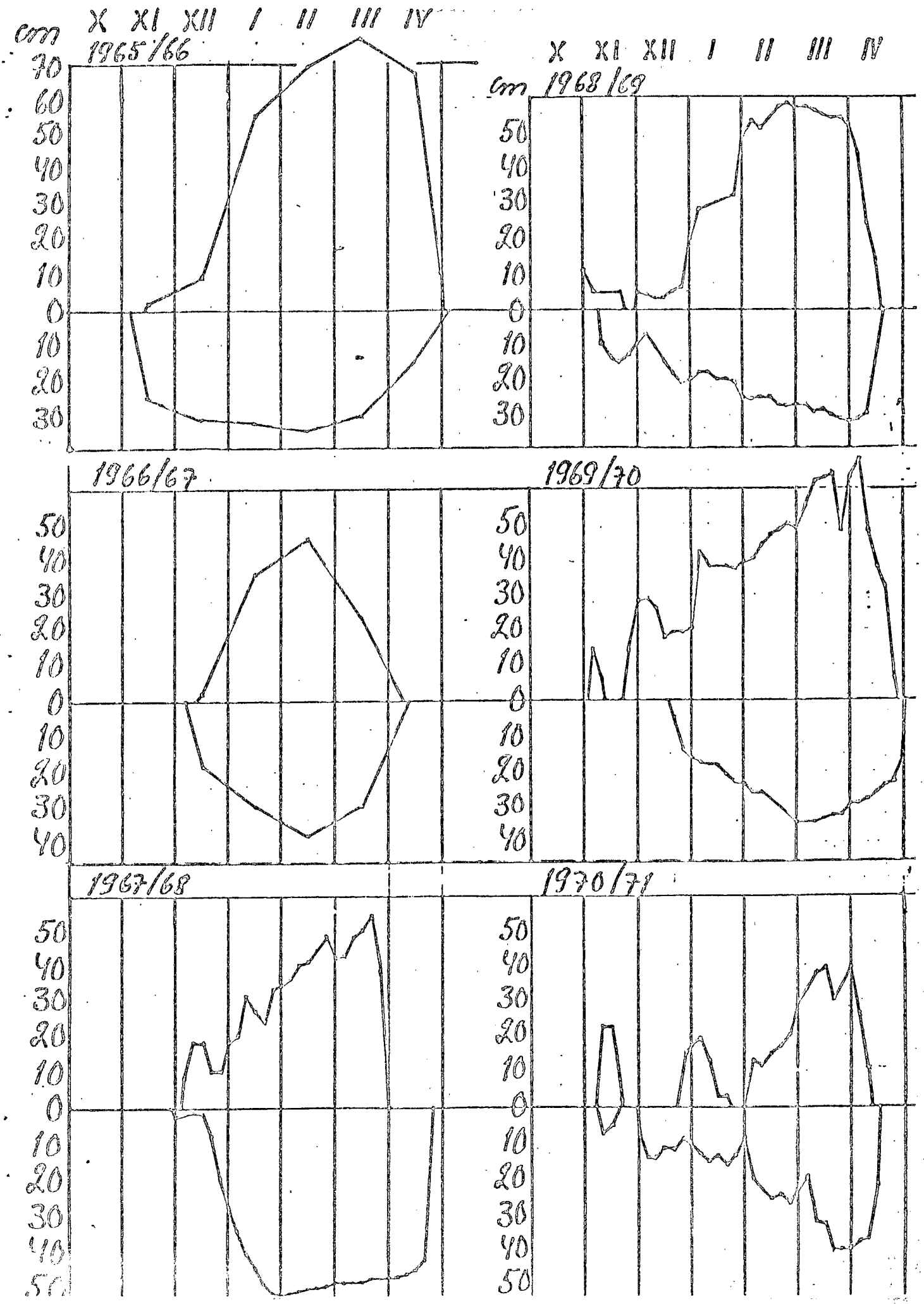
Heikoin lumitilanne oli talvina 1971, 1973, 1975 ja 1976, varsinkin vuosina 1973 ja 1975 lunta esiintyi vain ajoittain.

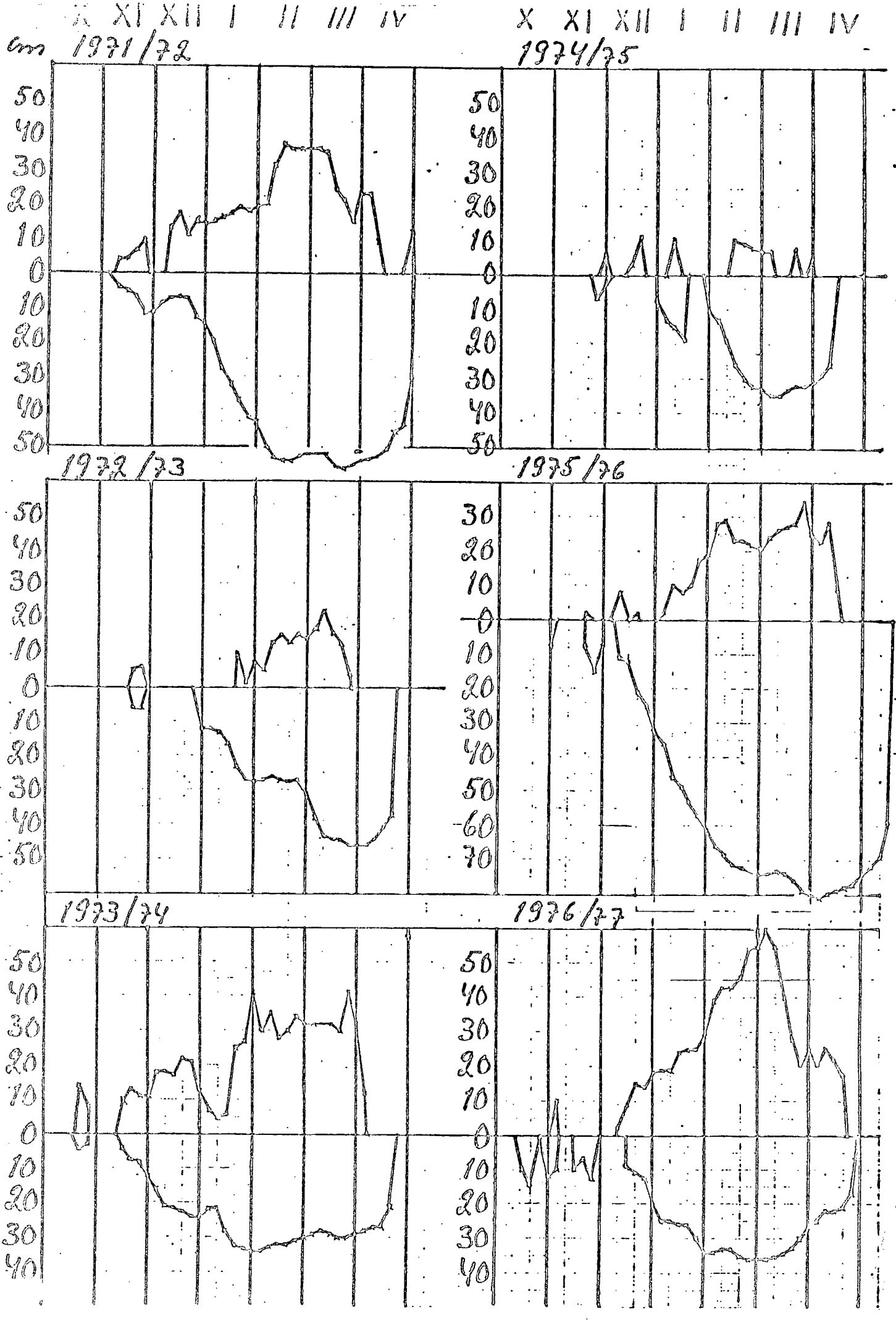
Erittäin runsaslumisia olivat talvet 1966, 1969 ja 1970.

Pysyvä lumipeite on satanut useimmiten vasta joulukuulla. Maa on paljastunut lumipeitteen alta yleensä huhtikuun aikana, poikkeuksellisesti v. 1973 jo maaliskuussa.

Maa on routaantunut yli 50 cm:ä talvina 1968, 1972 ja 1976. Huomionarvoista on, että näistä vain vuosi 1976 oli vähäluminen.

KUVA 9. Lumipeitteen ja routakerroksen vahvuus Jokioisissa vv. 1966–1977.




X XI XII I II III IV
cm
1971/72
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
X XI XII I II III IV
1974/75
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
1972/73
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
1975/76
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
1973/74
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
1976/77
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40

2.2.2.4. Koelohkot ja esikasvit

Koelohkot soveltuvat hyvin syysviljojen viljelyyn ja ovat keskenään ominaisuuksiltaan erittäin vertailukelpoisia, joten koetulosten vuosivaihtelun ei voida katsoa johtuvan koealueesta. Koekentän viljavuustiedot on esitetty taulukossa 10, samoin maalaji ja esikasvi.

Taulukko 10. Koekenttien maalajit ja viljavuus vuosina 1966-1977 sekä esikasvit

Vuosi	Maalaji	pH	mg Ca/l	mg P/l	mg K/l	Esikasvi
1966	As	6.3	2675	17.5	335	Kesanto
1967	As	6.2	1800	6.1	365	Kesanto
1968	As	6.7	3050	15.5	400	Kesanto
1969	As	6.6	2800	29.8	320	Kesanto
1970	As	5.95	1775	4.5	370	Kesanto
1971	As	6.6	2450	25.4	350	Kesanto
1972	As	6.35	2700	12.6	190	Kesanto
1973	As	6.4	3100	25.1	310	Kesanto
1974	KHt	6.7	2950	59.0	800	Nurmi
1975	As	6.4	2950	55.0	310	Kesanto
1976	As	6.7	3400	25.8	350	Kesanto
1977	As	5.8	2200	16.6	310	Kesanto

2.2.4. Käytännön suoritus

2.2.4.1. Viljelytoimenpiteet

Kesannoinnin yhteydessä koealue kalkittiin noin joka kolmas vuosi, kalkitusaineena on käytetty kalkkikivijauhoa (Ca) 4000 kg/ha. Kesanto on pyritty kyntämään kerran kesän aikana. Lannoitustaso on pysytellyt melko tasaisena, vaikka tutkimusjakso on 12 vuoden pituinen.

Taulukko 11. Syysviljakokeiden kylvöpäivä ja lannoitus vuosina 1966-1977

Vuosi	Syyslannoitus kg/ha				Kevätlannoitus kg/ha		Kylvöpäivä
		N	P	K		N	
1966	600 Yn	48	34	45	400 Nks	62	1.9
1967	500 Yns	75	44	62	450 Nks	70	9.9
1968	500 Yns	75	44	62	400 Nks	62	22.9
1969	500 Yns	75	44	62	500 Nks	78	6.9
1970	500 Yns	75	44	62	500 Nks	78	9.9
1971	500 Yns	75	44	62	500 Nks	78	10.9
1972	500 Yns	75	44	62	500 Nks	78	9.9
1973	500 Yns	75	44	62	450 Nks	70	14.9
1974	500 Yns	75	44	62	500 Nks	78	18.9
1975	500 Yns	75	44	62	300 Nks	83	5.9
1976	500 Yns	75	44	62	300 Nos	83	9.9
1977	500 Yns	75	44	62	300 Nos	83	4.9
					$\bar{X}$	75	10.9

2.3. Tutkimusaineiston tilastollinen käsittely

Talvehtimiskokeen ruutusadoista laskettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen laskentatoimistossa varianssianalyysit. Kokeille laskettiin vuosittain F-arvo, pienin merkitsevä satoero 95 %:n todennäköisyydellä sekä keskivirheen suuruus prosentteina keskisadosta (= m %).

Tutkimusaineiston oletettiin täyttävän varianssianalyysin edellytykset.

Satomäärien osalta laskettiin 2-suuntainen varianssianalyysi. Muita koetuloksia analysoitiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä lajien (ruis ja vehnä) ja vuosien välisen variaation selvittämiseksi; tosin 2-tekijän varianssianalyysi olisi ollut huomattavasti tehokkaampi. Lajien ja vuosien välistä interaktiota sen sijaan ei voitu tutkia, koska yhteen faktorin luokkaan oli vain yksi havainto kustakin tunnusluvusta, jolloin jäännösvarianssin arvoksi tulee nolla. Tällaisessa tapauksessa yhdysvaikutuksen varianssi tulkitaan jäännösvarianssiksi.

Varianssianalyysien F-arvojen merkitsevyyksistä käytetään seuraavia merkintöjä:

$F_{10}\%$ = ero suuntaa-antava = 0

$F_5\ \%$ = ero lähes merkitsevä = x

$F_1\ \%$ = ero merkitsevä = xx

$F_{0.1}\%$= ero erittäin merkitsevä = xxx

Tarkemmin analysoitiin ja vertailtiin meillä käytännön viljelyssä merkittäviä syysviljoja: ruista ja vehnää.

Varianssianalyysillä selvitettyjä eroja tutkittiin lähemmin lajien (ruis, vehnä) ja vuosien välillä laskemalla Studentized Range-arvo. Tietokone tulosti kaikkien koevuosien väliset kombinaatiot muuttujittain kuten myös lajien välisen arvon.

Vuosien väliset erot ovat merkitseviä 95 %:n todennäköisyydellä arvolla 5,62 (x) ja 99 %:n todennäköisyydellä arvolla 7.06 (xx) ja lajien väliset erot lähes merkitseviä arvolla 3,11 ja merkitseviä arvolla 4.39.

2.4. Tulokset ja niiden tarkastelu

Syysviljojen lajivertailukokeen tulokset on kokonaisuudessaan kerätty tauluikoon 15. Taulukko antaa yleiskuvan eri koejäsenten satoisuudesta, eräistä viljelyteknisistä ominaisuuksista sekä muutamista sadon kunto- ja laatutekijöistä. Koetuloksista on nähtävissä suuret lajien väliset erot useimpien laatulukujen kohdalla. Tulos oli suurelta osalta odotetun kaltainen ja niitä tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon viljalajien erilaiset käyttötarkoitukset ja näitä vastaavat laatuvaatimukset.

Jo keskimääräisiä jyväsatoja tarkasteltaessa selviää miksi Suomessa ei ruisvehnän ja syysohran viljely ole yleistynyt, kun lisäksi taulukko 16 kertoo, näiden lähinnä rehuviljoiksi luokiteltavien viljalajien satomäärien suuresta vuosivaihtelusta, on nykyinen syysviljojemme lajivalinta perusteltua.

Jäljempänä esitetyt tilastolliset vertailut on siis suoritettu satomäärien osalta koko aineistosta ja muilta osin vain ruista ja syysvehnää tarkastellen.

Taulukko 12

Syysviljojen lajivertailukoe Jokioisissa vv. 1966-1977

	Havaintoja	Jyväsato Kg/ha	sl.	Lako %	Kasvuaika pv.	Korkeus	Tjp	Hlp	Valk. %	Sakoluku	Valk. sato Kg/ha	Talvituho %	Tähkimisaika pv.
Toivo	12	2940	100	75	336	125	24.6	69.9	17.1	139	428	13	282
Jyvä	12	4170	142	25	336	87	37.4	79.2	15.1	359	522	15	293
RV 01	12	2610	89	31 (1)	348 (4)	92 (5)	44.3	66.7	17.6	60 (4)	388	24	-
Bore	12	1940	66	2 (1)	330 (2)	71 (4)	44.1(10)	66.2(10)	15.5(10)	-	257	60	-

Suluissa oleva luku ilmoittaa havaintojen lukumäärän, mikäli ei ole 12.

2.4.1. Syysviljalajien välinen vaihtelu

2.4.1.2. Satotaso

Taulukko 13. Syysviljojen sadot vv. 1966-77

Vuosi	Syysruis		Syysvehnä		Ruisvehnä		Syysohra	
	kg/ha	sl	kg/ha	sl	kg/ha	sl	kg/ha	sl.
1966	3330	100	3960	119	2180	65	110	3
1967	1010	100	5480	544	2250	224	1140	113
1968	3820	100	6050	158	4040	106	2080	54
1969	3060	100	3960	129	2930	96	2220	73
1970	1410	100	3090	220	1830	130	600	42
1971	4280	100	6780	158	3790	88	4060	95
1972	2650	100	3500	132	2220	84	1550	59
1973	3170	100	3640	115	1500	47	3230	102
1974	2310	100	2090	90	1070	46	-	-
1975	4440	100	6290	142	4970	112	5880	132
1976	2930	100	2610	89	1770	60	-	-
1977	2790	100	2640	94	2720	97	2440	87
$\bar{X}$	2940	100	4170	142	2610	89	1940	66

Satotulosten varianssitaulu

Var.lähde	Vap.asteet	F-arvo
Kerranteet (R)	3	
Vuodet (A)	11	59.59^{xxx}
Virhe 1 (RA)	33	
Lajit (B)	3	291.27^{xxx}
BA	33	20.12^{xxx}
Virhe 2 (RB+RBA)	108	

Käytettäessä kahden tekijän varianssianalyysiä saadaan vuosivaihtelu poistetuksi lajien välisestä vaihtelusta. Näin saadut lajien väliset satoerot muodostuivatkin odotetusti erittäin merkitseviksi.

Virheiden neliösummat olivat pienet. Vuosien ja lajien välinen yhdysvaikutus sensijaan muodostui erittäin merkitseväksi, joka kertoo, että tekijät eivät ole keskenään riippumattomia. Tämä tulee huomioida tarkasteltaessa päävaikutusten merkitsevyyksiä.

Suoritetuissa 1-suuntaisissa varianssianalyyseissä saatiin seuraavat merkitsevyydet (taulukko 14).

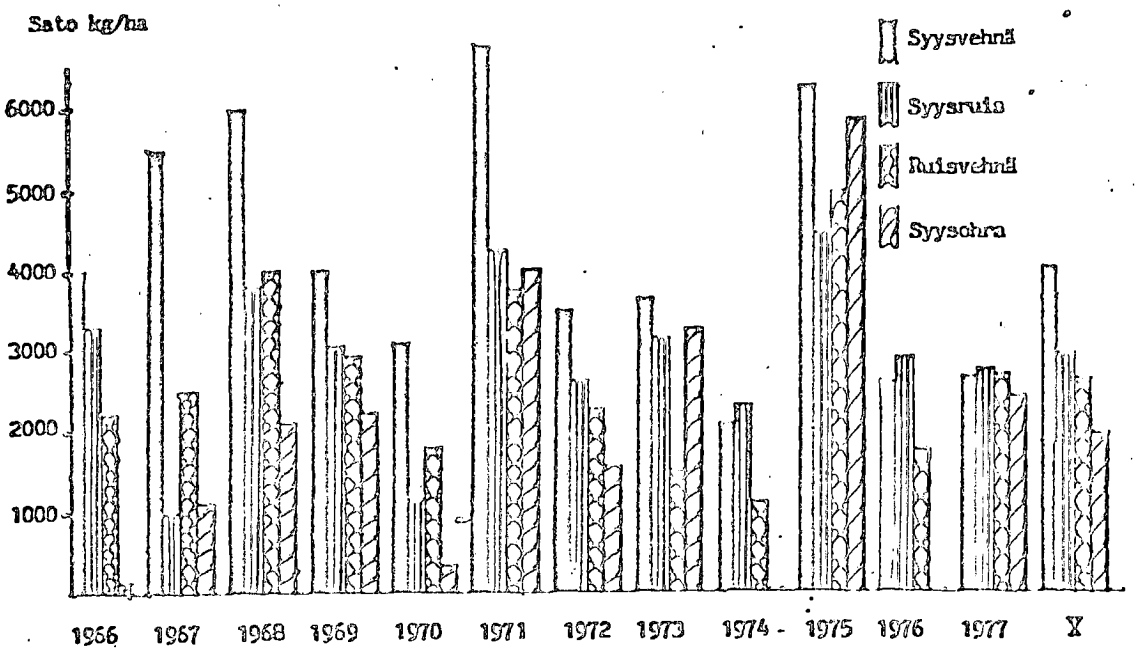
Taulukko 14. Yhden tekijän varianssianalyysien F-arvot ja niiden merkitsevyydet

	F-arvo	
Muuttuja	Lajit	Vuodet
Jyväsato	9.47^{X}	2.73^{O}
Lako-%	34.37^{XXX}	2.43^{O}
Kasvuaika	0.00	10.16^{XXX}
Korkeus	142.39^{XXX}	6.69^{XX}
Tjp	264.67^{XXX}	2.88^{X}
Hlp	315.88^{XXX}	20.69^{XXX}
Valk.-%	18.09^{X}	2.16^{O}
Sakoluku	43.46^{XXX}	2.06^{O}
Valk.sato	3.42^{O}	2.17^{O}
Talvituho-%	0.04	4.47^{XX}
Tähkimisaika	90.31^{XXX}	10.68^{XXX}

Eri koejäsenten satoisuudesta kertoo kuva 10. Satoisin syysvilja on ollut syysvehnä (Jyvä) $\bar{X}$ 4170 kg/ha, sadon keskihajonta on ollut 1590 kg/ha. Syysruis (Toivo) on jäänyt satoisuudeltaan heikommaksi, $\bar{X}$ 2940 kg/ha ja keskihajonta on ollut 1035 kg/ha. Ruisvehnän satotaso $\bar{X}$ 2610 kg/ha on jäänyt jonkin verran ruista alhaisemmaksi ja syysohran $\bar{X}$ 1940 kg/ha on jo selvästi muita syysviljoja pienempi.

Suotuisissa kasvuoloissa syysvehnän satotaso on ollut erittäin korkea, eikä ruis ole tällöin pystynyt kilpailemaan vehnän kanssa. Kasvuedellytysten heiketessä (vuodet 1974, 1976, 1977) on ruis antanut vehnää runsaamman sadon.

KUVA 10. Syysviljojen satotaso keskimäärin ja vuosina 1966-1977



Ruisvehnän heikohkoon satoon on syynä steriliteetti; varsinkin oktoploideilla muodoilla. Ruisvehnä on kohtalaisen talvenkestävä, mutta talvituhot näkyvät selvästi satotasossa, koska ruisvehnän versoutumiskyky talvituhon jälkeen on huono, vuodet 1974 ja 1976.

Syysohra tarvitsee vielä pitkään jalostustyötä talvehtimisominaisuuksien suhteen. Neljänä koevuotena talvituho on ollut niin suuri, että voidaan puhua täydellisestä kadosta. Vuoden 1975 edullisissa kasvuoloissa syysohra antoi koeruuduilta satoa lähes 6000 kg/ha ja kilpaili tasavertaisesti syysvehnän kanssa. Syysohran viljelyssä on ainakin toistaiseksi niin paljon riskitekijöitä, ettei sen viljely Suomen oloissa ole taloudellisesti kannattavaa ja toisaalta ei liene tarpeellistakaan, koska meillä on erittäin satoisia kevätohralajikkeita.

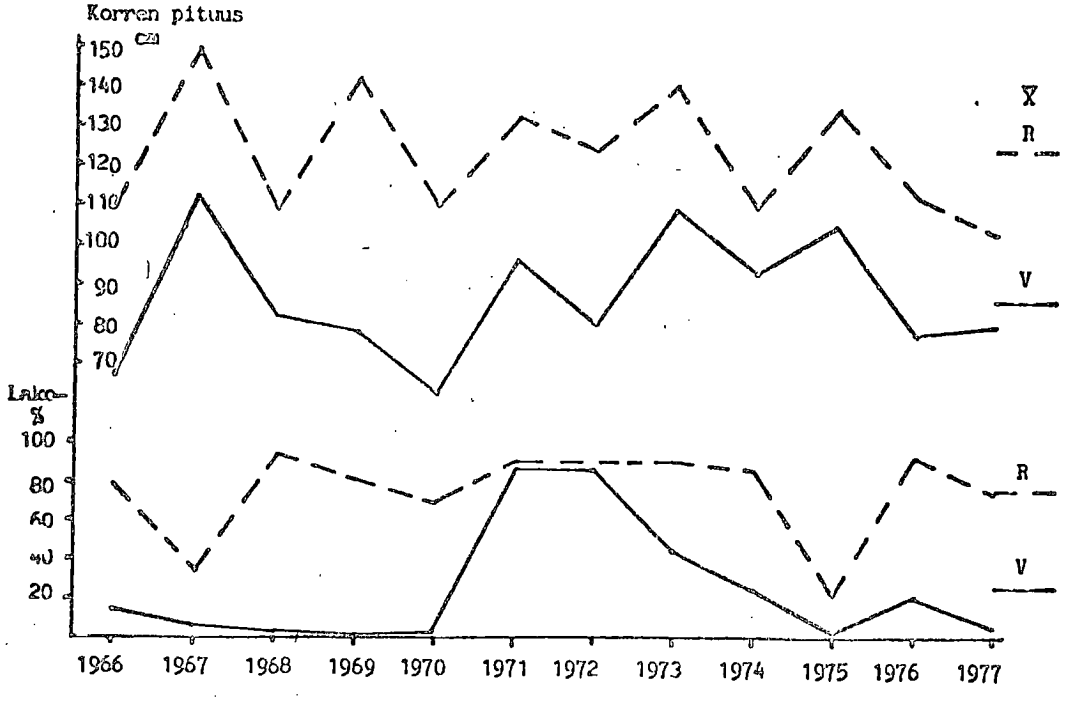
2.4.1.2. Viljelytekniset ominaisuudet

Korrenlujuudessa rukiilla ja syysvehnällä on tilastollisesti erittäin merkitsevät lajien väliset erot. Syysvehnä on lujakortisempi, lako $\bar{X}$ 25 % ja s=31 %, kuin ruis, lako $\bar{X}$ 75 % ja s=24 % (kuva 16).

Pitkäkortinen Toivo-ruis, $\bar{X}$ 125 cm ja s=15 cm, oli tilastollisesti erittäin merkitsevästi Jyvää, $\bar{X}$ 87 cm ja s=16 cm, pitempi. Vuosien välinen kasvuston korkeuden vaihtelu oli merkitsevä (kuva 11).

Ruisvehnän pituus $\bar{X}_5$ 92 cm asettuu vehnän ja rukiin väliin, ja on vain 5 cm vehnää pidempi. Syysohrakasvuston korkeus $\bar{X}_4$ 71 cm jää muita syysviljoja alhaisemmaksi.

KUVA 11. Rukiin ja syysvehnän lakoisuus ja korrenpituus vuosina 1966-1977.



Pitkäkortisin ruislajike Toivo on ollut n. 40 cm syysvehnää (Jyvä) pidempi. Pitkäkortisuus ei ole viljelyteknisesti ajatellen eduksi esim. leikkuupuinnille ja toisaalta korren pituudella saattaa olla lakoutumista lisäävä vaikutus. Lakoutuminen näyttää kuitenkin riippuvan ratkaisevasti tähkälletulon ja tuleentumisen välisen ajan sateista. Rukiilla ja syysvehnällä on vuosina 1967 ja 1975 ollut poikkeuksellisen vähän lakoa, korsi on kasvanut tällöin erittäin pitkäksi,

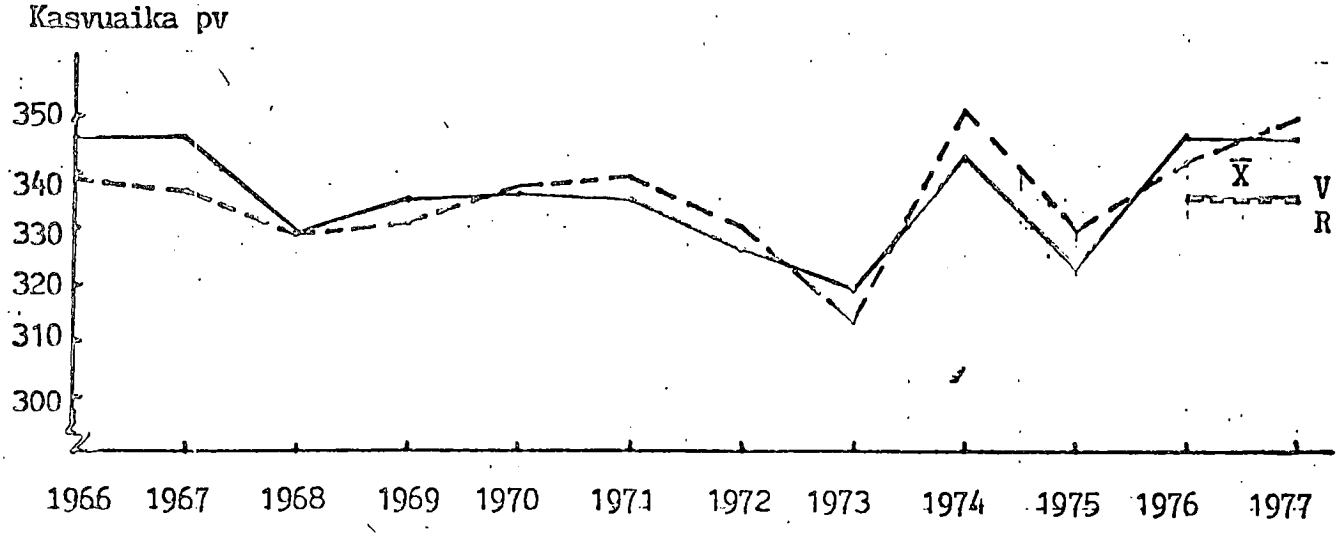
mutta samalla heinäkuun sademäärä on jäänyt erittäin vähäiseksi.

Syysviljat, Toivo-rnis ja Jyvä-syysvehnä, osoittautuivat kasvuajaltaan päivälleen samanlaisiksi (kuva 12). Keskihajontakin oli molemmilla 10 vuorokautta. Vuosien väliset kasvuaikaerot sensijaan muodostuivat erittäin merkitseviksi.

Kasvuajan kohdalla huomio kiinnittyy lähinnä erittäin suuriin vuosien välisiin eroihin. Verrattaessa vuotta 1973 vuoteen 1974 saadaan kasvuaikaeroksi rukiilla 23 vuorokautta ja vehnällä 37 vuorokautta ja käytännössä tämä merkitsee sitä, että syysviljojen puintiaika ajoittuu aivan elokuun alkuun tai on vasta syyskuun puolella.

Rukiin ja syysvehnän tähkimisaika poikkeavat erittäin merkitsevästi, vaikkakin viljat tuleentuvat lähes samanaikaisesti. Vuosien välinen tähkimisaika vaihteli erittäin merkitsevästi.

KUVA 12. Rukiin ja syysvehnän kasvuaika vuosina 1966-1977.



2.5.1.3. Sadon laatu

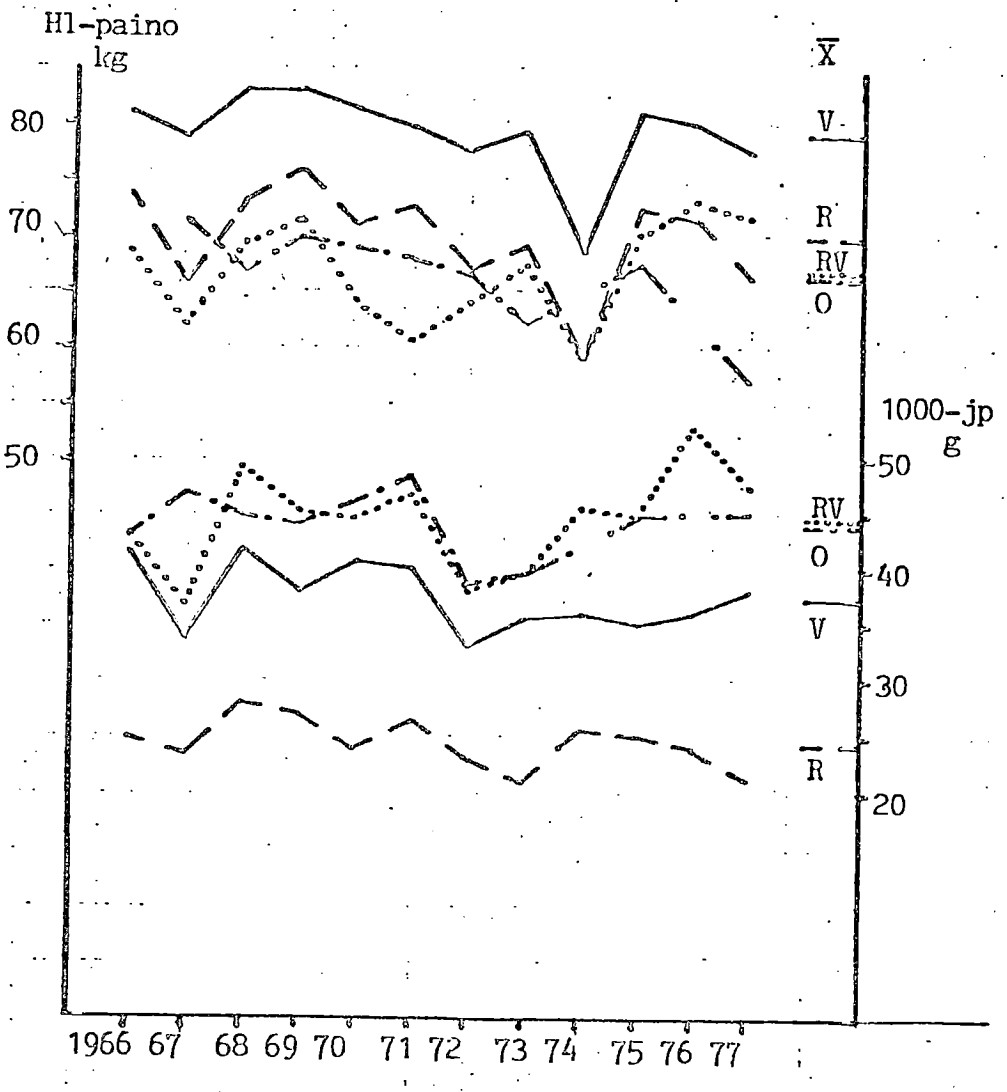
Rukiin ja syysvehnän 1000-jyvän painojen todettiin poikkeavan toisistaan erittäin merkitsevästi. Keskihajonta oli Toivolla 2 ja Jyvällä 3 g:aa ja vuosivaihtelu lähes merkitsevä.

Koko aineistossa ruisvehnän 1000-jyvänpaino oli keskimäärin korkein, mutta myös vuosivaihtelu erittäin suuri. Ruisvehnällä endospermi kehittyy epätasaisesti ja siemen on pinnaltaan kurttuinen ja hauras. Nämä yhdessä johtavat yleensä alhaiseen hl- ja 1000-jyvänpainoon.

Ruisvehnän ja syysohran hl- ja 1000-jyvänpainot olivat keskimäärin toisiaan vastaavia. Näiden hl-painot jäivät ruista ja vehnää alhaisemmiksi, mutta 1000-jyvänpainot olivat korkeampia kuin rukiilla ja vehnällä (kuva 13).

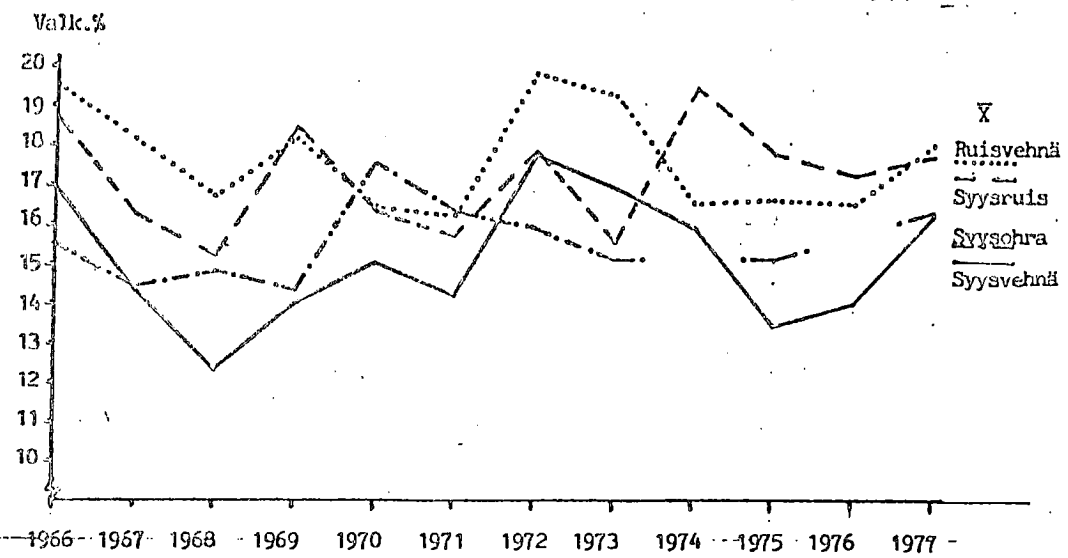
Rukiin ja syysvehnän hehtolitrapainojen ja vuosien väliset erot olivat erittäin merkitsevät. Hl-paino keskihajonta oli molemmilla lajeilla n. 4 kg.

KUVA 13. Syysviljojen 1000-jyvän- ja hl-painot vuosina 1966-1977.



Lajien valkuaispitoisuudet (kuva 14) olivat korkeita $\bar{X}$ yli 15 %, rukiin ja vehnän välille saatiin lähes merkitsevä ero. Keskihajonta oli Toivolla 1.4 %-yksikköä ja Jyvällä 1.6 %-yksikköä. Tilastollisia eroja ei vuosien välillä todettu.

KUVA 14. Syysviljojen valkuaispitoisuus vuosina 1966-1977.



Korkeimman valkuaispitoisuuden omasi ruisvehnä, $\bar{X}$ 17.6 %, tulos oli odotetun kaltainen ja kirjallisuuden perusteella korkeampiakin proteiinipitoisuuksia on ruisvehnällä todettu. Rukiin korkea $\bar{X}$ 17.2 %:n proteiinipitoisuutta sensijaan voidaan pitää yllättävän korkeana. Koeaineistossa rukiin keskimääräinen valkuaisen määrä oli 2.1 %-yksikköä korkeampi kuin syysvehnän. Verrattaessa tuloksia viljaotantaan, jossa rukiin proteiinin määrä on jäänyt syysvehnää alhaisemmaksi voidaan yhtenä perusteena todeta koeaineiston rukiille korkea typpilannoitus verrattuna käytännön viljelyyn.

Syysviljalajien valkuaisen laatua on tutkittu määrittämällä niiden aminohappokoostumus (taululkko 15). Biologisesti arvokasta lysiiniä on ollut eniten rukiin ja ohran raakavalkuaisessa ja vähiten syysvehnässä. Ruisvehnän lysiinipitoisuus on selvästi korkeampi kuin syysvehnän, mutta kuitenkin pienempi kuin rukiin ja ohran. Toisen arvokkaan aminohapon, metioniinin, pitoisuuksissa määrälliset erot jäivät pieniksi. Syysohra poikkeaa koeaineiston muista jäsenistä runsaskuorisempana ja tämän pitäisi näkyä lysiinin, arginiinin ja valiinin korkeina pitoisuuksina ohralla. Tulos ei kuitenkaan ole erityisen selvästi havaittavissa. Ruisvehnällä proteiinin lysiinipitoisuus kuten myös leusiinin,

fenylalaniinin ja tyrosiinin määrä kirjallisuustiedon mukaan on korkeampi kuin vehnällä, tätä ei kuitenkaan voi koetuloksista todeta. Viljojen erittäin korkeat proteiinipitoisuudet johtavat yleensä valkuaisen laadun heikkenemiseen ja tämä näkyy tärkeimpien aminohappojen suhteellisen pienenä osuutena koeaineistossa.

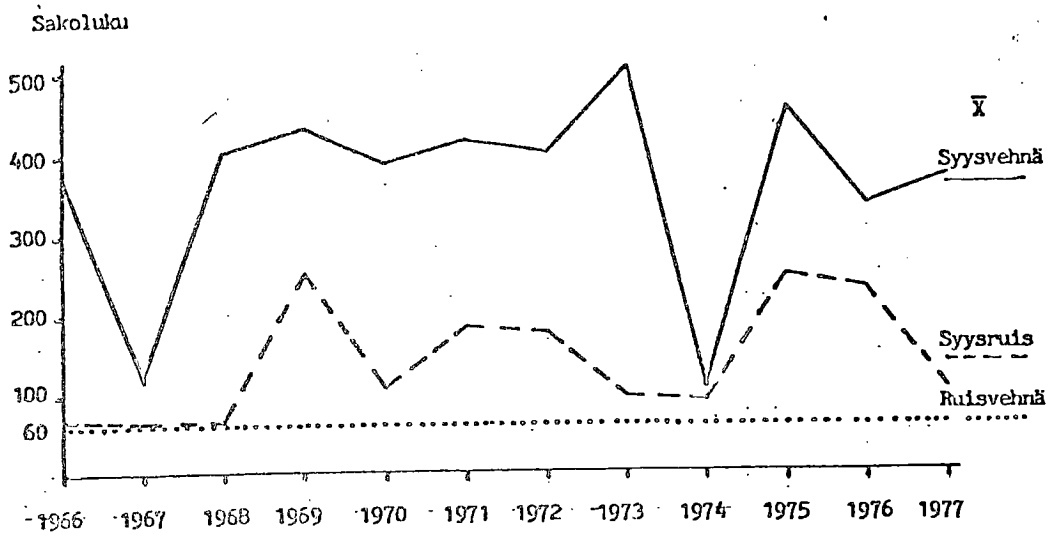
Taulukko 15. Syysviljalajien proteiinipitoisuus ja aminohappokoostumus koejakson aikana (12 v) keskimäärin.

	Syysruis Toivo	Syysvehnä Jyvä	Ruisvehnä RV 01	Syysohra Eore
% prot. (ka:ssa)	17.1	15.1	17.6	15.5
Aminohappoja g/100 g proteiinia				
Asparagiinihappo	5.6	5.0	5.7	5.6
Threoniini	2.7	2.2	2.4	2.8
Seriini	4.3	4.2	4.4	3.9
Glutamiinihappo	36.1	41.7	38.9	33.8
Proliini	12.3	11.9	10.8	14.0
Kystiini/2	1.3	1.3	1.4	1.3
Glysiini	4.0	4.3	4.1	4.0
Alaniini	3.7	2.2	3.3	3.0
Valiini	4.5	4.1	4.7	4.4
Metioniini	1.3	1.2	1.3	1.1
I-leusiini	3.0	2.5	2.5	3.2
Leusiini	5.6	6.3	6.0	6.6
Tyrosiini	2.3	2.4	2.4	2.7
Fenyylalaniini	4.0	3.8	3.8	4.7
Histidiini	1.8	1.6	1.6	1.6
Lysiini	2.8	2.1	2.4	2.8
NH_3	4.9	6.0	5.5	4.7
Arginiini	4.7	4.2	4.3	4.5

Rukiin ja vehnän sakoluvut poikkesivat toisistaan erittäin merkitsevästi (kuva 15). Toivon sakoluku oli $\bar{X}$ 139, s=72, ja Jyvän $\bar{X}$ 359, s=123. Syysviljoilla sadonkorjuu tulee ajankohtaiseksi yleensä ennen syyssateita ja täten selittyy viljojen korkeat sakoluvut ja merkitsemättömäksi jäänyt vuosivaihtelu.

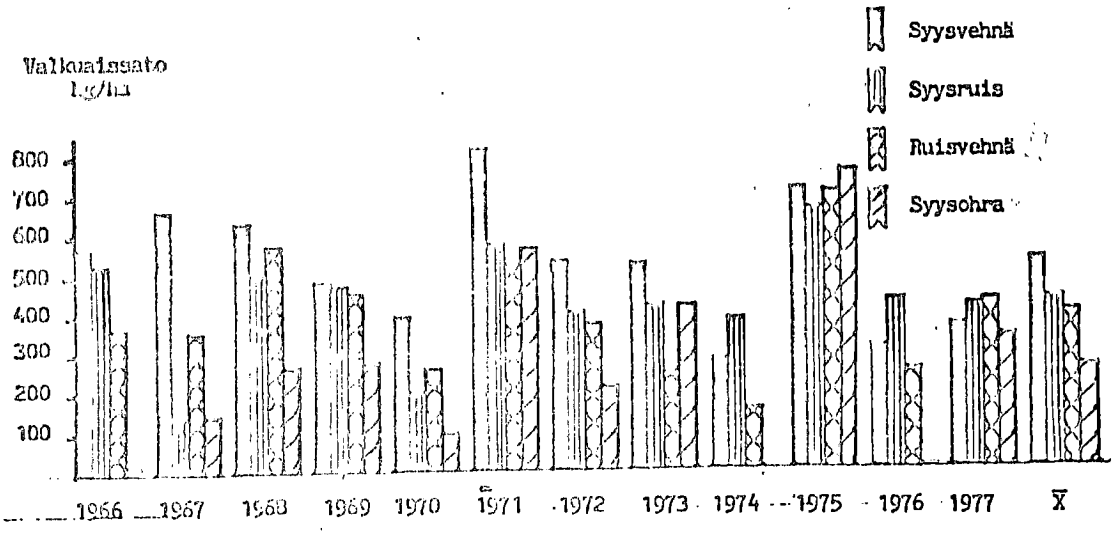
Ruisvehnän jyvän heikko laatu tuli selvästi esille sakolukumittauksissa. Ruisvehnän endospermin epätasainen kehitys, tähkäidännänalttius ja korkea α-amylaasiaktiivisuus näkyy tärkkelyksen liisteröitymättömyytenä mitattaessa sakolukua.

KUVA 15. Syysviljojen sakoluku vuosina 1966-1977.



Valkuaissadon kohdalla ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja rukiin ja vehnän eikä vuosien välillä. Valkuaissadot on esitetty kuvassa 16.

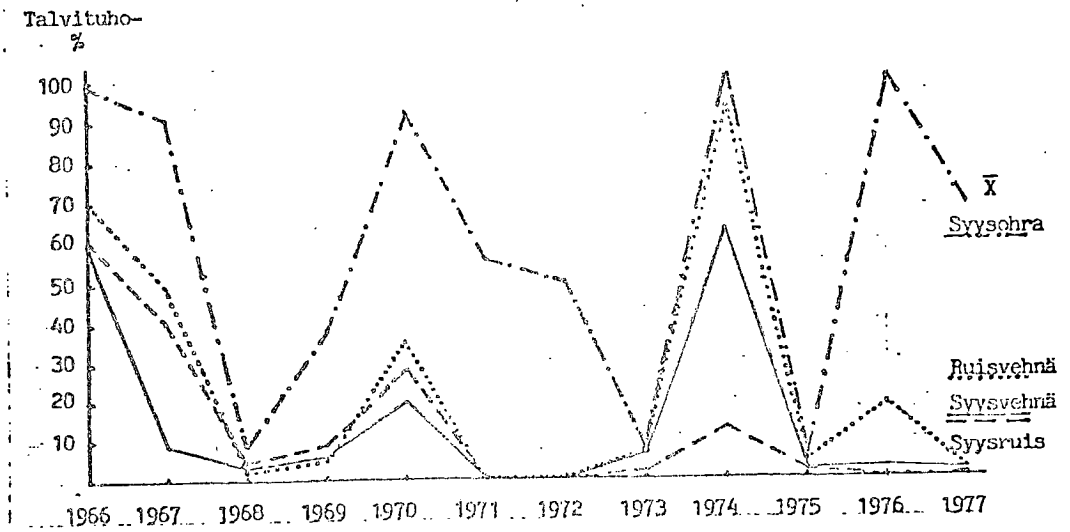
KUVA 16. Syysviljojen valkuaissato vuosina 1966-1977.



2.4.1.4. Talvituho

Talvituhon kohdalla tuntuu yllättävältä, ettei rukiin ja syysvehnän välillä todettu minkäänasteista merkitsevää eroa. Talvituhot jäivät yleensä vähäisiksi. Toivolla $\bar{X}$ 13 %, s=20 % ja Jyvällä $\bar{X}$ 14 % ja s=22 %. Vuosien välinen vaihtelu talvehtimisessa oli sensijaan erittäin merkitsevä.

KUVA 17. Syysviljojen talvituho vuosina 1966-1977.



Syysohra näyttää Suomen oloissa hyvin epävarmalta talvehtimisen suhteen. Kahdentoista koevuoden aikana talvituho on ollut viitenä vuotena yli 90 % ja keskimäärin 60 %.

Ruisvehnää voidaan pitää kohtalaisen hyvänä talvehtijana, sillä se on talvehtinut vain 10 %-yksikköä heikommin kuin ruis ja syysvehnä.

2.4.2. Vuosien välinen vaihtelu

Rukiin ja syysvehnän varianssianalyysillä todetut, vuosien väliset erot pyrittiin selvittämään tarkemmin laskemalla Studentized Range-arvot kaikille koevuosikombinaatioille (yhteensä 66 kpl) kaikkien yhdentoista ominaisuuden suhteen.

Satomäärien kohdalla vuosivaihtelu oli merkitsevyydeltään vain suuntaa antava, eikä eri vuosien parivertailu osoittanut tilastollista merkitsevyyttä yhdenkään vuosiparin osalle.

Kokeen ruutusatotuloksista on kuitenkin todettavissa vuosien 1970 ja 1974 muita heikommat ja vuosien 1971 ja 1975 korkeat satomäärät. Satoerot selittyvät ko. vuosien erilaisista talvehtimisoloista. Vuonna 1970 alkukesän kuivuus on osittain ollut satotasoa rajoittava tekijä.

Satoisuuden kanssa samansuuntainen tulos saatiin lakoisuudesta eli vuosivaihtelulle ei saatu merkitsevyyttä eikä myöskään eri vuosien välille muodostunut merkitseviä eroja. Koetuloksia tarkasteltaessa syysviljat ovat olleet eniten laossa vuosina 1971 ja 1972. Vähiten lakoa esiintyi vähäsateisena ja lämpimänä kesänä v. 1975.

Erittäin merkitseväksi osoittautui kasvuajan vuosivaihtelu. Kasvuaikojen parivertailu näytti merkitseviä eroja kuudessa ja lähes merkitseviä eroja kahdeksassa tapauksessa. Vuosi 1969 ei poikennut merkitsevästi minkään muun vuoden suhteen kasvuajan kohdalla. Erittäin lyhyeksi kasvuaika muodostui vuonna 1973. Ero oli merkitsevä vuosiin verrattuna viidessä ja lähes merkitsevä kolmessa parivertailussa. Lyhyt kasvuaika selittynee v. 1973:n nopeasta tehoisan lämpötilasumman kehittymisestä alkukesällä, varsinkin heinäkuu oli poikkeuksellisen lämmin. Tehoisa lämpötilasumma jäi koejakson aikana pienimmäksi vuonna 1977,

jolloin myös kasvuston kehitys oli hitainta.

Kasvuston pituuden vuosivaihtelu oli tilastollisesti merkitsevä. Pituusero osoittautui merkitseväksi vuosien 1967-1966 sekä 1967-1970 välillä, lähes merkitsevä ero todettiin kuudessa vuosikombinaatiossa. Vuosi 1967 on ollut lämpöoloiltaan lähes keskimääräinen kuten myös sademäärän suhteen, mutta on kuitenkin antanut korren kasvulle muita vuosia paremmat edellytykset. Korsi on jäänyt lyhyimmäksi koejakson aikana vuonna 1970 johtuen alkukesän kuivuudesta.

Siemenen kokoa ilmentävän 1000-jyvänpainon vuosivaihtelu oli lähes merkitsevä, joskaan vuosiyhdistelmien välillä ei todettu merkitsevyyksiä.

Paitsi viljalajien välillä, vaihtelee hl-paino vuosittain koeaineistossa erittäin merkitsevästi. Sääteki jöiden aiheuttamat kemialliset ja biologiset muutokset aiheuttavat jyvien ominaispainon vaihtelua. Vuonna 1974 hehtolitrapaino jäi hyvin alhaiseksi jopa niin alhaiseksi, että erot kaikkien muiden koevuosien kanssa muodostuivat merkitseviksi. Kyseinen vuosi muistetaan runsassateisena ja suhteellisen viileänä ja sadon laatu tästä johtuen muodostui heikoksi. Toisaalta sadon laadun kannalta oli edullinen kasvukausi vuonna 1969. Kesä oli tällöin lämmin ja vähäsateinen aina sadonkorjuuseen saakka. Hehtolitrapainon kohdalla voitiin todeta jonkin asteisia tilastollisia merkitsevyyksiä 20 vuosikombinaation kesken.

Valkuaispitoisuuksien, sakolukujen kuten myös valkuaissatojen suhteen tutkimusvuosien väliset erot olivat merkitsevyydeltään vain suuntaa antavia. Valkuaispitoisuuden osalta voidaan panna merkille vuosi 1968, jolloin valkuaispitoisuus jäi suhteelisen alhaiseksi kasvukauden erikoisten sääolojen vaikutuksesta. Tällöin touko- ja kesäkuu olivat erittäin runsassateisia ja heinä- ja elokuu puolestaan niukkasateisia. Yleisesti ottaen valkuaisprosentti oli korkea melko voimakkaasta typpilannoituksesta johtuen.

Sakoluvut olivat yleensä korkeita ja keskimääräinen sakoluku jäi alle 200 vain vuosina 1967 ja 1974. Kyseisinä vuosina tuleentumis- ja korjuukausi olivat erittäin sateisia.

Valkuaissatojen vuosivaihtelu ei ollut tilastollisesti merkitsevä, joka selittyy jyväsatojen ja valkuaisprosenttien pienellä vuosivaihtelulla.

Syy lajien ja vuosien näennäiselle samankaltaisuudelle usean ominaisuuden kohdalla löytyy tutkimuslajien ja vuosien suuresta variaatiosta, joka on mahdollisesti peittänyt toisen variaation alleen. Lajien (ruis ja syysvehnä) väliset erot ovat muutamien ominaisuuksien välillä erittäin selvät ja ne ovatkin testin perusteella olleet tilastollisesti merkitseviä.

Vuosivariaatio riippuu ilmastosta ja maaperän heterogeenisyydestä aiheutuvasta viljavuusvaihtelusta. Koejärjestelyillä on pyritty viljavuuserot poistamaan satunnaistamalla koejäsenet kokeen sisällä. Tutkimuskautena on lannoitustasossa ja muissa viljelytoimenpiteissä tapahtunut jonkin verran muutoksia, jotka ovat osaltaan lisänneet vuosivariaatiota. Myöskin tutkimusaineiston eräiden laatuominaisuuksien kohdalla yksi havainto kutakin lajia ja vuotta kohti voidaan katsoa liian vähäiseksi.

Aineiston pienuudesta aiheutuva vapausasteiden vähyys ja tästä johtuva merkitsevyysrajojen nousu ovat myös osaltaan syynä tutkimuksen tuloksettomuuteen.

Lajien välisestä paremmuudesta toisiinsa verrattuna ei ole aihetta vetää kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä edelläolevan perusteella. Ruis ja syysvehnä ovat ominaisuuksiltaan varsin erityyppisiä kasveja ja käytännön viljelyssä näiden välisen viljelyarvon ratkaisevat yleensä tilakohtaiset edellytykset. Myöskin rukiilla ja vehnällä on laatuominaisuuksien ja käyttötarkoituksen erilaisuudesta johtuen omat arvosteluasteikot.

Erittäin voimakkaasti säätekijöistä riippuva kasvien talvehtiminen on vaihdellut vuosittain niin paljon, että erot ovat tilastollisesti merkitseviä. Vuosien välinen talvehtimisero on ollut seitsemässä tapauksessa jokseenkin merkitsevä. Kaikissa näissä vuosiyhdistelmissä on ollut toisena osapuolena vuosi 1966, jolloin talvituho oli suuri (60 %). Talvituhon aiheuttajana lienevät säätietojen perusteella arvioiden epäedulliset talvehtimisolot, varsinkin huhtikuussa, joka on ollut koejakson kylmin. Ilmeisesti talvituhosienet ovat myöskin aiheuttaneet tuhoa erittäin pitkän ja runsaslumisen talven aikana.

Talvehtiminen koealueilla on ollut ehkä yllättävänkin hyvä, sillä kahdeksana vuonna koejakson aikana talvituhoa on ilmennyt alle 10 %:a.

Syysviljojen tähkimis- kuten myös kasvuajan suhteen vuosivaihtelu on ollut merkitsevä. Vuosien välille on saatu tilastollinen merkitsevyys 13 vuosiyhdistelmän kohdalle. Tilanne on siis hyvin samanlainen kuin kasvuaikaa tarkasteltaessa ja vaikuttamassa on lähinnä alkukesän tehoisan lämpötilasumman kehittyminen.

2.5.3. Vuosien välisen vaihtelun tarkastelu

Käytettäessä yhden tekijän varianssianalyysiä lajien väliset variaatiot jäivät vaille tilastollista merkitsevyyttä kolmen ja vuosien väliset variaatiot viiden muuttujan kohdalla.

Suuren vuosivariaation vuoksi vuosien väliset merkitsevät erot eri laatuluokujen kohdalla ovat odotettuja ja antavat kuvan syysviljojen vaihtelevasta menestymisestä eri vuosina. Vuosivariaatio ei ollut merkitsevä viiden ominaisuuden kohdalla ja voidaan olettaa, että ainakin osittain tämä johtuu ja peittyy viljalajien variaation alle.

Koetulokset osoittavat kuitenkin sen yleisen tosiasian, että viileät ja sadeoloiltaan epäedulliset vuodet tuottivat heikkolaatuisen sadon ja toisaalta lämpimät ja kosteusoloiltaan edulliset vuodet tuottivat hyvälaatuisen joskaan ei aina määrältään hyvää satoa.

2.5. Tiivistelmä

Tutkimus pohjautuu Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvinjalostuslaitoksella, Jokioisissa, vuosina 1966-1977 olleen syysviljojen lajivertailukokeen havaintoihin ja analyysituloksiin. Tutkimuksessa oli mukana neljä syysviljalajia: Toivoruis, Jyvä-syysvehnä, RV 01-ruisvehnä ja Bore-ohra. Tarkoituksena oli selvittää eri syysviljojen menestymismahdollisuuksia sekä eräitä sadon laatu- ja kuntotekijöitä vertailemalla syysviljoja keskenään, ja tutkimalla vuosivaihtelua lähinnä säätekijöistä johtuvien tuotantoriskien valossa.

Tutkimusaineisto oli variaatioltaan erittäin heterogeeninen niin lajien kuin vuosienkin suhteen. Kahdentoista vuoden koejaksoa voidaan pitää riittävänä tutkittaessa eri syysviljalajien viljelyarvoa, mutta yksi lajike kustakin viljalajista oli liian vähän ja tämä haittasi huomattavasti tilastollisia laskutoimituksia, koska kukin muuttuja sai vain yhden lukuarvon vuosittain.

Tutkimuksen kohteina olleiden syysviljojen vertailu on melko vaikea tehtävä niiden erilaisista laatuvaatimuksista ja käyttötarkoituksista johtuen. Ruista kuten ei myöskään syysvehnää voida asettaa suosituimmuusasemaan edes paikkakuntakohtaisesti, sillä molempien viljely on tarpeellista ja viljelyvalinta on tehtävä tilakohtaisten edellytysten perusteella.

Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä todettiin koko koeaineistossa satomäärien vuosien välisen variaation olevan kaksinkertainen lajivariaatioon verrattuna.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että syysvehnä on antanut satoa selvästi enemmän kuin muut syysviljat.

Rukiin ja syysvehnän viljelyominaisuuksien vuosien väliset erot todettiin erittäin merkitseviksi kasvuajan, hl-painon ja tähkimisajan suhteen, sekä merkitseviksi kasvuston korkeuden ja talvituhon osalta.

Viljelyteknisiltä ominaisuuksiltaan syysvehnää voidaan pitää ruista edullisempana, koska lyhytkortinen, ruista laonkestävämpi ja rukiin kanssa samanaikaisesti tuleentuva syysvehnän sato on helpommin korjattavissa.

Syysviljojen sadon laatu- ja kuntotekijät suhtautuivat sääoloista johtuviin riskitekijöihin hyvin samansuuntaisesti. Kaikkina koevuosina syysviljat antoivat kauppakelpoisuusvaatimukset täyttävän sadon.

Ruis ja syysvehnä talvehtivat erittäin hyvin ja tasavertaisesti.

Syysohran talvehtimisriski osoittautui erittäin suureksi eikä sitä nykyisellään voida suositella viljeltäväksi Jokioisten oloissa.

Ruisvehnän ongelmat näyttävät olevan lähinnä sadon kuntoon ja käyttöön liittyviä. Korkea valkuaispitoisuus nostaa ruisvehnän arvoa rehuviljana. Ruisvehnän viljelyteknisiä- ja talvehtimisominaisuuksia voidaan nykyisellään pitää tyydyttävinä.

Tämän tutkimuksen suunnittelusta, koesarjan aloittamisesta sekä käyttööni saamista koe- ja analyysituloksista esitän parhaat kiitokseni Maatalouden Tutkimuskeskuksen Kasvinjalostuslaitoksen johtajalle, professori Rolf Mannerille. Kasvinjalostuslaitoksen henkilökuntaa haluan kiittää koeaineiston luotettavasta havainnoinnista ja analysoinnista.

Jokioinen 25. lokakuuta 1979

Jukka Kaseva

KIRJALLISUUSLUETTELO

ANON. 1966-1977. Kuukausikatsaukset. Ilmatieteen laitos.

--1971. Vuosikertomus 1971. Viljantutkimustoimikunta ja Valt. Viljavarasto, tutkimuslaboratorio. Tiedonantoja 1972, 1:1-15.

--1977 a. Vuosikertomus 1977. Ibid. 1978, 3:1-15.

--1977 b. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus No 2.

--1978. Helsingin Yliopiston Kasvinviljelystieteen laitoksen harjoitustyömoniste 54 s. (Ref. Brohult & Sandegren 1954).

ANREWS, C.J. & POMEROY, M.K. 1975. Survival and cold hardiness of winter wheats during partial and total ice immersion. Crop Sci. 15:561-566.

BLOMQVIST, H. 1970. Peltokasvien talvehtiminen Suomessa 1968-1969. Koetoim. ja Käyt. 12:41-42.

De La ROCHE, J.A. ym. 1972. Lipid changes in winter wheat seedlings (Triticum aestivum) at temperatures inducing cold hardiness. Can. J. Bot. 50:2401-2409.

--1975. Changes of cold survival in cultivars of contrasting hardiness. Crybiology 12:506-512.

DRAPER, S. 1975. Amino acid changes associated with the development of cold hardiness in perennial ryegrass. J. Sci. Fd. Agric. 26:1171-1176.

ELIASSON, S. 1963. Swedish Seed Production. 66 s.

FEJER, S. ym. 1975. Ascorbic Acid content of cereal seedlings in relation to winter hardiness. Cer. Res. Commun. 2:111-119.

GREEN, D.G. & RATZLAFF, C.D. 1974. An apparent relationship of soluble sugars with hardiness in winter wheat varieties. Can. J. Bot. 53:2198-2201.

GUSTA, L.V. & FOWLER, D.B. 1977. Factors affecting the cold survival of winter cereals. Can. J. Plant. Sci. 57:213-219.

GUSTAFSON, J.P. 1974. The development of Triticale: The Wheat-Rye Hybrid. Evol. Biol. 9:107-136.

HULSE, J.H. & SPURGEON. D. 1974. Triticale. Scient. Amer. Elokuu, 1974:71-80.

HUOKUNA, E. 1958. Jääpoltteen tuhot Viikin laidunkoenurmilla talvikautena 1956-57. Maatal. ja Koetoim. 12:305-311.

HÄNNINEN, P. & JAMALAINEN, E.A. 1968. Syysviljojen talvehtiminen Keski-Suomessa. Ann. Agric. Fenn. 7:194-218.

ISOTALO, A. & VOGEL, R. 1962 Tuloksia syysruiskokeista Perä-Pohjolan koeasemalta vuosilta 1942-1960. Ann. Agric. Fenn. 1:233-248.

JAMALAINEN, E.A. 1956. Kasvien talvehtimiskysymys tuhosienien vahinkoja silmälläpitäen. Valt. Maatal. Koetoim. Julk. 148:1-30.

--1958. Peltokasvien huonon talvehtimisen syistä ja talvituhosienien aiheuttamien vahinkojen torjuntatoimenpiteistä. Maatal. ja Koetoim. 12:55-63.

--1961. Syysrukiin lajikekysymys talvehtimistutkimusten valossa. Maatal. ja Koetoim. 15:95-100.

--1962. Syysviljojen peittauskokeet Suomessa. Ann. Agric. Fenn. 1:175-191.

KACPERSKA-PALACZ, A. ym. 1977. Physiological mechanisms of frost tolerance: Possible role of protein in plant adaptation to cold. Biologia Plantarum 19:10-17.

KIVI, E. 1978. Peltokasvien jalostus. Helsingin Yliopiston Kasvinjalostustieteenlaitoksen luentomoniste, 96-97.

KOKKONEN, P. 1927. Rukiin talvehtimisen ja sen juurien venyvyyden ja venytyskestävyyden välisestä suhteesta. Valt. Maatal. Koetoim. Julk. 11:1-34.

KOLKKI, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931-1960. Liite. Suom. Meteor. Vuosik. 1965:1-42.

KUUKANKORPI, P. 1968. Sakoluku - mitä se on ja mitä se ei ole. Koet. ja Käyt. 25:25.

KÖYLIJÄRVI, J. 1975. Syysviljojen lannoitus, kylvö ja lajikkeet. MTTK Lounais-Suomen koeaseman tiedote 3:1-29.

LALLUKKA, U. & JOKINEN, R. 1978. Rukiin typpilannoitus. Koetoim. ja Käyt. 8:29.

LARPES, G. 1968. Savimaiden kyntösyvyys. Koetoim. ja Käyt. 25:36.

LARTER, E., TSUCHIYA, T. & EVANS, L. 1968. Breeding and Cytology of Triticale Plant. Sci. Dept. University of Manitoba 213-223, Vinnibeg, Canada.

LINKO, P. 1971. Viljakemia. 144 s. Viikki.

MANNER, R. & RYHTÄ, I. 1966. Jokioisten Jyvä-syysvehnä. Koet. ja Käyt. 23:31-32.

MARJANEN, H. 1975. Syysviljojen talvehtimisesta paikalliskokeiden koetulosten valossa. MTTK, Paikalliskoetoimiston tiedote 1:1-31.

MEURMAN, H. 1969. Syysvehnällä vaikeuksia Kymenlaakson hiesusavilla. Koetoim. ja Käyt. 26:14.

MUKULA, J., RANTANEN, O. 1976. Syysvehnän viljely Suomessa 1950-1975. MTTK:n Kasvinviljelylaitoksen tiedote 3:1-35.

MUKULA, J.,RANTANEN, O., LALLUKKA,U. & POHJONEN, V. 1976. Rukiin viljelyvarmuus Suomessa 1950-1975. MTTK Kasvinviljelylaitoksen tiedote 5:1-77.

MULTAMÄKI, K. 1977. Ruisvehnätutkimukset MTTK:n Kasvinjalostuslaitoksella. 3 s. Moniste.

MÄKELÄ, K. 1976. Talvituhosienet haittaavat pohjoisen nurmiviljelyä. Koetoim. ja Käyt. 8:29.

NEUMANN, M. & PELCHENKE, P. 1954. Brotgetreide und Brot. 622 s. Berlin-Hamburg.

PESOLA, V.A. 1953. Syysrukiin jalostustyöstä ja lajikekoetoiminnasta maatalouskoelaitoksen kasvinjalostusosastolla. Valt. Maatal. Koetoim. Julk. 138:1-42.

POHJAKALLIO, O., SALONEN, A., ANTTILA,S. & HALKILAHTI, A-M. 1962. Syysrukiin talvehtimiseen vaikuttavista tekijöistä. Maatal. ja Koetoim. 16:140-152.

POHJANHEIMO, O. 1959. Syysvehnän talvenkestävyydestä maamme viljelyoloissa. Maatal. ja Koetoim. 13:98-109.

RAVANTTI, S. 1974. Kasvinjalostus valkuaisen määrän ja laadun parantajana. Kehittyvä Maatalous 17:7-17.

SIMOJOKI, P. 1972. Syysvehnän viljelytekniikka Keski-Suomessa. Koetoim. ja Käyt. 12:41-42.

--& TAKALA, M. 1967. Syysruis. Koetoim. ja Käyt. 24:30-31.

SMITH, D. 1962. Forage management in the North 217 p. W.M.C. Brown Book Co. Iowa.

TALVITIE, H. & KONSALA, J. 1971. Syysvehnälajikkeet savi- ja hietamaalla Tikkurilassa, Kehittyvä Maatalous 5:3-10.

TEITTINEN, P. 1960. Routa ja kasvipeite. Koetoim. ja Käyt. 10:30.

VALLE, O. 1958. Kylvöajan merkityksestä syysrukiin ja syysvehnän viljelyssä Etelä-Suomessa. Maatal. ja Koetoim. 12:159-187.

VARIS, E. 1965. Winter hardiness as a breeding problem of Winter wheat in Finland. Suom.Maatal.tiet. Seur.Julk. 107:320-336.

YLIMÄKI, A. 1955. Nurmikasvien huonon talvehtimisen syistä. Maatal. ja Koetoim. 9:151-163.

--1962. The effect of snow cover on temperature conditions in the soil and overwintering of field crops. Ann. Agric. Fenn. 1:192-216.

YLIÖ, L. 1969. Syysrukiin ja syysvehnän kylvöaikakokeet kasvinjalostuslaitoksella 1958 (1927)-1967. Ann. Agric. Fenn. 8:184-192.

ZILLINSKY, F.J. 1974. The Development of Triticale. Adv. Agron. 26:315-348.

ÄYRÄVÄINEN, K. 1976. Nurmikasvien talvehtimistutkimukset Suomessa. Kehittyvä Maatalous 30:31-43.

WILLEMOT, C. 1975. Stimulation of phospholipid biosynthesis during frost hardening of winter wheat. Plant. Physiol. 55:356-359.

LIITTEET:

1. Kuukauden keskilämpötila Jokioisissa vv. 1966-1977
2. Tehoisan lämpötilan summan kehitys Jokioisissa vv. 1966-1977
3. Kuukauden sadesumma mm:nä Jokioisissa vv. 1966-1977
4. Viljelyvyöhykkeet

Liite 1.

Kuukauden keskilämpötila Jokioisissa vv. 1966-77 Celsius-asteina
$\bar{X}$ = ao. vuosien keskiarvo. N = vuosien 1931-60 keskiarvo eli
ns. normaaliarvo (ANON. 1966-1977).

Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII	V-VIII
1966	-13.8	-14.7	-3.5	-0.3	9.1	16.3	16.6	13.4	8.2	4.4	1.4	- 4.7	2.7	13.9
1967	-12.2	- 5.5	0.2	2.4	8.9	12.7	15.9	15.1	11.0	7.4	2.6	-10.8	4.0	13.2
1968	-14.7	- 5.7	-1.6	3.7	6.9	15.8	14.6	15.3	9.5	1.6	-2.0	- 2.5	3.4	13.2
1969	- 9.7	-10.0	-7.3	2.7	8.4	15.3	16.5	16.0	9.1	4.9	-0.7	- 8.3	3.1	14.1
1970	-10.9	-13.5	-2.5	1.0	9.2	16.3	15.6	14.4	9.2	5.3	-1.7	- 2.8	3.3	13.9
1971	- 7.2	- 6.0	-5.7	1.5	10.0	13.3	16.1	14.8	8.2	4.0	-2.3	- 2.6	4.1	13.6
1972	- 9.2	- 5.0	-3.6	1.5	9.1	16.1	18.7	15.7	9.5	4.0	-0.1	1.5	4.9	14.9
1973	- 2.1	- 5.2	-1.0	2.3	9.5	16.0	19.0	13.9	6.4	1.7	-4.0	- 7.5	4.2	14.6
1974	- 3.0	- 0.8	-2.2	2.1	7.1	13.9	14.9	14.0	11.5	4.7	1.7	0.4	5.4	12.5
1975	- 1.8	- 3.3	-0.9	2.9	11.0	12.7	16.9	15.3	12.2	4.3	0.8	- 2.4	5.7	14.0
1976	-11.2	- 6.8	-6.4	1.2	10.4	12.2	15.0	14.2	6.7	0.9	0.1	- 5.5	2.6	13.0
1977	- 7.0	- 9.7	-2.6	1.1	8.7	13.9	14.2	13.7	7.9	5.0	0.9	- 4.4	3.6	12.6
$\bar{X}$	- 8.6	- 7.2	-3.1	1.8	9.0	14.5	16.2	14.7	9.2	4.0	-0.4	- 4.1	3.9	13.6
N	- 7.2	- 7.8	-4.6	2.2	8.8	13.6	16.3	14.7	9.7	4.3	-0.1	- 3.5	3.9	13.4

Liite 2. Teholisän lämpötilan summan kehitys Jokioisissa vv. 1966-77

$\bar{X}$ = vuosien keskiarvo (ANON. 1966-1977)

Vuosi	Toukokuu				Kesäkuu			Heinäkuu			Elokuu			Syyskuu			Lokakuu			Marraskuu
	1	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10
1966		12	89	133	207	351	475	576	688	821	926	1009	1080	1149	1187	1190	1214	1226	1237	
1967	4	6	40	189	255	340	427	524	632	771	890	994	1081	1171	1226	1262	1309	1331	1355	1372
1968	22	45	60	97	192	319	422	537	622	720	821	907	1039	1149	1167	1186				
1969	7	37	64	122	182	309	451	527	634	788	910	1030	1130	1187	1234	1258	1273	1292		
1970		28	75	128	237	346	468	581	681	798	902	1002	1086	1144	1220	1220	1232	1242		
1971		34	101	164	246	316	414	538	623	757	884	975	1060	1114	1136	1175	1189	1202		
1972		40	73	130	221	328	464	610	755	889	1028	1136	1221	1284	1342	1361	1384	1393		
1973		20	50	139	246	318	469	630	771	903	1011	1123	1179	1224	1230	1241	1260			
1974	7	12	55	84	141	260	352	447	553	657	735	826	935	1027	1075	1130	1156			
1975	15	76	181	207	267	353	440	551	659	810	959	1035	1130	1208	1289	1346	1370	1377	1386	
1976		19	111	178	220	294	393	471	587	702	792	894	988	1024	1065					
1977	6	47	89	120	179	328	388	504	572	672	793	866	942	1010	1021	1034				
$\bar{X}$	5	31	82	141	208	322	429	541	648	774	888	983	1073	1141	1183	1206	1223	1230	1234	
N				118			376			726			1027							

Liite 3. Kuukauden sadesumma millimetreinä Jokioisissa vv. 1966-1977. $\bar{X}$ = ao. vuosien keskiarvo. N = vuosien 1931-1960 keskiarvo eli ns. normaaliarvo

Vuosi	Kuukaudet												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
1966	23	20	39	38	13	36	95	47	67	75	58	30	540
1967	18	19	35	18	43	38	14	162	48	124	36	26	583
1968	29	25	27	30	61	48	39	64	81	64	34	31	532
1969	37	20	1	39	31	11	52	55	78	41	92	18	474
1970	21	13	25	51	27	18	164	23	49	77	39	44	551
1971	38	30	32	18	27	24	67	78	44	38	33	40	469
1972	6	33	13	83	13	33	155	159	34	31	50	28	638
1973	15	24	16	50	37	52	98	55	103	43	36	41	570
1974	39	30	19	9	30	39	87	59	103	66	62	79	623
1975	51	13	20	32	42	29	21	64	63	26	26	29	416
1976	21	23	26	16	10	49	72	21	41	21	37	36	373
1977	35	29	27	75	49	43	82	54	57	65	100	14	630
$\bar{X}$	28	23	23	38	32	35	79	70	64	56	50	35	533
N	35	27	25	33	39	42	70	74	61	61	51	41	559

Liite 4

VILJELYVYÖHYKKEET