



MTTK

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 23 / 87

LIISA PIETOLA ja PAAVO ELONEN
Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto

**Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina
kasvukausina 1980—1985**

JOKIOINEN 1987
ISSN 0359-7652

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 23/87

LIISA PIETOLA ja PAAVO ELONEN

Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85

Maanviljelyskemian ja -fysiikan osasto
31600 JOKIOINEN
(916) 88 111

ISSN 0359-7652

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ESIPUHE	1
TIIVISTELMÄ	2
I JOHDANTO	4
II KIRJALLISUUSOSA	5
1 Sadetuksen merkitys Suomessa	5
1.1 Kasvien vedentarve	5
1.2 Sadannan vajuus	6
1.3 Poudanarat maalajit	8
2 Sadetuksen vaikutus kevätiljojen ja -öljykasvien sekä herneen satoihin	8
2.1 Sadon määrä	8
2.1.1 Kevätviljat	8
2.1.2 Kevätöljykasvit	10
2.1.3 Herne	11
2.2 Sadon laatu	11
2.2.1 Kevätviljat	11
2.2.2 Kevätöljykasvit	13
2.2.3 Herne	13
3 Sadetus ja märkyiden haitat	13
3.1 Lakoutuminen	13
3.2 Hapen puute	14
3.3 Maan liettyminen	14
3.4 Maan kylmeneminen	14
3.5 Ravinteiden häviöt	15
III KOKEELLINEN OSA	16
1 Aineisto ja menetelmät	16
1.1 Koekenttä	16
1.2 Koejärjestelyt	17
1.3 Kenttäkokeen perustaminen ja hoito	19
1.4 Sadetus	19
1.5 Kasvukauden sääolot	20
1.6 Kasvustohavainnot	22
1.7 Maan kosteustilan mittaus	22
1.8 Sadonkorjuu	22
1.9 Laatumääritykset	23
1.10 Penetrometrimittaukset	23
1.11 Aineiston tilastollinen käsittely	24

	Sivu
2 Tulokset	25
2.1 Vuosi 1980	25
2.1.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	25
2.1.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	27
2.2 Vuosi 1981	31
2.2.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	31
2.2.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	31
2.3 Vuosi 1982	36
2.3.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	36
2.3.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	39
2.4 Vuosi 1983	43
2.4.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	43
2.4.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	43
2.5 Vuosi 1984	49
2.5.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	49
2.5.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	49
2.6 Vuosi 1985	54
2.6.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	55
2.6.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	55
2.7 Monivuotisen sadetuksen vaikutus maan mekaaniseen vastukseen	62
3 Tulosten tarkastelu	63
3.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan	63
3.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun	63
3.3 Monivuotisen sadetuksen vaikutus maan rakentamiseen ja kasvukuntoon	69
IV KIRJALLISUUSLUETTELO	71
V VÄRIKUVALIITE	77

ESIPUHE

Tämä tutkimus on vaatinut runsaasti kenttätöitä, joiden vastuullisena johtajana on kaikkina kuutena vuotena toiminut mestari Risto Tanni. Hänen taitavuu- tensa ja huolellisuutensa ansiosta suuritöisestä kenttäkokeesta on saatu mah- dollisimman luotettavat tulokset. Samoin haluamme kiittää mestari Tuomo Nissia arvokkaasta työstä kokeiden hoidossa. Sadon käsittelystä ja ulkoisen laadun analysoinnista on vastannut tutkimusapulainen Marjatta Ahola työryhmi- neen. Sadon kemialliset analyysit on tehty pääosin Keskuslaboratoriossa. Jul- kaisun puhtaaksikirjoituksesta on vastannut Sinikka Salminen. Heille kaikille lämmin kiitoksemme.

Allekirjoittajien vastuualueet tutkimuksesta jakautuvat siten, että Paavo Elonen vastaa tutkimuksen suunnittelusta ja toteutuksesta, ja Liisa Pietola vastaa tutkimustulosten laskennasta ja käsikirjoituksen laadinnasta.

Jokioisissa joulukuussa 1987

Liisa Pietola

Paavo Elonen

TIIVISTELMÄ

Vuonna 1980 perustettiin laaja kuusivuotinen peltokasvien sadetuskoe Jokioisiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston toimesta. Koekenttä (116 x 120 m) sijaitsi Ojaisten peltolohkolla ja oli maalajiltaan multavaa hiuesavea.

Koekasveina olivat monitahoinen ja kaksitahoinen ohra, kaura, kevätvehnä, kevättrypsi ja -rapsi sekä herne ja härkäpapu. Sadetuskäsittelyt olivat: sadettamaton, ensimmäinen sadetusaika 30 mm, toinen sadetusaika 30 mm, kolmas sadetusaika 30 mm sekä 1., 2. ja 3. sadetusaika 3 x 30 mm. Sadetukset pyrittiin tekemään silloin kun maan kasveille käyttökelpoisen veden määrä laski alle 50 % hyötykapasiteetista. Maan kosteustilaa seurattiin kipsiblokkimittauksin. Koska koevuosien 1980-1985 kasvukaudet olivat poikkeuksellisen kosteita, liika märkyys tuli kasvua rajoittavaksi tekijäksi, ja kokeen tarkoituksiksi muodostui eri peltokasviemme kasvukyvyn selvittäminen märissä olosuhteissa. Monivuotisen sadetuksen vaikutusta maan rakenteeseen selvitettiin penetrometrimittauksin.

Sadon määrän lisäksi viljoista määritettiin 1000 jyvän paino, hehtoliträn paino, valkuaispitoisuus ja puintikosteus. Öljykasveista mitattiin sadon määrän lisäksi 1000 siemenen paino, öljypitoisuus, valkuaispitoisuus ja puintikosteus. Palkokasveista analysoitiin sadon määrä, 1000 siemenen paino, valkuaispitoisuus ja puintikosteus sekä herneestä keittolaatu vuonna 1985. Tulosten hajonta oli suuri, eivätkä erot olleet useinkaan tilastollisesti merkitseviä. Tuloksia käsiteltiin siten suuntaa antavina, eikä lukujen esittämiseen johtopäätöksissä ole mahdollisuuksia.

Sateisten kesien sadetukset vaikuttivat eri peltokasviemme satojen määriin eri lailla. Viljat hyötyivät märkienkin kesien kertasadetuksista, ja viljoista kestävimmäksi osoittautunut vehnä hyötyi kolmestakin sadetuskerrasta. Kaura sietäi märkyyttä paremmin kuin ohrat, joista monitahoinen ohra oli hieman herkempi märkyydelle ja lakoutumiselle kuin kaksitahoinen ohra. Kevätöljykasvit kärsivät viljoja enemmän märkydestä. Niiden sadon määrään sadetus ei koivuosina vaikuttanut tai vaikutti satoa laskevasti, vaikka kasvusto saattoikin rehevöityä sadetuksella suhteellisen normaalina vuonna. Palkokasveista

herne oli hyvin arka märkydelle, ja huonoin hernesato saatiin joka koevuosi kolmesti sadettamalla. Härkäpapu sen sijaan näytti olevan viljojakin kestävämpi, ja sadetus nosti härkäpavun satoa märkinäkin kesinä.

Sadetusten vuoksi viljojen, kevätöljykasvien ja herneen valkuaispitoisuudet laskivat samalla kun myös sadot laskivat. Tämä johtuneee ainakin osittain typen häviöistä huuhtoutumalla ja denitrifioitumalla. Härkäpavun valkuaispitoisuus ei sen sijaan laskenut, vaan nousi sadon määrän lisääntyessä. Riittävä kosteus takasi härkäpavun korkean sadon ja myös korkean valkuaispitoisuuden. Härkäpavun typensidonta näyttää siten toimivan melko määrissäkin olosuhteissa.

Muista laatuominaisuuksista todettakoon, että jyvän tai siemenen painot yleensä hieman laskivat, samoin hehtolitrin painot. Puintikosteus pyrki nousemaan sadetuskäsittelyillä. Herneen keittolaatu parani mitättömän vähän vuoden 1985 sadetuskäsittelyillä.

Maan käyttökelpoisen veden mittaustulosten mukaan vesipitoisuus laski viljamaassa nopeimmin, eli viljat käyttivät alkukesällä enemmän vettä kuin öljy- tai palkokasvit. Tämä lienee yksi syy, miksi öljykasvit ja herne kärsivät alkukesän märkydestä enemmän kuin niitä nopeammin kehittyvät viljat. Penetrometrimittaukset eivät osoittaneet selvää maan rakenteen heikkenemistä monivuotisen sadetuksen seurauksena.

I JOHDANTO

Pohjoismaisessa ilmastossa peltokasvit tarvitsevat vettä 250-400 mm kasvukauden aikana (LINNER 1981a). Tavallisesti sadanta ei riitä tyydyttämään veden tarvetta, ja kuivuuden on todettu rajoittaneen satotasoa Suomessa (KAITERA 1940, WARE 1947, POHJANHEIMO 1959). Sadannan vajuus on ollut Jokioisissa tehdyjen mittauksen perusteella kesäkuussa 62 mm ja yhteensä touko-, kesä- ja heinäkuun aikana 122 mm vuosien 1929-1985 keskiarvona (ANSALEHTO ym. 1985). 1960- ja 1970-luvuilla tehdyissä pohjoismaisissa sadetuskokeissa saatiinkin sadettamalla tuntuvia sadonlisiä niin viljoista (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960, KNUDSEN ja GREGERSEN 1966, ELONEN ym. 1967b, LINNER 1974b, MYHR ja ROGNERUD 1974, JOHANSSON 1976, HAUGE ym. 1981) kuin öljy- (ELONEN 1974, LINNER 1974) ja palkokasveista (ELONEN 1977, LINNER 1987). Poudanarkojen savikoiden sadetukset paransivat myös peltokasviemme laatua, kun sadetus ehkäisi haitallisen jälkiversonnan (KIVISAARI ja ELONEN 1974).

1980-luku on ollut sääoloiltaan hyvin erilainen verrattuna menneisiin vuosikymmeniin. Tällä vuosikymmenellä sademäärä on monesti ylittänyt vesimäärän, jonka kasvusto on pystynyt haihduttamaan, tai ollut lähellä kasvuston haihdutuskäytännön (ANSALEHTO ym. 1985). 1980-luvulla sadetus onkin edelleen pahentanut märkyyden haittoja, joita ovat lakoutuminen (ELONEN 1972, LINNER 1975), hapen puute (CANNEL ja JACKSON 1981), maan liettyminen (HILLEL 1960), maan kylmeneminen (VOORHEES ym. 1981, KAILA ja ELONEN 1971) sekä ravinteiden huuhtoutuminen (DEKKER ja BOUNA 1984, TURTOLA ja JAAKKOLA 1985).

Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan osaston toimesta Jokioisiin vuonna 1980 perustetun kuusivuotisen sadetuskokeen tarkoituksena oli verrata sadetusajankohtien ja -määrien vaikutusta eri peltokasviemme sadon määrään ja laatuun. Samalla pyrittiin selvittämään monivuotisen sadetuksen vaikutuksia maan rakenteeseen penetrometrimittauksin. Koekasveina olivat kevätiljojen lisäksi näitä vähemmän tutkitut kevättrypsi, -rapsi ja herne sekä ensi kertaa sadetuskokeissa mukana ollut härkäpapu. Koska kaikki koevuodet 1980-1985 olivat normaalia kosteampia kasvukausiltaan, kokeen tuloksia käsiteltiin lähinnä eri peltokasviemme märkyyden siedon näkökulmasta. Päämääräksi muodostui selvittää, mitä peltokasvejamme kannattaa viljellä suhteellisen märillä peltoloikoilla, ja mitkä kasvit ovat taas hyvin herkkiä liialle kosteudelle ja märkyyden haittoille.

II. KIRJALLISUUSOSA

1. SADETUKESEN MERKITYS SUOMESSA

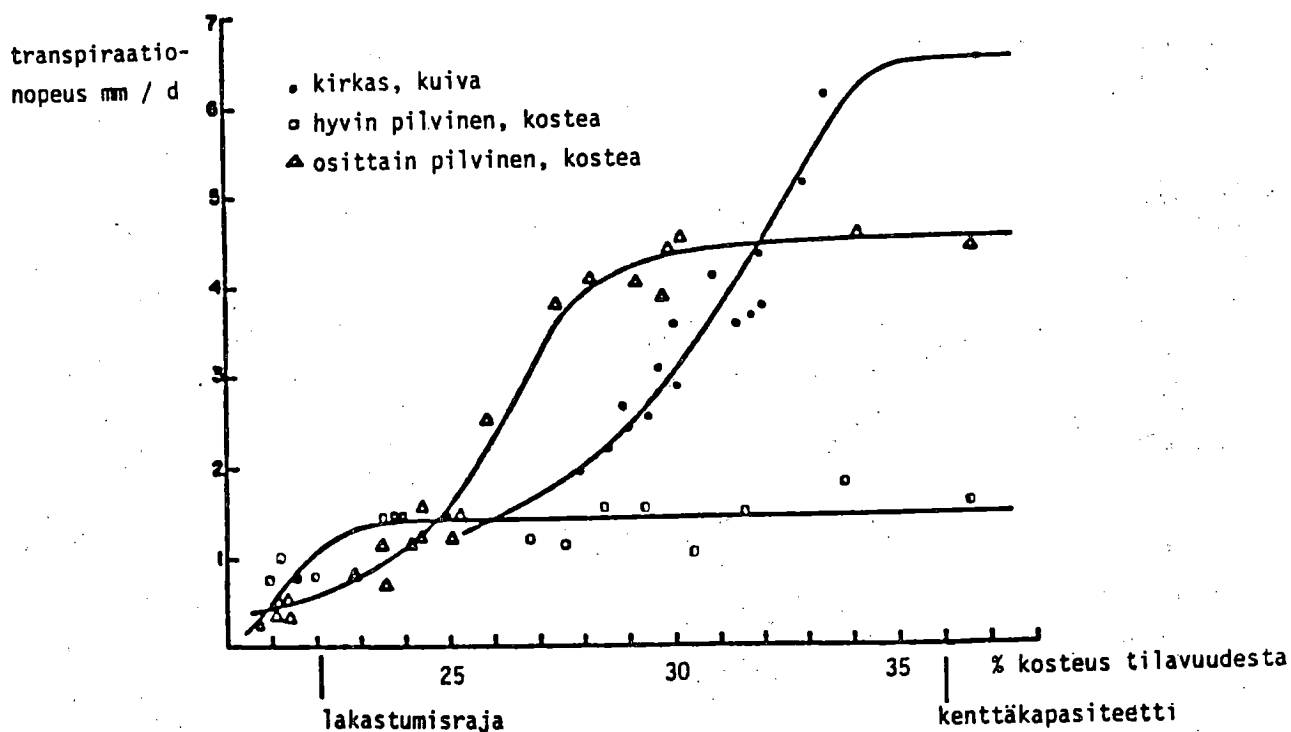
1.1 Kasvien vedentarve

Pohjoismaisessa ilmastossa kasvi tarvitsee vettä 250-400 mm kasvukauden aikana. Laitumet ja niittonurmet tarvitsevat eniten vettä, ja esimerkiksi viljoilla tarve on nurmea vähäisempi lyhyemmän kasvukauden vuoksi. Kasvuvaiheessa eri viljelykasvien välillä ei ole suurta eroa vedentarpeessa (LINNER 1981a). Kasvuvaiheen lopussa vedentarve pienenee, mm. viljoilla se vähenee pölytyksen jälkeen (CAMBELL ym. 1977).

Kasvi tarvitsee vettä keskikesällä keskimäärin 3-3,5 mm vuorokaudessa. Haihdutustarve riippuu ilman lämpötilasta ja pilvisyydestä. Lämpiminä päivinä vedentarve voi olla 4-5 mm. Viileinä ja kosteina päivinä kasville riittää haihdutusnopeudeksi 1-2 mm vuorokaudessa (LINNER 1974a, 1981a). Kuvassa 1 on esitetty kasvin haihdutusnopeuden riippuvuutta säästä ja maan kosteustilasta (DENMEAD ja SHAW 1962). Kasvin vedentarve on kuitenkin pienempi suurinta mahdollista haihdutuskykyä (JOHANSSON 1976a).

Vedenpuute vähentää taimien ja lehtien kasvua, mikä taas vähentää kuiva-aineen kertymistä. Vegetatiivisessa vaiheessa kuivuusstressi nopeuttaakin useiden kasvilajien kehitysrytmiä (ref. UNGER ym. 1981). Siten kuivuus saattaa pakottaa viljoja tuleentumaan normaalia aikaisemmin, jolloin satotaso laskee (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960).

Jotta kasvi kasvaisi mahdollisimman tehokkaasti, sen tulisi saada haihduttaa mahdollisimman paljon (PENMAN 1956). Kuivina kausina fotosynteesi hidastuu (DASTUR 1925). Jotta lyhyen kasvukautemme aikana ehtisimme tuottaa mahdollisimman suuren sadon, kasvien vedentarve pitäisi tyydyttää koko kasvukauden ajan.



Kuva 1. Sään ja maan kosteustilan vaikutus maissin haihdutusnopeuteen (DENMEAD ja SHAW 1962).

Vesi on kasvinravinteiden liuotin ja kuljetin. Sadetuksella voidaan lisätä maahan kasveille käyttökelpoisia vesivaroja, jolloin myös maan ravinteet tulevat tehokkaammin hyödynnetyiksi verrattuna kuivien vuosien sadettamattomiin kasvustoihin (ELONEN 1984). Sadetuksen on osoitettu selvästi parantavan kevätiljojen mahdollisuuksia hyödyntää savimaiden typpivaroja (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960, KAILA ja ELONEN 1970, SIMAN ja LINNEN 1980). Sadetus lisää juuristomassaa (KAHÄRI ja ELONEN 1969), jolloin kasvilla on runsaasti ravinteita absorboivaa pinta-alaa.

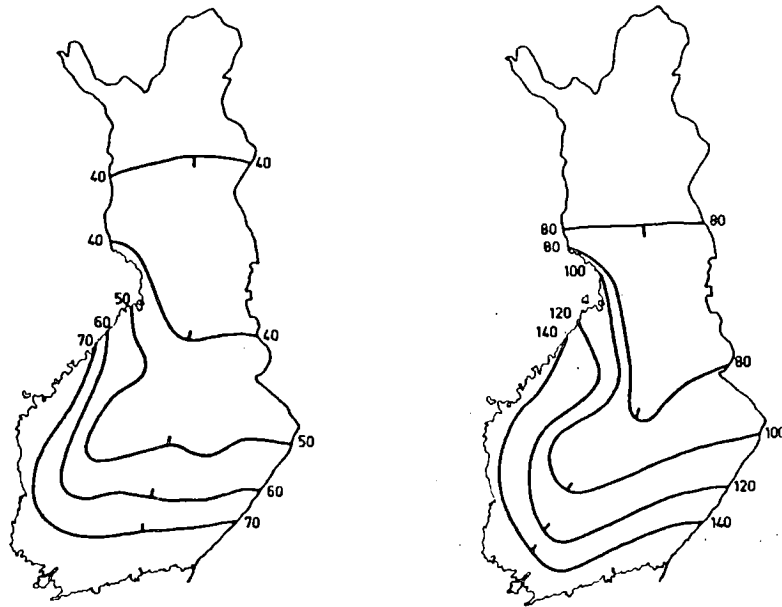
Maan kuivuminen ja kovettuminen saattaa kokonaan estää juurien tunkeutumisen pohjamaahan. Juurien tunkeutumista tiiviin kyntöanturan läpi on voitu sadettamalla huomattavasti helpottaa (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960). Kasvit tarvitsevat siten kosteutta myös maan aiheuttaman mekaanisen vastuksen pienentämiseksi.

1.2 Sadannan vajuus

Kasvien vedensaannin vaikeutuminen on varsin todennäköistä Etelä- ja Lounais-Suomessa, jossa kesäkuukausien sademäärä on vain puolet siitä, mitä kasvit

pystyisivät haihduttamaan (ELONEN 1976). Vuosina 1931-1960 Suomessa on satanut toukokuussa keskimäärin 30-40 mm, kesäkuussa 40-60 mm ja heinäkuussa 60-80 mm (SEUNA 1977). Kun kasvi tarvitsee vettä noin 3-3,5 mm/vrk eli noin 100 mm/kk, sadanta ei riitä tyydyttämään kasvien vedentarvetta. POHJANHEIMON (1959) mukaan erityisesti kesäkuun sademäärä näyttää olleen Jokioisissa kevätiljojen tarpeeseen nähden liian niukka vuosien 1930-1954 sademäärien ja satojen perusteella.

Sadannan vajoaus, joka on kasvipeitteisen maa-alueen haihdutuskyvyn ja sademäärän välinen erotus, on Etelä- ja Lounais-Suomessa touko-, kesä- ja heinäkuun aikana yhteensä 140 mm. Kesäkuun sadannan vajoaus on vastaavasti 70 mm vuosien 1958-1970 perusteella (kuva 2). Lisäksi joka kesä Etelä- ja Länsi-Suomessa sattuu 19-22 vuorokauden ja Keski-Suomessa 18-19 vuorokauden kuivakausi, jolloin vuorokautinen sadanta jää alle 2 mm (SEUNA 1977).



Kuva 2. Vuosien 1958-1970 sadannan vajoaus (mm) keskimäärin kesäkuussa (vasemmalla) ja yhteensä touko-heinäkuussa (oikealla, SEUNA 1977).

Kasvien vedentarvetta kasvukautena ei kuitenkaan tyydytä vain sadanta, vaan myös maahan varastoituneet kevään sulamisvedet. Hiekka pystyy varastoimaan vain noin 30 mm vastaavan sademäärän, mutta hyvärakenteinen savimaa jopa 150-200 mm (LINNER 1987). ELÖSEN (1976) mukaan savimaa voi varastoida kasveille käyttökelpoista vettä metrin paksuiseen maakerrokseen 150 mm eli vesimäärän, joka vastaa kolmen kesäkuukauden keskimääräistä sadannan vajoausta Etelä- ja Lounais-Suomessa. Mikäli tämä metrin syvyiseen maakerrokseen keväällä varastoitunut vesi saataisiin kasvien käyttöön, kasvien vedensaanti olisi normaali-vuosina turvattu.

1.3 Poudanarat maalajit

Poudanarat hiekka (0,2-2 mm) ja karkea hieta (0,2-0,6 mm) eivät pysty varastoimaan runsaasti vettä keväisistä sulamisvesistä, eikä vesi pysty liikkumaan kapillaarisesti syvemmistä maakerroksista juuristovyöhykkeeseen. Hiekkaa on Etelä-Suomessa vain 1 % ja Keski- ja Pohjois-Suomessa 2-5 % peltoalasta. Karkea hieta on melko yleinen koko Suomessa ja sen osuus peltoalasta on yleensä 10-20 %.

Hiesu (0,02-0,002 mm) pystyy pidättämään runsaasti vettä ja vesi liikkuu siinä helposti. Hiesu kuitenkin tuhlaa nopeasti vesivarastot haihduttamalla tehokkaasti maan pinnan kautta. Hiesua on paikoin runsaasti Keski-Suomessa, Pirkanmaalla jopa yli 40 %.

Saven (alle 0,002 mm) poudanarkuus johtuu sen huonosta vedennostokyvystä ja tiivistymisalttiudesta. Mikäli kasvin juuret eivät ulotu kuivan kyntökerroksen alapuolelle, savimaan vesivarat eivät tule hyödynnettyä. Etelä-Suomessa, jossa sadannan vajoaus on suurin, savimaita ja niiden kaltaisia savisia hiesuja on noin puoli miljoonaa hehtaaria, ja suurin osa niistä on poudanarkoja ja sadetuksen tarpeessa (ELONEN 1975).

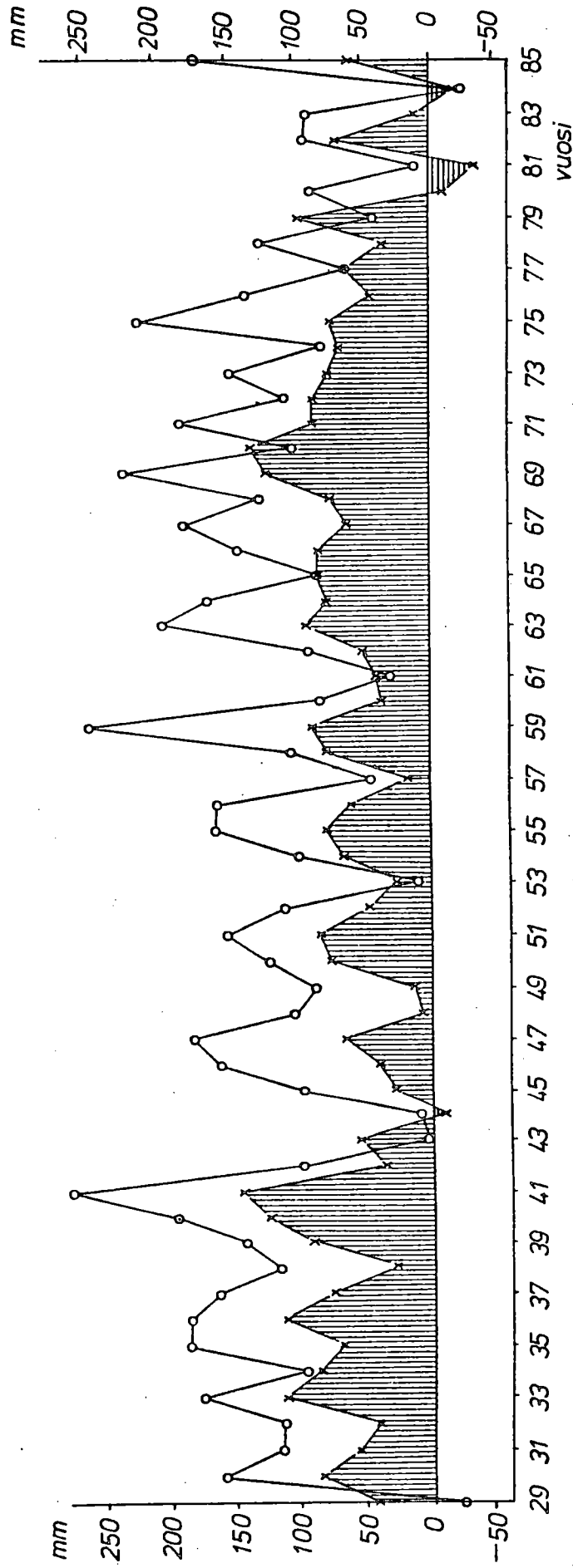
2 SADETUKSEN VAIKUTUS KEVÄTVILJOJEN JA ÖLJYKASVIEN SEKÄ HERNEEN SATOIHIN

2.1 Sadon määrä

2.1.1 Kevätviljat

Suomessa kevätiljojen sadetusta on tutkittu jo 1930-luvun lopulla. KAITERAN (1940) mukaan vehnän ja kauran satotaso lisääntyi selvästi sadettamalla. Vuosina 1941-1944 sadetusmillimetriä kohden saatiin sadonlisäystä keskimäärin 7-16 kg/ha kevätevehnällä (WARE 1947). Ohralajikkeiden sadetuskokeissa Jokioissa vuonna 1959 kesäkuun lopulla 30 mm:llä sadetetun Balder-ohran jyväsato oli 5890 kg/ha, kun sadettamaton ohra antoi 2060 kg/ha (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960). Vuonna 1959 kesäkuukausien sadannan vajoaus olikin normaalia huomattavasti suurempi (kuva 3, tiedot koottu ANSALEHTO ym. 1985 mukaan).

Myös 1960- ja 1970-luvuilla sadannan vajoaus oli hyvin usein keskitasoa suurempi (kuva 3). Näillä vuosikymmenillä onkin Pohjoismaissa tehdyissä kevätiljojen sadetuskokeissa todettu sadetuksen selvä satotasoja kohottava vaikutus



Kuva 3. Kesäkuun sadannan vajeus (-x-, varjostettu) sekä yhteensä touko-, kesä- ja heinäkuun sadannan vajeus (-o-) Jokioisissa vuosina 1929-1985 ANSALEHDON ym. 1985 tilastojen perusteella. Kesäkuun sadannan vajauksen keskiarvo näiltä vuosilta on 62 mm ja vastaavasti kolmen kesäkuukauden 122 mm.

1. Vuoden 1985 tilastot saatu suoraan Ilmatieteen laitokselta.

(KNUDSEN ja GREGERSEN 1966, ELONEN ym. 1967b, LINNER ja WATZ 1971, ELONEN ja KARA 1972, ELONEN ym. 1972, LINNER 1974b, MYHR ja ROGNERUD 1974, JOHANSSON 1976a, DRAGLAND 1979, SIMAN ja LINNER 1980, HAUGE ym. 1981, LINNER 1982). Sadetus lisää sadon määrää lisäämällä tähkivien versojen lukumäärää, jyvien lukumäärää tähkässä ja jyvien painoa (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960, HAUGE ym. 1981). Eri vuosina komponenttien osuus vaihtelee (KIVISAARI ja ELONEN 1974).

Poutavuonna 1966 saatiin 30-37 mm kertasadetuksella Espoon hiesusavimailla ohra-, kaura- ja vehnäsadoista jopa 50 % sadonlisäys. Paras sadetusaika alkoi noin kaksi viikkoa oraalle tulon jälkeen ja päättyi tähkälle ja röyhylle tuloaiheeseen. Tuona aikana sadetuksen onnistuminen riippui paljon enemmän sääoloista kuin kasvin kehitysasteesta (ELONEN ym. 1967b). Sadonlisäykset olivat merkitseviä savi- ja hiuemailla, mutta hienohietamailla ja multamailla ei saatu tilastollisesti varmaa sadonlisäystä (ELONEN ym. 1975). Multamaiden sadetus laski kevätiljlojen sadon määrää (JOHANSSON ja LINNER 1977, LINNER 1982).

Mikäli sademäärä oli kasvukautena riittävä, sadetuksella saatiin jopa negatiivisia vaikutuksia sadon määrään. Kun vuonna 1971 Uppsalan viljelijät saivat kertasadetuksella savimaiden hehtaarisadon nousemaan 1400 kg:lla, vuonna 1972 saatiin sadonalennuksia. Vuosi 1972 olikin kosteusoloiltaan suotuisa (LINNER 1973). Samoin vuonna 1973 sadetus toi Ruotsissa sadonalennusta savimaan ohralta 1200-1800 kg/ha, kun sadettamaton sato oli 5060 kg/ha. Sadetus aiheutti aikaisen ja voimakkaan lakoontumisen (LINNER 1974).

JOHANSSONin (1976a) mukaan sadonalennuksia saatiin multavilla mailla ja myös savimailla, mikä johtui runsaammasta tai aikaisemmasta lakoutumisesta verrattuna sadettamattomiin kasvustoihin.

2.1.2 Kevätöljykasvit

Vuonna 1973 kevätrypsiä sadetettiin 30 mm kolmeen kertaan, ja sadonlisä oli 102 % Espoon hiesusavimailla (ELONEN 1974). LINNERin (1981b) mukaan merkittäviä sadonlisäyksiä saatiin vuosina 1972-79 vähän orgaanista ainesta sisältävillä jäykillä savimailla sekä kevyemmällä poudanaroilla savimailla. Multavilla jäykillä savimailla sadetus laski usein satoja, eikä koskaan tuonut sadonlisäystä. Vegetatiivinen kasvu kuitenkin voimistui useimmissa tapauksissa.

JOHANSSON ja LINNER (1977) ovatkin todenneet, että sadetus voimistaa vegetatiivista kasvua, mutta kasvuston rehevyys ei kuitenkaan aina johda vastaavaan sadonlisään. Tällöin kertasadetuksella päästään parempaan tulokseen kuin kahdeksan kertaan sadettaen (LINNER 1974). Kevätöljykasveja kannattaa sadettaa aikaisintaan viikko jälkeen taimettumisen ja viimeistään kukinnan alkaessa (JOHANSSON ja LINNER 1977). LINNER (1977) on kuitenkin todennut, että kosteusolosuhteet kukinnan ja litujen kehityksen aikana merkitsevät enemmän kuin aikaisemmin ollaan luultu. Kun kukinnan jälkeen maan kosteus on suuri, sadonmuodostus on tasaisempaa ja vähemmän myöhäisiä kukkia kehittyy liduiksi.

Kanadassa sadon määrä oli korkein, kun sadetusta jatkettiin litujen kypsymissivaiheeseen asti. Rypsin sato kaksinkertaistui, mikä aiheutui rehevämmästä kasvusta, litujen lukumäärän lisääntymisestä, siemenien lisääntymisestä lidussa sekä siemenien painon noususta (KROGMAN ja HOBBS 1975). Rypsin sato nousi samalla tavalla CLARKE:n ja SIMPSONIN (1978) kokeissa.

2.1.3 Herne

Herneen sadetusta tutkittiin Espoon hiesusavimailla 1972-1974. Paras tulos saatiin erittäin kuivana kesänä 1973, jolloin kaksi 30 mm sadetusta kesäkuussa lisäsivät herneen ja tukikasvina olleen kauran yhteissatoa noin 2000 kg/ha. Normaali vuosina sadetusvaikutus oli huomattavasti pienempi (ELONEN 1977). LINNERIN (1987) mukaan herneen vegetatiivinen kasvu voi olla liian runsasta, jos herneellä on runsaasti vettä käytettävänä aikaisissa kehitysvaiheissa. Herneen sadetus tulisi tehdä kukinnan aikana ja palkojen kehittyessä.

Samoin Englannissa tehdyissä herneen sadetuskokeissa on todettu, että sadetus kukinnan alussa tai palkojen alkaessa kehittyä antaa eniten sadonlisää. Vegetatiivisessa kasvuvaiheessa sadetus lisää varsisatoa, mutta harvoin hernesatoa. Useissa kokeissa aikainen sadetus laskee satoa (SALTER 1972). On havaittu, että kukinnan alussa ja palkojen alkaessa kehittyä herneen juuristo ei uusiudu, ja erityisesti tällöin herne tarvitsee runsasta kosteutta maassa (SALTER ja DREW 1965).

2.2 Sadon laatu

2.2.1 Kevätviljat

Sadettaen voidaan ehkäistä haitallista jälkeversontaa ja parantaa siten viljan

laatua. Tämä vaikutus esiintyy silloin kun kuivaa alkukesää seuraa sateinen heinäkuu (KIVISAARI ja ELONEN 1974). Myös LINNERin (1974c, 1980), SIMAN ja LINNERin (1980) sekä HAUGEn ym. (1981) mukaan sadetetut kasvustot kypsyivät tasaisemmin, eikä jälkiversontaa esiintynyt.

ELOSEN ym. (1967c) mukaan sadetuksen vaikutus tuleentumisen aikaisuuteen riippuu sadetusajankohdasta. Aikainen sadetus edisti tuleentumista ja paransi hehtolitrainoa ja sakolukua. Myöhäinen sadetus viivästytti tuleentumista ja laatu heikkeni. Taitekohta oli vuosina 1964-1966 noin kaksi viikkoa ennen tähtälle ja røyhyille tuloa.

POHJANHEIMO ja HEINONEN (1960), ASPINALL ym. (1964), ELONEN ja KARA 1972, KIVISAARI ja ELONEN (1974), LINNER (1974b), MYHR ja ROGNERUD 1974, SIMAN ja LINNER (1980) ovat todenneet sadetuksen lisäävän jyvän painoa. Vuonna 1968 Espoon hiesusavimailla tehdyissä sadetuskokeissa sadetus kuitenkin laski vehnän jyvän painoa, eikä ohran paino muuttunut. Tällöin kuivan alkukesän jälkeen tuli jo kesäkuun lopulla sateita, jotka jatkuivat heinäkuun alussa. Samoin MYHR (1964) totesi, että kevätvehnän jyvän paino laski sadettamalla. HAUGEn ym. (1981) mukaan sadetuksella oli hyvin vähän vaikutusta tuhannen jyvän painoon; vehnän ja ohran painot laskivat hieman. Silloin kun sademäärä oli hyvin pieni, sadetus lisäsi jyvän painoa.

Sadetus nostaa myös hehtolitrain painoa (ELONEN ym. 1967c, DAY ja INTALAPP 1970, KIVISAARI ja ELONEN 1974, LINNER 1974b, c, MYHR ja ROGNERUD 1974). Tämä vaikutus tulee esille silloin, kun sadetuksella voidaan estää jälkiversonta. Kokonaisuudessaan kuivana kesänä sadetus voi laskea hehtolitrain painoa, kuten ohralla vuonna 1967 (ELONEN ja KARA 1972). MYHRin (1964) mukaan tulokset vaihtelivat erittäin paljon eri vuosina, ja keskimäärin sadetus ei vaikuttanut vehnän hehtolitrain painoon.

Valkuaispitoisuus laskee sadetettaessa (KNUDSEN ja GREGERSEN 1966, ELONEN ym. 1967c, ELONEN ja KARA 1972, ELONEN ym. 1972, LINNER 1974b, ELONEN ym. 1975, SIMAN ja LINNER 1980, HAUGE ym. 1981). Lisäämällä typpilannoitusta tämä vaikutus voidaan poistaa. Vaikka sadetus alentaa valkuaispitoisuutta, se lisää lysyiinin osuutta aminohappokoostumuksessa (ELONEN ym. 1972, HAUGE ym. 1981). Valkuaispitoisuuden laskiessa useat vehnän leipoutuvuutta kuvaavat tunnusluvut huononevat, joten sadetus laskee leipävehnän laatua. Vehnän kestoluku ei ELOSEN ym. (1975) mukaan kuitenkaan heikentynyt, ja sadetetun vehnän sitkon

laatu oli sadettamatonta parempi. Mikäli sadetus estää jälkiversonnan, se nostaa sakolukua (HAUGE ym. 1981).

2.2.2 Kevätöljykasvit

LINNERin (1974b) mukaan sadetuksella on yleensä positiivinen vaikutus kevä-öljykasvien laatuun, mm. klorofyllipitoisuus laskee. Samoin sadetus kohottaa hieman öljypitoisuutta (KROGMAN ja HOBBS 1975, LINNER 1981b). Sadetuksen on todettu lisäävän myös tuhannen siemenen painoa. Siemenen paino oli suurin, kun sadetusta jatkettiin aina litujen kypsyysvaiheeseen asti (KROGMAN ja HOBBS 1975, CLARKE ja SIMPSON 1978).

2.2.3 Herne

Ruotsissa on tutkittu sadetuksen vaikutusta herneen valkuaispitoisuuteen ja tuhannen siemenen painoon. Tulokset ovat ristiriitaisia vuodelta 1985 (LINNER ym. 1986). Aikainen ennen kukintaa tehty kertasadetus näyttäisi nostavan tuhannen siemenen painoa.

3 SADETUS JA MÄRKYYDEN HAITAT

3.1 Lakoutuminen

LINNERin (1981) mukaan vuosina 1971-80 tehtiin Ruotsissa ohralla ja kauralla 160 sadetuskoetta, joista kymmenessä sadetus aiheutti sadonalennuksia enemmän kuin 500 kg/ha. Syynä sadonalennuksiin oli usein aikainen ja voimakas lakoutuminen. Jäykällä savimailla lakoutuminen johtui nopeasta ja tehokkaasta typpenkäytöstä, jonka sadetus mahdollisti (LINNER 1975, JOHANSSON 1976a). Negatiivisia sadetuksen vaikutuksia saatiin silloin, kun sademäärä oli kasvukautena riittävä (LINNER 1974b).

Korrenlujuudella on suuri merkitys sadetuksen mahdollisiin haittavaikutuksiin. HAUGEn ym. (1981) mukaan Norjassa ohra lakoutui kauraa ja vehnää helpommin, ja sadetus kohotti ohran sadon määrää vähemmän kuin muiden viljojen satoa.

Samoin ELONEN (1972) kirjoitti, että vuonna 1972 lakoviljaa esiintyi poikkeuksellisen runsaasti ja sadetus paikoin lisäsi etenkin ohran lakoutumisalttiutta.

Kevätviljat sietävät kuitenkin varsin hyvin liikakastelua, sillä vuodesta 1964 suoritetuissa sadetuskokeissa yhdessäkään tapauksessa sadetus ei merkitsevästi laskenut satoa, vaikka koe oli sijainnut erittäin kostealla maalajilla tai sadetuksen yhteydessä oli saatu runsaita sateita.

3.2 Hapen puute

Liiallinen märkyys estää juurien hapen saantia. Vesi täyttää maan suuret ilmahuokokset ja hidastaa hapen diffuusiota juuriin. Hapen puute taas rajoittaa ravinteiden ja vedenottoa ja häiriinnyttää hormonitoimintaa, mikä vaikuttaa maanpäälliseen kasvuun. Anaerobisissa olosuhteissa tapahtuvat mikrobiologiset reaktiot johtavat typen saannin vaikeutumiseen ja fytotoksisten aineiden muodostumiseen (CANNEL ja JACKSON 1981).

Hapen puutteen vaikutukset näkyvät pian kasvustossa. Oireita ovat mm. kasvun ja kuiva-aineen kertymisen hidastuminen (PHILLIPS 1964), kuihtuminen (KRAMER ja JACKSON 1954) ja kloroosi (WENT 1943). ELOSEN (1972) mukaan sadetetuilla kevätiljapelloilla on voitu havaita ohimenevää kellastumista. Erityisesti on vältettävä juurikasvien liikakastelua, sillä ne vaativat ilmavamman maan kuin vilja- ja nurmikasvit. KAITERA (1935) selvitti suomalaisten viljelykasvien kykyä kestää vesipeittoa ja totesi ohran oraiden kärsineen voimakkaammin yli 5 vrk vesipeitosta kuin kauran oraiden.

3.3 Maan liettyminen

Sadetus ei kuoreta heikkorakenteisiakaan maita, mikäli se tehdään hidassadettimella (ELONEN ym. 1967a). Mikäli sadetuksen jälkeen saadaan runsaita sateita ja maa pehmenee, liettyminen on mahdollista. Pitkään vedellä kyllästetyssä maassa murujen kestävyys ja siten maan rakenne heikkenee (HILLEL 1960).

Kuorettuma läpäisee huonosti vettä (McINTYRE 1958, BRESLER ja KEMPER 1970), ja kosteissa olosuhteissa se estää helposti maan kaasunvaihtoa (HEINONEN 1982).

3.4 Maan kylmeneminen

Märkä maa on kuivaa kylmempi. Säteilystä menee suuri osa veden haihduttamiseen märästä maasta, eikä maa lämpene kuivan maan tavoin (VOORHEES ym. 1981).

Sadetus voi siten laskea maan lämpötilaa. Kuivana kesänä 1969 toinen sadetus heinäkuun puolessa välissä laski maan lämpötilaa Espoon hiesusavimaalla 10 cm:n syvyydessä 17,5 asteesta 16 asteeseen (KAILA ja ELONEN 1971). Kuivassa maassa lämpötila voi poutapäivinä nousta haitallisen korkeaksi, jopa 35-40 asteeseen, joten lämpötilan alentaminen sadettamalla on vain eduksi. Sen sijaan viileällä säällä vaikutus on haitallinen (ELONEN 1972).

3.5 Ravinteiden häviöt

Suomalaisilla savimailla sadetus edistää kuivina kasvukausina lannoitetypen hyväksikäyttöä (KAILA ja ELONEN 1970). Samoin JERNLASin ja KLINGSPORIn (1983) mukaan kohtuullinen sadetus vähentää nitraatin huuhtoutumista hiekkamaassa. Tanskalaisilla kevyillä mailla sadetus lisäsi nurmien typen käyttöä ja vähensi siten huuhtoutumista (BENNETZEN 1978).

Vuosina 1980-82 nitraattityppeä huuhtoutui Jokioisissa kuitenkin sadetetuilta ruuduilta enemmän kuin sadettamattomilta (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985). Vuodet 1980 ja 1981 olivatkin erittäin märkiä (kuva 3) ja alkukesä 1982 poikkeuksellisen kylmä (taulukko 3). Myös DEKKER ja BOUNA (1984) totesivat, että sadetuksen vaikutuksesta typen huuhtoutuminen voi kasvaa voimakkaasti savimailla-kin, jos maassa on sellainen halkeamaverkosto, joka mahdollistaa veden nopean virtauksen. Samoin MYHRin (1964) mukaan Norjassa tehdyissä sadetuskokeissa sadonalennukset johtuivat luultavasti nitraatin huuhtoutumisesta. Muutamina vuosina sadetuksen jälkeen tuli rankka sade, ja oli todennäköistä, että nitraattia huuhtoutui sadetusruuduilta.

Myös kaliumia huuhtoutui Jokioisissa kesinä 1981 ja 1982 sadetetuilta nurmiruuduilta enemmän kuin sadettamattomilta. Sadetus lisäsi ohramaasta kesäkausina tulleiden salaojavesien kaliumpitoisuutta (TURTOLA ja JAAKKOLA 1986). Samoin magnesiumia ja natriumia huuhtoutui sadetetuilta ruuduilta sadettamattomia enemmän.

III KOKEELLINEN OSA

1 AINEISTO JA MENETELMÄT

1.1 Koekenttä

Keväällä 1980 perustettiin Jokioisiin monivuotinen peltokasvien sadetuskoekenttä. Pinta-alaltaan 116 m x 120 m = 1,39 ha suuruinen kenttäkoe sijoitettiin melko tasaiselle savipellolle Ojaisten peltolohkelle. Värikuvaliite (s.77) esittää eräitä kenttäkokeen työvaiheita ja koekasveja.

Koekentän kivennäisaineksen lajitekoostumuksen ja orgaanisen hiilen määrityksiä varten otettiin kesällä 1981 Viljavuuspalvelun käyttämällä Oiva-kairalla jokaisesta kerranteesta maanäyte multakerroksesta ja jankosta. Yhteensä 10 maanäytettä analysoitiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimusosastolla. Kivennäisaineksen lajitekoostumus määritettiin ELOSEN (1971) pipettimenetelmällä ja humuspitoisuus SIPPOLAN (1982) kuvaamalla kuivapoltoilla. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Koekentän kerranteiden kivennäisaineksen lajitekoostumus ja humuspitoisuus prosentteina sekä maalajin nimi.

		S	Hs	Ht	Hk	humus	nimi
kerranne < 2			2-20	20-200	200-2000 μ m		
Multakerros (0-20 cm)	I	49	26	17	8	5,4	mHeS
	II	41	28	20	11	4,6	mHeS
	III	42	28	19	11	5,4	mHeS
	IV	46	29	19	6	5,4	mHeS
	V	31	14	33	22	5,6	mHtS
Jankko (20-40 cm)	I	66	20	12	2	1,6	vmAS
	II	54	25	15	6	2,4	vmHeS
	III	51	25	16	8	2,5	vmHeS
	IV	48	29	18	5	3,9	mHeS
	V	33	14	34	19	3,7	mHtS

Multakerros oli JUUSELAN ja WAREN (1956) maalajikolmion mukaan hiuesavea (HeS) paitsi viides kerranne oli hietasavea (HtS). Multakerroksen humuspitoisuus oli 4,6-5,6 %, eli multakerros oli multava (Viljavuuspalvelu 1986).

Jankko oli ensimmäisen kerranteen osalta aitosavea (AS), ja viides kerranne oli hietasavea (HtS). Muiden kerranteiden jankko oli JUUSELAN ja WAREN (1956) maalajikolmion mukaan hiuesavea (HeS). Jankko oli I-III kerranteiden osalta vähämultaista humuspitoisuuden ollessa 1,6-2,5 % ja IV-V kerranteet olivat multavia humuspitoisuuden ollessa 3,7-3,9 % (ANON. 1986).

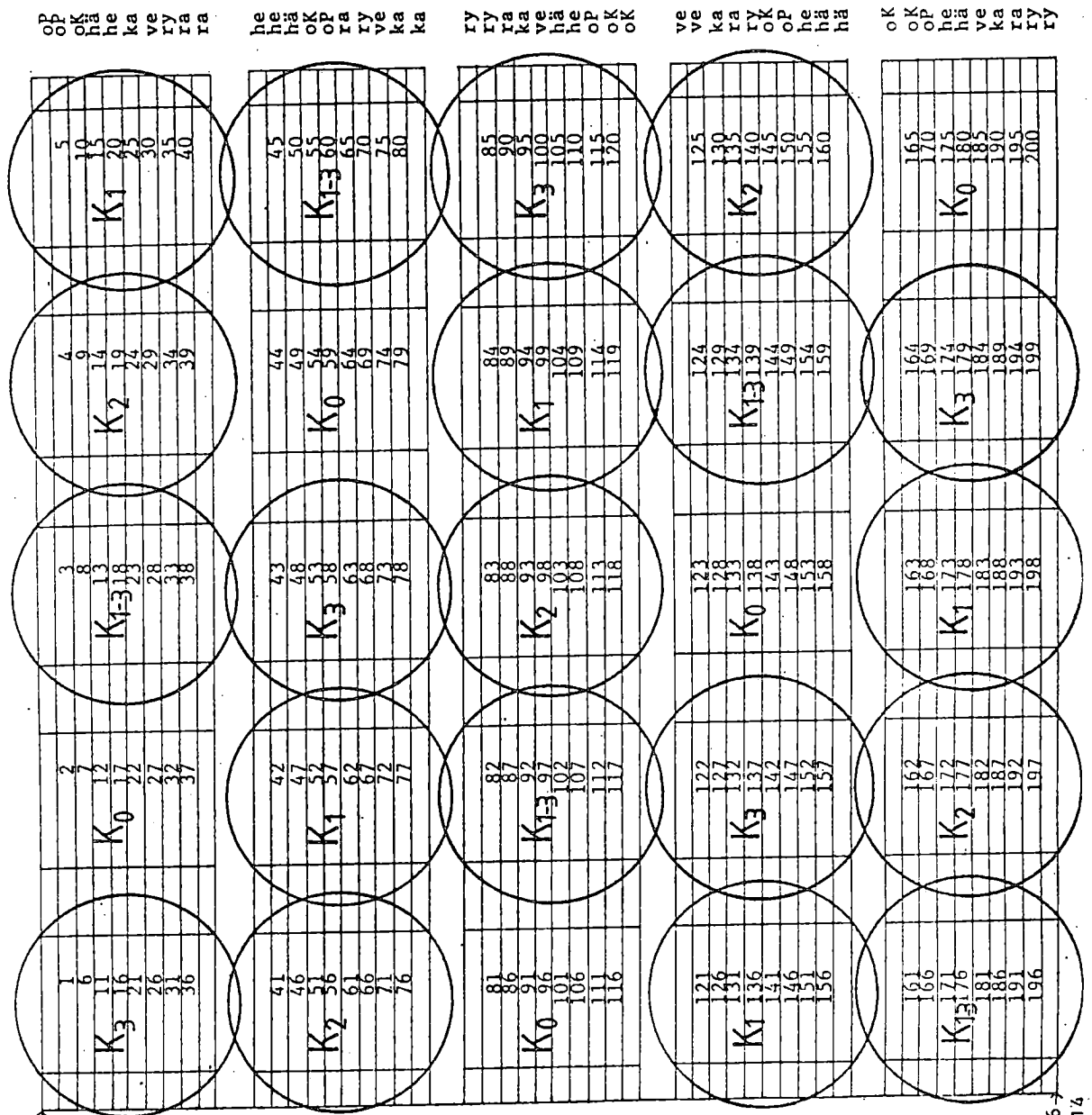
1.2 Koejärjestelyt

Kenttäkoe perustettiin latinalaisen neliön mallin mukaiseksi, jossa kerranteita oli viisi ja sadetuskäsittelyjä myös viisi (kuva 4). Kokeessa oli kahdeksan erilaista kasvia, joiden reagoitua eri sadetuskäsittelyihin pyrittiin selvittämään.

Koekasvit olivat monitahoinen ja kaksitahoinen ohra, kaura, vehnä, rypsi, rapsi, herne ja härkäpapu. Ensimmäisenä koevuonna 1980 härkäpavun tilalla oli herne-kaura. Sadetuskäsittelyt olivat: sadettamaton (= K_0), ensimmäinen sadetusaika 30 mm (= K_1), toinen sadetusaika 30 mm (= K_2), kolmas sadetusaika (K_3) sekä 1., 2. ja 3. sadetusaika 3 x 30 mm (= K_{1-3}).

Sadetusruutujen sijainti pysyi samanlaisena kaikki kuusi vuotta. Ainoastaan vuosi 1980 poikkesi muista koevuosista sikäli, että vuoden 1980 viides kerranne oli sijoitettu ikään kuin kuvan 4 "kuudennen" kerranteen paikalle. Kuvan 4 viides kerranne oli siten vuoden 1980 neljäs kerranne, neljäs kerranne kolmas jne. Vuoden 1980 viidennen kerranteen sadetusruudut olivat muiden vuosien ensimmäisen kerranteen kaltaiset, sillä vuonna 1981 viides kerranne siirrettiin ensimmäiseksi kerranteeksi maalle, joka ei vielä vuonna 1980 ollut käytössä. Koekentän sijainti siirtyi siten yhden kerranteen verran.

Koekentän pituus oli 120 m ja leveys 116 m. Yhden ruudun pinta-ala oli 2 m x 24 m = 48 m² ja nettoruudun pinta-ala 1,5 m x 16 m = 24 m². Koeruutuja oli yhteensä 200 (= 5 kerrannetta x 5 sadetuskäsittelyä x 8 kasvia). Satotulokset koottiin nettoruudun alalta.



Kuva 4. Vuoden 1985 kenttäkartta, joka oli samanlainen aikaisempinakin koevuosina. Ainoastaan kasvien järjestys kentällä vaihteli viljelykierron mukaan.

1.3 Kenttäkokeen perustaminen ja hoito

Kenttäkoe perustettiin vuonna 1980 16.5., vuonna 1981 15.5., vuonna 1982 17.5., vuonna 1983 12.5., vuonna 1984 18.5. ja vuonna 1985 24.5.

Koekasvien lajikkeet eri vuosina olivat:

monitahoinen ohra :	Pomo (1980-84), Arra (1985)
kaksitahoinen ohra:	Ingrid (1980-82), Kustaa (1983-85)
kaura :	Puhti (1980-85)
vehnä :	Ruso (1980), Luja (1981-85)
rypsi :	Span (1980), Ante (1981-82), Emma (1983-85)
rapsi :	Regent (1980-81), Topas (1982), Karat (1983-85)
herne :	Proco (1980-85)
härkäpapu :	Mikko (1981-85)
herne + kaura :	Proco-Pol (1980)

Muokkaus, lannoitus ja kylvö tehtiin käytäntöä vastaavasti: viljoille ja öljykasveille käytettiin lannoitteena typpirikasta Y-lannosta 600 kg/ha ja palkokasveille booripitoista Y-lannosta 2 vuosina 1980 (350 kg/ha) ja 1981 (367 kg/ha). Muina vuosina käytettiin booripitoista Y-lannosta 1: 1982 (637 kg/ha), 1983 (601 kg/ha), 1984 (494 kg/ha) ja 1985 (545 kg/ha).

Rikkaruohoja ja tuholaisia torjuttiin käytäntöä vastaavasti.

1.4 Sadetus

Sadetus tehtiin yöaikaan ympyräsadettimella. Sadettimet sijoitettiin kuvan 4 mukaisesti eri sadetusajankohtina. Sadetuksen tasaisuutta ja vesimäärää seurattiin sadetusympyrään sijoitetuilla pulloilla, joiden vesimäärää mitattiin sadetuksen aikana ja sadetuksen jälkeen.

Sadetusten vesimäärät vaihtelivat eri vuosina ja eri sadetusajankohtina. Vaikka sadetus pyrittiin tekemään tyynenä yönä, sadetuksen tasaisuus ei aina ollut hyvä. Sadetusten ajankohdat ja vesimäärät on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Sadetusten ajankohdat ja vesimäärät eri vuosina.

vuosi	K ₁		K ₂		K ₃	
1980	2.6.	25 mm	9.6.	39 mm	16.6	31 mm
1981	31.5.	29 mm		-		-
1982	3.6.	46 mm	14.6.	35 mm	28.6.	23 mm
1983	1.6.	22 mm	14.6.	21 mm	1.7.	27 mm
1984	12.6.	23 mm		-		-
1985	25.6.	19 mm	2.7.	26 mm	9.7.	26 mm

Ensimmäinen sadetus pyrittiin tekemään silloin kun maan käyttökelpoinen vesimäärä laski 50 %:iin. Vuoden 1982 ensimmäisen sadetuskerran 46 mm oli liian suuri ja se sadetettiin epähuomiossa. Vuoden 1985 ensimmäisen sadetuskerran 19 mm jäi taas liian pieneksi.

1.5 Kasvukausien sääolot

Koevuosien 1980-85 keskisademäärät (mm) kasvukausina kuukausittain sekä vastaavat pitkän ajanjakson keskiarvot Jokioisilla on esitetty taulukossa 3. Kaikkina koevuosina touko-syyskuun yhteenlasketut sademäärät olivat normaalia suuremmat. Touko-heinäkuun yhteenlasketut sademäärät olivat tavallista suuremmat kaikkina muina kesinä paitsi vuonna 1985.

Taulukko 3. Koevuosien keskisademäärät (mm) kuukausittain sekä vastaavat pitkän aikajakson keskiarvot Jokioisilla (ANON. 1980-85).

	1931-60	1980	1981	1982	1983	1984	1985
touko	39	20	19	71	44	66	43
kesä	42	131	115	25	84	113	41
heinä	70	36	104	84	41	90	55
3 kk \bar{x}	151	187	238	180	169	269	139
elo	74	76	88	111	58	69	119
syys	61	58	15	67	86	77	51
5 kk \bar{x}	286	321	341	358	313	415	309

Taulukossa 4 on esitetty koevuosien keskilämpötilat kasvukautena sekä vastaavat pitkän ajanjakson keskiarvot. Normaalista viileämmät kesät olivat vuosina 1985 ja 1982, jolloin varsinkin kesäkuu oli huomattavan viileä.

Taulukko 4. Pitkän ajanjakson ja koevuosien keskilämpötilat °C kuukausittain kasvukautena Jokioisissa (ANON. 1980-1985).

	1931-60	1980	1981	1982	1983	1984	1985
touko	8,8	7,0	11,2	8,5	11,0	12,6	8,6
kesä	13,7	16,4	12,8	11,2	13,3	13,1	13,2
heinä	16,2	16,2	16,2	16,4	16,6	14,8	15,3
3 kk \bar{x}	12,9	13,2	13,4	12,0	13,6	13,5	12,4
e1o	14,7	13,9	13,5	15,6	15,0	13,8	15,5
syys	9,7	10,5	9,5	9,7	11,0	9,2	8,9
5 kk \bar{x}	12,6	12,8	12,6	12,3	13,4	12,7	12,3

Koevuosina sadannan vajaukset olivat kesäkuussa aina alle normaalin, paitsi kylmänä kesäkuuna vuonna 1982. Touko-heinäkuun sadannan vajaukset olivat kaikkina muina vuosina tavallista pienemmät paitsi vuonna 1985, jolloin heinäkuu oli normaalia kuivempi (taulukko 5).

Sadannan vajaukset on esitetty ANSALEHTOn ym. (1985) tilastojen perusteella, joissa sadannan vajoaus oli potentiaalisen evapotranspiraation ja sademäärän erotus VAKKILAISEN (1982) mukaan.

Taulukko 5. Koevuosien sadannan vajaukset mm kesäkuussa ja yhteensä touko-, kesä- ja heinäkuussa sekä vastaavat pitkän ajanjakson keskiarvot Jokioisissa ANSALEHTOn ym. (1985) tilastojen perusteella. Vuoden 1985 arvot saatu Ilmatieteen laitokselta.

	1929-85	1980	1981	1982	1983	1984	1985
kesäkuu	62	-13	-36	72	10	-19	58
touko-heinäkuu	122	91	10	96	95	-25	172

1.6 Kasvustohavainnot

Kasvustohavainnot eivät ole täydelliset. Vuodelta 1985 on kirjattu tähkimispäiviä, joihin sadetuksella on ollut vaikutusta. Sadetettu monitahoinen ohra tähki 9.7. ja sadettamaton 10.7. Sadettamaton kaura taas tuli röyhylle jo 16.7. sadetetun kauran tullessa vasta 19.7.

Sadetus vaikutti vuonna 1985 myös selvästi kasvien korkeuteen. Varsinkin öljykasvit, härkäpapu, ohra ja kaura rehevöityivät ja pitenivät sadetuksen vaikutuksesta.

Möhöjuuri vaivasi öljykasveja jo vuoden 1981 jälkeen, ja tilanne paheni vuosi vuodelta. Pahiten kärsi V-kerranne, joka jätettiin kokonaan pois laskuista satotasojen varianssianalyseissä.

Kaura oli vuonna 1980 tautista, ja vihreitä versoja oli runsaasti puitaessa. Vuonna 1984 viljat lakoontuivat yleisesti.

1.7 Maan kosteustilan mittaus

Sadetus kentän kosteustilaa seurattiin amerikkalaisten Frost'in kipsiblokkien avulla (valmistaja: Soil Moisture Equipment Corporation). AURA (1985) on kuvannut menetelmää julkaisussaan. Kipsiblokit oli sijoitettu 15 cm:n syvyyteen K_0 - ja K_{1-3} -ruuduissa I-IV-kerranteissa. Mittauksia tehtiin keskimäärin kolmen vuorokauden välein Frost'in mittarin avulla. Mittarin lukema osoitti suoraan % käyttökelpoista vettä maasta.

1.8 Sadonkorjuu

Koekasvien korjuupäivät eri vuosina on esitetty taulukossa 6.

Korjuuruudun leveys oli 1,5 m ja pituus 16,0 m, ja sadot korjattiin koeruutupuimurilla. Ruudun sadon punnituksen jälkeen otettiin puintikosteuden määrittämistä varten 40 g:n näyte. Kuiva-ainepitoisuuden avulla laskettiin puintikosteus prosentteina tuoreesta viljasta. Viljojen ja palkokasvien satotulokset laskettiin hehtaaria kohden 15 % kosteutta vastaaviksi. Öljykasvien sadot laskettiin 9 % kosteutta vastaaviksi.

Taulukko 6. Koekasvien korjuupäivät.

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
monitahoinen ohra	26.8.	19.8.	30.8.	17.8.	21.8.	22.8.
kaksitahoinen ohra	30.8.	25.8.	7.9.	17.8.	29.8.	26.8.
kaura	26.8.	7.9.	7.9.	29.8.	16.9.	8.9.
vehnä	9.9.	7.9.	7.9.	30.8.	2.10.	4.9.
rypsi	9.9.	6.9.	10.9.	5.9.	5.10.	13.9.
rapsi	17.9.	21.9.	27.9.	9.9.	5.10.	6.10.
herne	25.8.	24.8.	26.8.	12.8.	21.8.	27.8.
härkäpapu (v. -80 herne- kaura)	25.8.	30.9.	28.9.	25.8.	18.9.	17.9.

1.9 Laatumääritykset

Tuhannen siemenen painot ja hehtoliträn painot määritettiin Maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla.

Vuosien 1980-82 herneiden sekä viljojen typpipitoisuudet määritettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen keskuslaboratoriossa NIR-analysaattorilla (WETZEL 1983). Vuosien 1983-85 herneiden ja härkäpapujen typpianalyysit tehtiin Maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla Kjeldahl-menetelmällä Tecator-laitteella. Typpipitoisuus muutettiin valkuaispitoisuudeksi kertoimella 6,25. Vehnälle käytettiin kerrointa 5,7.

Öljykasvien öljypitoisuudet ja valkuaispitoisuudet määritettiin Keskuslaboratoriossa NIR-analysaattorilla. Vuoden 1985 herneiden keittokoe (60 min) tehtiin Kasvinviljelyosastolla.

1.10 Penetrometrimittaukset

Monivuotisen sadetuksen vaikutusta maan rakenteeseen selvitettiin mittaamalla maan mekaaninen vastus K_0 - ja K_{1-3} -ruuduista (kerranteet I-IV) syksyllä 1985. Mittaukset tehtiin Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksesta lainatulla skotlantilaisella kartiokärkisellä penetrometrillä (ANON. 1979, ANDERSON ym. 1980).

Ruuduista mitattiin mekaaninen vastus 3,5 cm:n välein 52,5 cm:n syvyyteen asti. Viiden mittauksen mediaani valittiin edustamaan ruudun mekaanista vastusta tietyssä syvyydessä. Yhtä kerrannetta edustava mekaaninen vastus saatiin laskemalla K_0/K_{1-3} -sadetusympyrän kaikkien kahdeksan ruudun mediaanien mediaanit eri syvyyksissä.

1.11 Aineiston tilastollinen käsittely

Sadetuskäsittelyjen vaikutusta satoihin ja laatuihin testattiin lohkoittain satunnaistetun mallin varianssianalyysillä. Jokainen vuosi käsiteltiin erikseen, samoin jokainen kasvi. Sadetuskäsittelyjä oli viisi, samoin kerranteita.

Öljykasvien satotasojen laskuissa käytettiin vain neljää kerrannetta, möhöjuuren vioitusten takia viides kerranne jätettiin pois. Varianssianalyysit ajettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen VAX 11/780-tietokoneen SPSS^x ohjelmistolla (ANON. 1983). Herneiden keittokokeen sekä penetrometrimittauksen tulokset laskettiin taskulaskimella.

Pienimmät merkitsevät erot laskettiin Tukeyn testillä 5 % riskitasolla SHARP EL-512-taskulaskimella. Taulukkoarvot saatiin MAKISEN (1978) mukaan.

Mikäli varianssianalyysissä ei ilmennyt merkitseviä ≤ 5 %:n riskitason eroja, mutta kuitenkin riskitaso oli varianssianalyysissä ≤ 10 %, erot kirjoitettiin TULOKSET-kappaleessa suuntaa antavina.

TULOKSET

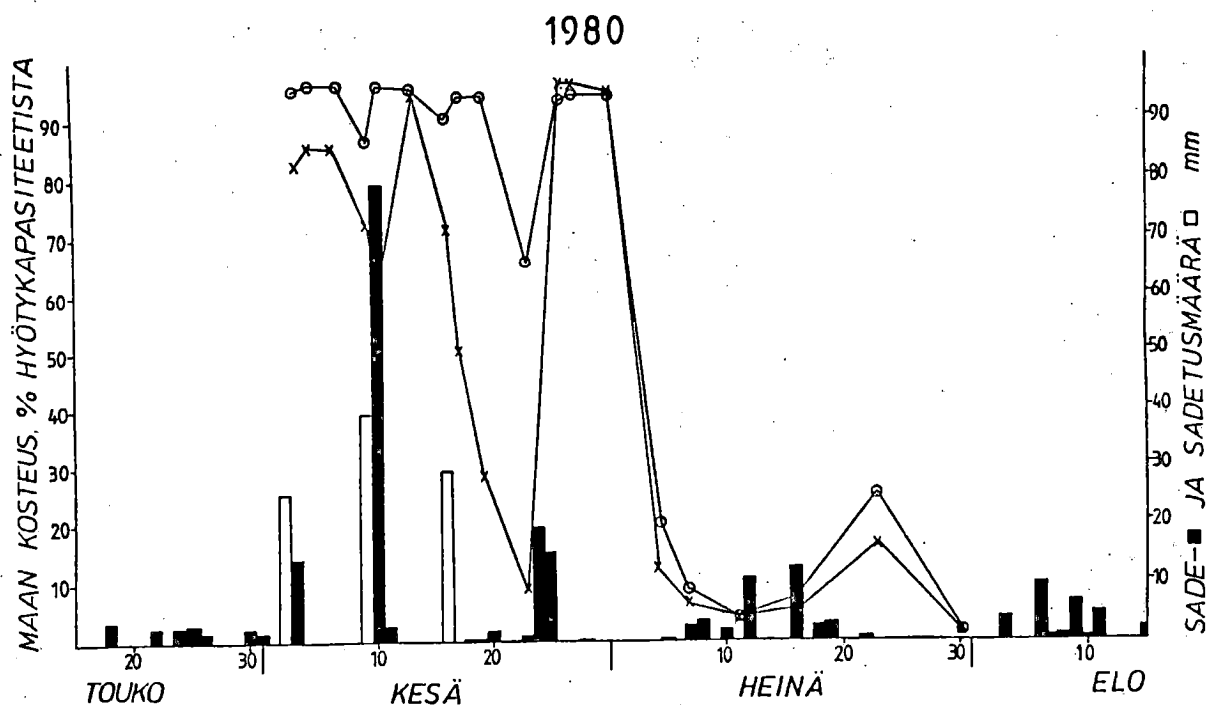
2.1 VUOSI 1980

Vuonna 1980 kasvukauden sademäärä oli normaalia suurempi (taul. 3, s. 20) ja lämpötila hieman normaalia korkeampi (taul. 4, s. 21). Sadannan vajeus oli kesäkuussa -13 mm ja touko-heinäkuussa 91 mm, eli normaalia pienempi (taul. 5, s. 21 ja kuva 3, s. 9). Kesäkuun 10. päivänä, välittömästi 2. sadetuksen jälkeen saatiin 79 mm rankkasade, joka vaurioitti pahoin varhaisella kehitysstadiolla olevia kasvustoja ja lietti maan pinnan (liite 1, kuva 6).

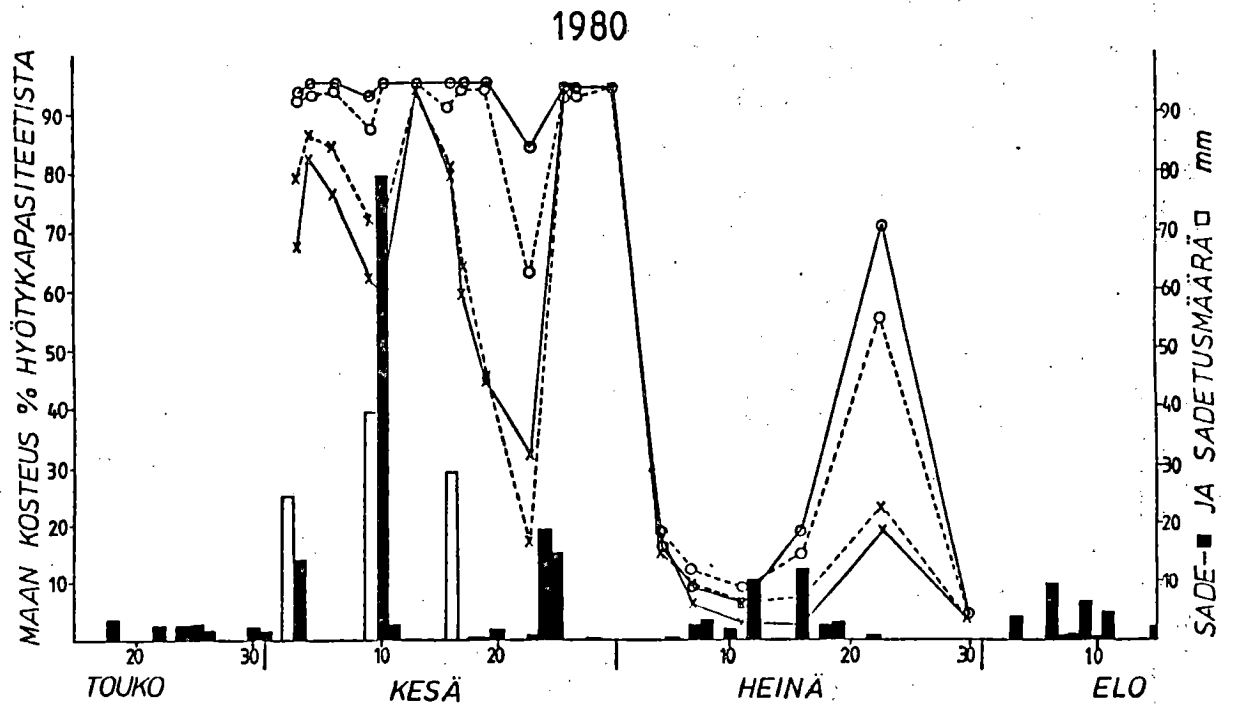
Kenttää sadetettiin seuraavasti: 2.6. 25 mm (= K_1), 9.6. 39 mm (= K_2) ja 16.6. 31 mm (= K_3). Kuten edellä todettiin, kaksi ensimmäistä sadetusta jäivät rankkasateen alle, eikä niistä voitu odottaa myönteisiä vaikutuksia.

2.1.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

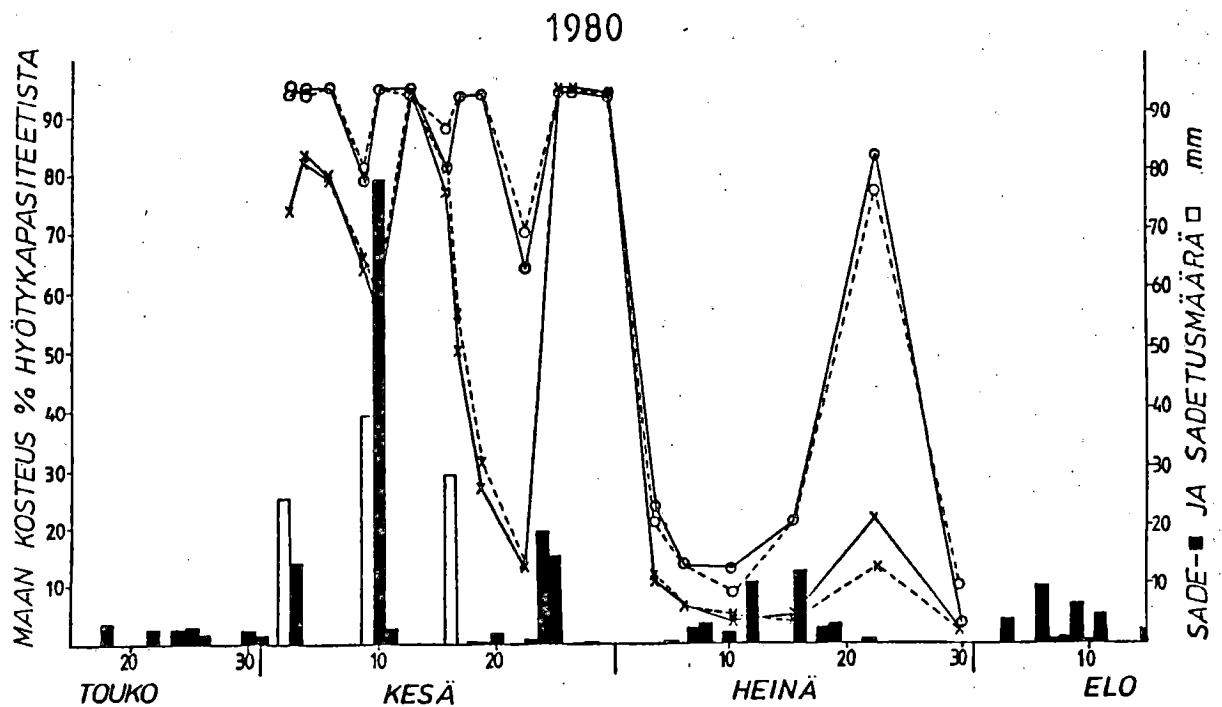
Multakerroksen kosteustilaa seurattiin vehnä-, rypsi-, rapsi-, herne- ja hernekauraruutuihin 15 cm syvyyteen sijoitettujen kipsiblokkien avulla. Tulokset on esitetty kuvissa 6-8.



Kuva 6. Sadetettujen (K_{1-3}) \circ ja sadettamattomien \times kevätvehnäruutujen kosteustila kesällä 1980. Pylväät esittävät sade- \blacksquare ja sadetusmääriä.



Kuva 7. Sadetettujen (K_{1-3}) rypsi- --0-- ja rapsiruutujen \circ sekä sadettamattomien rypsi- --x-- ja rapsiruutujen \times kosteustila kesällä 1980. Pylväät esittävät sade-■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 8. Sadetettujen (K_{1-3}) herne- --0-- ja herne-kaura -ruutujen \circ sekä sadettamattomien herne- --x-- ja herne-kaura -ruutujen \times kosteustila kesällä 1980. Pylväät esittävät sade-■ ja sadetusmääriä □ .

Kuten kuvista nähdään, multakerros sisälsi kasveille käyttökelpoista vettä riittävästi lähes koko kesäkuun ajan. Kesäkuun puolen välin jälkeen maan vesipitoisuus laski noin viikon ajaksi alle 50 %:iin hyötykapasiteetista. Sadetussa maassa kosteus oli koko kesäkuun tuon rajan yläpuolella, vieläpä lähellä 100 %. Heinäkuussa multakerros oli huomattavasti kuivempaa kuin kesäkuussa, sadettamatta jopa lähellä lakastumisrajaa.

Vehnäkasvusto näyttää haihduttaneen vettä runsaammin kuin öljykasvit ja herne. Tämä käy ilmi jo kesäkuun mittaustuloksista ja etenkin heinäkuussa, jolloin sadetettu vehnämaa oli huomattavasti kuivempaa kuin sadetettu öljykasvi- ja hernenämaa. Viimeksimainituissa kesäkuisen sadetuksen jälkivaikutus maan kosteustilaan ilmeni hyvin selvästi.

2.1.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

Satotulokset 5 kerranteen keskiarvoina sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 % riskitasolla on esitetty taulukossa 7. Graafisesti sadon määrät on esitetty kuvassa 30, s. 65. Vaikka kesäkuun rankkasade rakeineen rikkoi oraat pahoin, ne kuitenkin elpyivät ja satotaso oli normaali.

Monitahoinen ohra

Pomo-ohran jyväsadoissa ei ollut merkitseviä eroja, ja hajonta oli suuri. Myöhäisin sadetuskerta antoi suurimman sadon 5790 kg/ha ja pienimmät sadot olivat K₁-käsittelyssä (4740 kg/ha) sekä K₂-käsittelyssä (4870 kg/ha).

Tuhannen jyvän paino oli suurin 30,9 g kolmesti sadetetussa ohrassa ja pienin 27,7 g aikaisimmassa sadetuksessa. Samoin hehtoliträn paino oli suurin 66,7 g kolmesti sadetetussa ohrassa ja pienin 63,0 g toisessa sadetuskäsittelyssä. Valkuaispitoisuus oli taas korkein 12,2 % aikaisimmassa sadetuksessa ja pienin 10,8 % kolmesti sadetetussa ohrassa. Erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, mutta suuntaa antavia. Puintikosteudessa ei ollut merkitseviä eroja.

Kaksitahoinen ohra

Hajonta oli suuri myös Ingrid-ohran jyväsadoissa, eikä eri sadetusten välillä ollut merkitseviä eroja. Myöhäisin sadetuskerta antoi suurimman sadon 6010 kg/ha, ja alhaisin sato 5390 kg/ha oli K₂-käsittelyssä.

Taulukko 7. Vuoden 1980 koekasvien sadot laatuineen 5 kerranteen^{x)} keskiarvoina eri sadetuskäsittelyissä sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 % riskitasolla.

	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁₋₃	HSD
1. Monitah. ohra						
Sato kg/ha	5180	4740	4870	5790	5480	1400
1000 JP g	30,5	27,7	30,2	30,3	30,9	3,6
Hl-paino g	64,4	63,4	63,0	65,7	66,7	3,9
Valkuaispit. %	11,7	12,2	12,1	11,7	10,8	1,4
Puintikosteus %	28,3	28,6	30,9	29,4	29,9	3,1
2. Kaksitah. ohra						
Sato kg/ha	5640	6320	5390	6010	5600	1160
1000 JP g	38,5	38,4	38,3	38,9	38,7	4,3
Hl-paino g	75,2	74,3	74,4	73,7	74,1	2,3
Valkuaispit. %	12,6	13,1	12,3	11,8	11,6	1,4
Puintikosteus %	30,0	30,4	31,2	32,4	31,8	2,4
3. Kaura						
Sato kg/ha	3100	2640	3060	3470	3370	1250
1000 JP g	27,7	25,8	27,0	26,8	26,6	2,6
Hl-paino g	53,1	50,0	52,6	51,9	51,6	3,8
Valkuaispit. %	16,8	15,9	15,6	16,3	15,1	1,4
Puintikosteus %	32,7	35,4	33,0	32,9	41,2	2,7
4. Vehnä						
Sato kg/ha	3880	3370	3800	3800	4450	890
1000 JP g	33,5	30,8	33,7	30,9	33,0	3,0
Hl-paino g	78,1	77,0	78,4	78,1	78,6	2,1
Valkuaispit. %	14,6	14,3	13,3	13,6	12,9	1,2
Puintikosteus %	23,8	25,8	24,2	26,6	27,6	1,9
5. Rypsi						
Sato kg/ha	3140	2990	2880	3150	3040	350
1000 SP g	2,31	2,32	2,31	2,28	2,26	0,22
Öljypit. %	40,6	41,9	42,5	41,4	42,9	2,7
Puintikosteus %	25,4	24,1	22,6	25,5	23,0	4,3
6. Rapsi						
Sato kg/ha	2360	2520	2380	2400	2350	510
1000 SP g	3,52	3,31	3,45	3,30	3,37	0,29
Öljypit. %	44,1	45,4	47,0	44,8	46,9	2,5
Puintikosteus %	37,8	35,4	40,7	37,1	33,8	14,7
7. Herne						
Sato kg/ha	1170	1970	1060	2370	990	1240
1000 SP g	211	214	216	217	212	9
Valkuaispit. %	22,2	21,8	21,1	21,3	20,1	1,9
Puintikosteus %	29,5	26,3	25,7	25,8	24,8	6,8
8. Herne-kaura						
Sato kg/ha	2430	2980	2550	2990	1860	1440
Herneen 1000 SP g	210	215	217	214	210	12
Kauran 1000 JP g	27,3	28,3	27,3	27,9	27,4	2,5
Herneen valk. %	22,0	20,9	20,9	21,2	19,9	2,1
Kauran valk. %	15,0	14,9	14,9	13,9	13,7	1,5
Puintikosteus %	29,3	26,8	25,2	27,2	31,5	9,3

Valkuaispitoisuuksissa oli merkitsevä ero aikaisimman sadetuksen (13,1 %) ja kolmesti sadetun ohran (11,6 %) välillä. Puintikosteus oli suurin 32,4 % myöhäisimmässä sadetuksessa ja pienin 30,0 % sadettamattomassa ohrassa eron ollessa merkitsevä. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja sadetusten välillä.

Kaura

Hajonta oli jälleen suuri Puhti-kauran sadoissa, eivätkä erot olleet merkitseviä. Kolmas sadetus antoi suurimman sadon 3470 kg/ha, ja pienin sato 2640 kg/ha saatiin ensimmäisellä sadetuskerralla.

Sadettamattomassa kaurassa valkuaispitoisuus oli suurin 16,8 %, ja merkitsevästi pienempi kolmesti sadetun kauran valkuaispitoisuutta 15,1 %. Puintikosteus oli suurin 41,2 % kolmesti sadetussa kaurassa ja pienin 32,7 % sadettamattomassa kaurassa eron ollessa merkitsevä. Samoin seuraavat erot olivat merkitseviä puintikosteudessa: $K_0 - K_1$: 32,7 % - 35,4 %; $K_1 - K_{1-3}$: 35,4 % - 41,2 %; $K_2 - K_{1-3}$: 33,0 % - 41,2 %; $K_3 - K_{1-3}$: 32,9 % - 41,2 %. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Vehnä

Suurin jyväsato 4450 kg/ha saatiin kolmesti sadetetusta kasvustosta, ja se oli merkitsevästi suurempi kuin pienin K_1 -käsittelyn sato 3370 kg/ha.

Tuhannen siemenen paino oli suurin 33,7 g toisessa sadetuksessa ja pienin 30,8 g aikaisimmassa sadetuksessa. Toiseksi pienin paino 30,9 g oli K_3 -käsittelyssä. Erot K_2 -käsittelyyn verrattuna olivat suuntaa antavia. Valkuaispitoisuus oli korkein 14,6 % sadettamattomassa vehnässä ja pienin 12,9 % kolmesti sadetussa kasvustossa. Muut merkitsevät erot olivat seuraavat: $K_0 - K_2$: 14,6 % - 13,3 %; $K_1 - K_{1-3}$: 14,3 % - 12,9 %.

Puintikosteus oli suurin 27,6 % kolmesti sadetussa vehnässä. Merkitsevästi tätä pienemmät kosteudet olivat 23,8 % sadettamattomassa vehnässä ja 24,2 % toisessa sadetusajankohdassa. Hehtoliträn painossa ei ollut merkitseviä eroja.

Rypsi

Span-rypsistä saatiin suurin sato 3150 kg/ha myöhäisimmässä sadetuksessa, ja pienimmän sadon 2880 kg/ha antoi toinen sadetusajankohta. Sadon määrissä eikä laatuominaisuuksissa ollut merkitseviä eroja.

Rapsi

Regent-rapsin siemensadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin sato saatiin aikaisimmalla sadetuksella sadon ollessa 2520 kg/ha. Alhaisin sato oli K₁₋₃-käsittelyssä (2350 kg/ha).

Öljypitoisuus oli korkein 47,3 % toisella sadetuskerralla ja pienin 44,1 % sadettamattomassa rapsissa eron ollessa merkitsevä. Myös kolmesti sadetetun rapsin öljypitoisuus 46,9 % oli merkitsevästi korkeampi kuin sadettamattoman rapsin öljypitoisuus. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Herne

Proco-herneen siemensato oli suurin 2370 kg/ha kolmannessa sadetuksessa. Se oli merkitsevästi suurempi kolmeen kertaan sadetettua satoa 990 kg/ha sekä toisen sadetuskerran satoa 1060 kg/ha. Satojen hajonta oli suuri.

Valkuaispitoisuus oli suurin 22,2 % sadettamattomassa herneessä ja pienin 20,1 % kolmesti sadetetussa kasvustossa eron ollessa merkitsevä. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja. Puintikosteus kuitenkin lisääntyi sadetuskäsittelyjen siirtyessä myöhäisemmiksi ja kolmesti sadetettaessa.

Herne-kaura

Siemensadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Satotaso oli suurin 2990 kg/ha myöhäisimmässä sadetuksessa ja pienin K₁₋₃-käsittelyssä (1860 kg/ha). Hajonta oli suuri.

Herneen valkuaispitoisuus oli suurin 22,0 % sadettamattomassa kasvustossa ja pienin 19,9 % K₁₋₃-käsittelyssä eron ollessa merkitsevä. Sadettamattoman kauran valkuaispitoisuus 15,0 % oli suuntaa antavasti suurempi kuin kolmesti sadetetun kauran valkuaispitoisuus 13,7 %. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

2.2 VUOSI 1981

Kesä 1981 oli erittäin sateinen (taul. 3, s. 20). Sadannan vajausta ei kesäkuussa esiintynyt, vaan se oli -36 mm. Touko-heinäkuun sadannan vajuuskin oli vain 10 mm. Nämä luvut ovat poikkeuksellisen pieniä (taul. 5, s. 21 ja kuva 3, s. 9). Kesän keskimääräinen lämpötila oli normaali (taul. 4, s. 21). Koekenttää sadetettiin vain kerran: 31.5. 29 mm (= K_1 ja K_{1-3}).

2.2.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

Kuvissa 9-12 on esitetty multakerroksen kosteustilan muutokset alku- ja kesäkesän aikana. Maan vesipitoisuus laski alle 50 %:iin hyötykapasiteetista vain kesäkuun alussa ja lopussa. Pääosan kesäkuusta ja koko heinäkuun multakerros oli riittävän kosteata ja todennäköisesti huomattavan osan tästä ajasta jopa liian märkää.

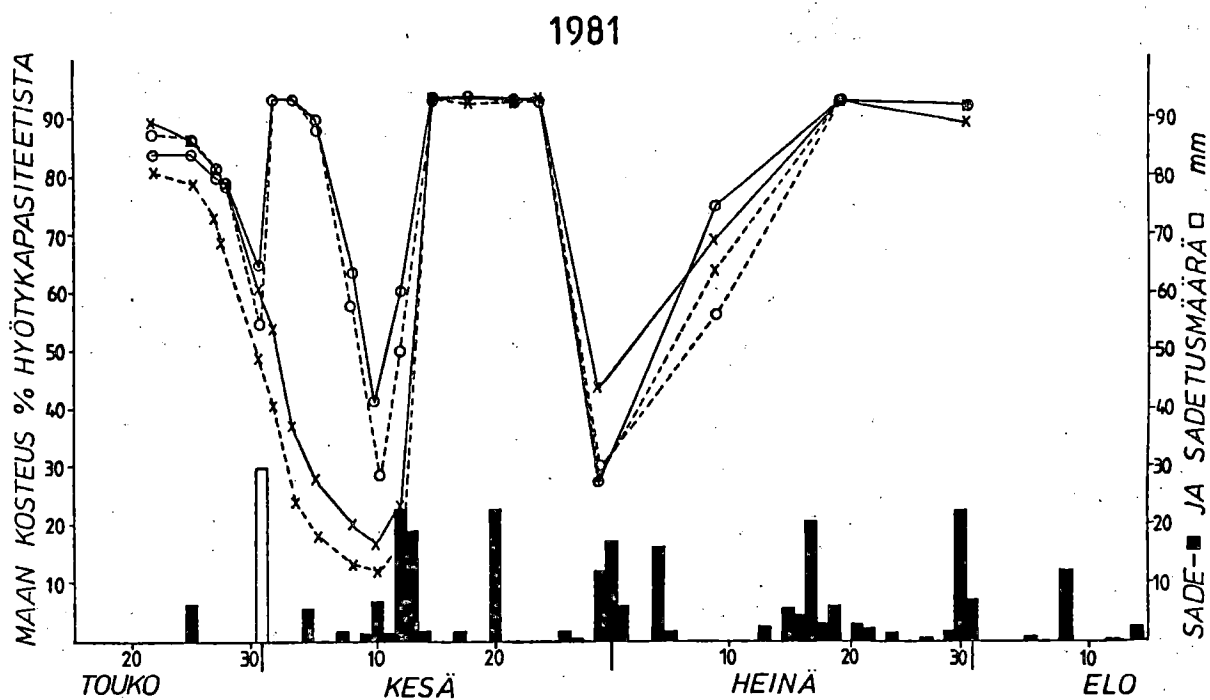
Toukokuun lopussa suoritettu sadetus piti luonnollisesti maan vieläkin märemänä. Sadetetuksessa viljamaassa maan kosteustila laski vähän alle 50 %:n hyötykapasiteetista vain muutamaksi päiväksi kesäkuussa. Sadetetuksessa öljykasvi- ja palkokasvimaassa kosteusprosentti oli tuon rajan yläpuolella koko kesän.

Viljat näyttävät haihduttaneen vettä hieman tehokkaammin kuin öljykasvit ja palkokasvit. Tämä ilmenee sekä sadettamattoman että sadetetun maan mittaustuloksissa. Sadetuksella oli pitkäaikainen yli kuukauden kestävä jälkivaikutus öljykasvi- ja palkokasvimaan kosteustilaan, mutta vastaavaa vaikutusta ei havaita viljamaan kosteustilassa.

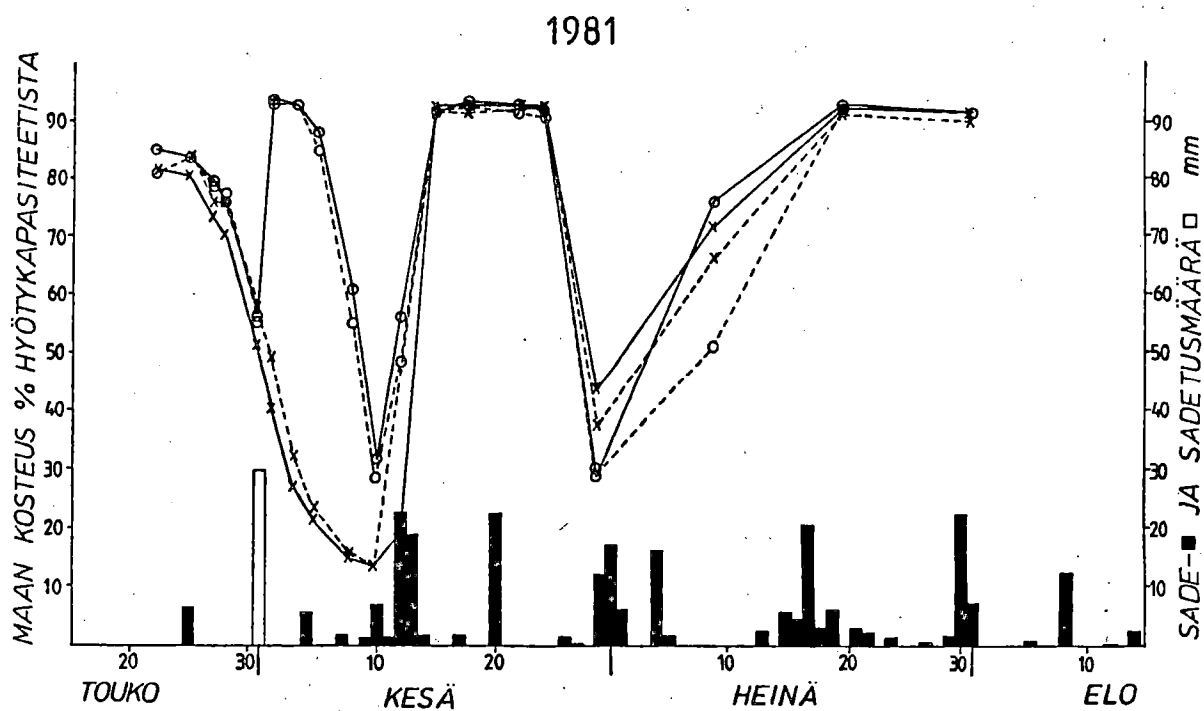
Viljakasvien haihdutustehossa ei havaita selviä eroja, vaan monitahoinen ohra, kaksitahoinen ohra, kaura ja vehnä pitivät savimaan likimain samassa kosteustilassa. Öljykasvit näyttäisivät haihduttaneen vettä kesäkuun lopussa hieman tehokkaammin kuin palkokasvit, etenkin herneeseen verrattuna.

2.2.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

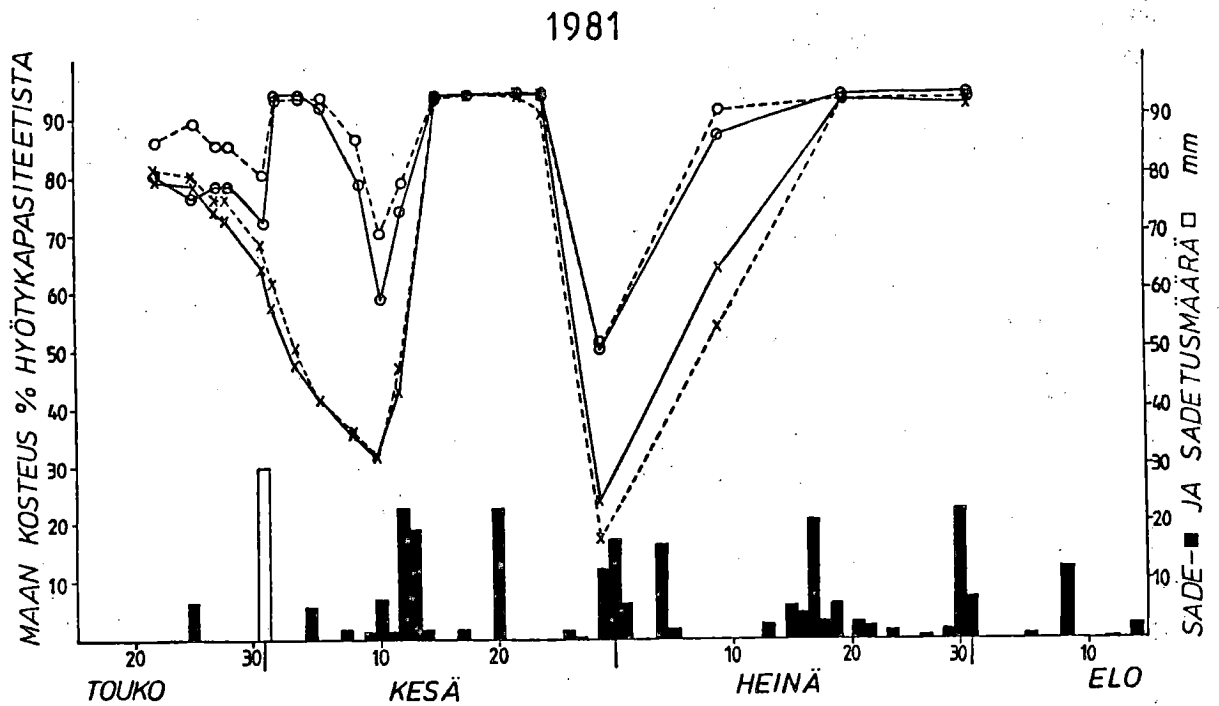
Koekasvien satotaso jäi heikommaksi verrattuna muihin koevuosiin. Härkäpapu oli poikkeus ja menestyi parhaiten sateisena kesänä 1981. Satotulokset on esitetty taulukossa 8, s. 35).



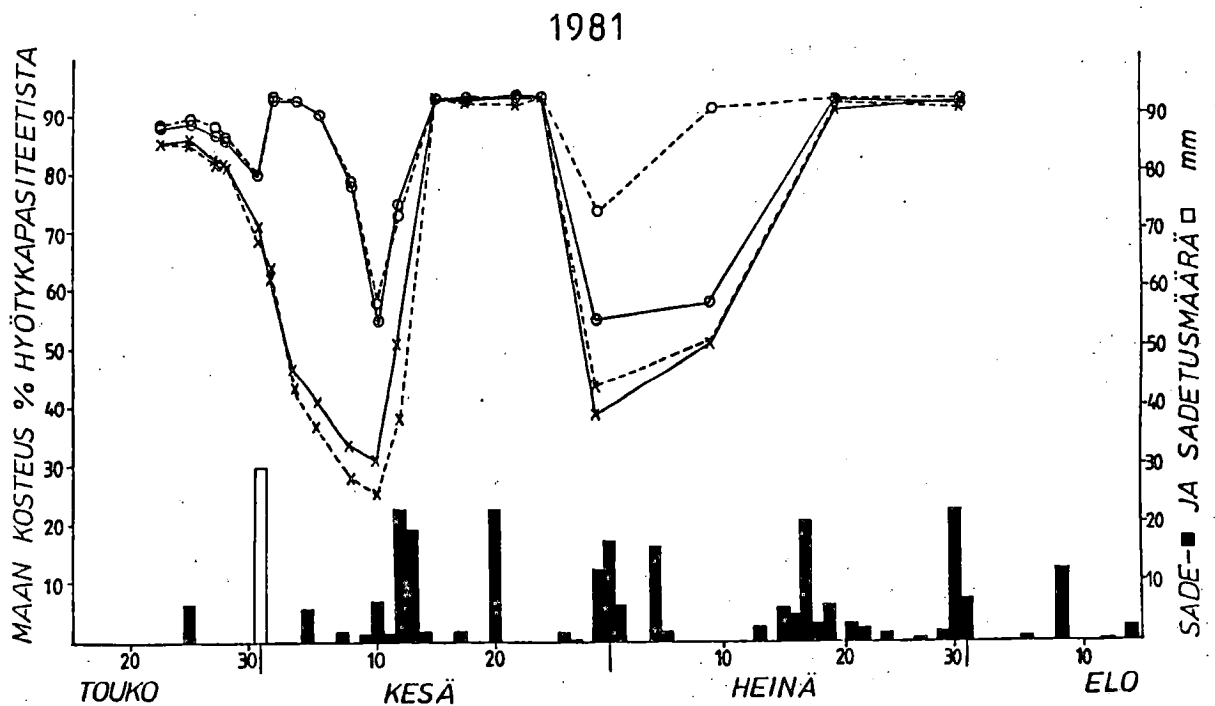
Kuva 9. Sadetettujen (K_{1-3}) monitahoisten --0-- ja kaksitahoisten -0- ohra-ruutujen sekä sadettamattomien monitahoisten --x-- ja kaksitahoisten -x- ohra-ruutujen kosteustila kesällä 1981. Pylväät esittävät sade-■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 10. Sadetettujen (K_{1-3}) kaura- --0-- ja vehnäruutujen -0- sekä sadettamattomien kaura- --x-- ja vehnäruutujen -x- kosteustila kesällä 1981. Pylväät esittävät sade-■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 11. Sadetettujen (K_{1-3}) rypsi- --0-- ja rapsiruutujen —0— sekä sadettamattomien rypsi- --x-- ja rapsiruutujen —x— kosteustila kesällä 1981. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 12. Sadetettujen (K_{1-3}) herne- --0-- ja härkäpapuruutujen —0— sekä sadettamattomien herne- --x-- ja härkäpapuruutujen —x— kosteustila kesällä 1981. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .

Monitahoinen ohra

Pomo-ohran jyväsadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin sato 5210 kg/ha oli K_2 -ruudussa, joka kyseisenä vuonna vastasi sadettamatonta kasvustoa K_2 - ja K_3 -käsittelyjen puuttuessa. Myöskään laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Kaksitahoinen ohra

Suurin Ingrid-ohrasato 4670 kg/ha saatiin K_{1-3} -ruudusta, joka kyseisenä vuonna vastasi K_1 -käsittelyä. Sadoissa eikä myöskään laatuominaisuuksissa ollut merkitseviä eroja.

Kaura

Jyväsadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin Puhti-kaurasato 5980 kg/ha oli K_{1-3} -ruudussa, joka vastasi K_1 -käsittelyä.

Valkuaispitoisuus oli korkein sadettamattomissa kasvustoissa. Korkein valkuaispitoisuus 12,8 % oli K_3 -ruudussa, joka kyseisenä vuonna vastasi sadettamatonta kasvustoa, ja matalin 11,4 % kerran sadetetussa kaurassa. Vain tämä ero oli merkitsevä. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Vehnä

Luja-vehnäsadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Pienimmät sadot olivat kerran sadetetuissa kastustoissa. Suurin sato 4180 kg/ha oli K_2 -ruudussa, joka edusti sadettamatonta kasvustoa.

Hehrolitran paino oli 76,2 g kertaalleen sadetetussa K_1 -ruudussa ja merkitsevästi pienempi kuin K_0 -kasvuston hehtolitran paino 74,8 g. Puintikosteus oli sadetetuista kasvustoista korkein 25,3 % K_{1-3} -ruudussa. Se oli merkitsevästi suurempi kuin sadettamattomien kasvustojen puintikosteus. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Rypsi

Ante-rypsin siemensadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin sato 2630 kg/ha oli K_0 -käsittelyssä.

Taulukko 8. Vuoden 1981 koekasvien sadot laatuineen 5 kerranteen* keskiarvoina eri sadetuskäsittelyissä sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 % riskitasolla. Sadetettiin vain kerran, joten K_2 ja $K_3 = K_0$ ja $K_{1-3} = K_1$.

	K_0	K_1	K_2	K_3	K_{1-3}	HSD
1. Monitah. ohra						
Sato kg/ha	5110	5120	5210	5000	5000	350
1000 JP g	28,4	28,5	28,7	28,2	28,4	1,7
Hl-paino g	57,8	58,3	58,0	58,5	58,7	1,9
Valkuaispit. %	13,0	13,0	12,2	12,2	12,9	1,2
Puintikosteus %	35,5	36,5	35,6	35,2	35,4	2,9
2. Kaksitah. ohra						
Sato kg/ha	4410	4410	4530	4420	4670	390
1000 JP g	33,5	32,8	34,3	33,8	34,8	3,1
Hl-paino g	63,4	63,8	63,8	63,4	64,1	1,9
Valkuaispit. %	13,1	12,9	12,9	13,3	12,5	1,3
Puintikosteus %	36,5	36,5	36,5	35,9	36,3	2,6
3. Kaura						
Sato kg/ha	5820	5850	5850	5960	5980	480
1000 JP g	30,0	29,6	29,7	29,4	28,1	2,5
Hl-paino g	50,8	50,4	51,1	50,2	50,1	0,9
Valkuaispit. %	12,5	11,4	11,9	12,8	11,7	1,2
Puintikosteus %	19,8	19,2	19,6	19,6	19,3	1,1
4. Vehnä						
Sato kg/ha	4060	4010	4180	4080	3990	530
1000 JP g	26,7	27,1	26,8	26,7	27,2	2,0
Hl-paino g	74,8	76,2	75,3	75,0	75,5	2,5
Valkuaispit. %	14,6	14,2	14,3	14,4	14,6	0,8
Puintikosteus %	23,3	24,7	23,2	22,9	25,3	1,8
5. Rypsi						
Sato kg/ha	2630	2290	2510	2550	2530	500
1000 SP g	2,39	2,31	2,35	2,41	2,36	0,16
Öljypit. %	41,4	43,6	42,1	41,9	41,7	1,6
Puintikosteus %	23,4	21,4	22,7	23,4	22,1	2,5
6. Rapsi						
Sato kg/ha	3240	2940	3060	3060	3000	460
1000 SP g	3,44	3,46	3,48	3,50	3,48	0,16
Öljypit. %	48,3	49,3	48,8	48,6	48,6	1,1
Puintikosteus %	27,9	27,1	28,1	28,1	27,2	2,1
7. Herne						
Sato kg/ha	1260	1400	1160	1560	1370	656
1000 SP g	195	180	201	193	194	23
Valkuaispit. %	21,0	19,7	20,1	19,8	19,7	2,9
Puintikosteus %	47,7	41,8	41,9	41,2	42,2	9,2
8. Härkäpapu						
Sato kg/ha	5840	6080	6310	5740	5990	490
1000 SP g	240	240	246	239	241	15
Valkuaispit. %	32,3	32,2	32,9	33,0	32,9	2,2
Puintikosteus %	33,5	34,1	33,0	34,3	34,1	3,5

*) Rypsin ja rapsin sadoissa 4 kerrannetta

Öljypitoisuus oli kerran sadetetuissa K_1 -kasvustossa 43,6 %, joka oli merkitsevästi suurempi sadettamattomia kasvustoja K_0 , K_2 (suuntaa antava) ja K_3 , mutta myös toista kerran sadetettua kasvustoa K_{1-3} . Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja. Puintikosteus oli tosin suurin sadettamattomissa kasvustoissa.

Rapsi

Suurin Regent-rapsin sato 3240 kg/ha oli K_0 -käsittelyssä. Merkitseviä eroja ei ollut sadossa eikä laadussa. Puintikosteus oli kuitenkin suurin sadettamattomissa kasvustoissa.

Herne

Hajonta oli suuri, eikä Proco-herneen sadoissa ollut merkitseviä eroja. Paras sato 1560 kg/ha oli sadettamattomassa K_3 -käsittelyssä. Myöskään laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Härkäpapu

Mikko-härkäpavun sadoissa oli merkitsevä ero kahden sadettamattoman kasvuston eli K_2 :n sadon 6310 kg/ha ja K_3 :n sadon 5740 kg/ha välillä. Muita merkitseviä eroja ei ollut sadoissa eikä laadussa.

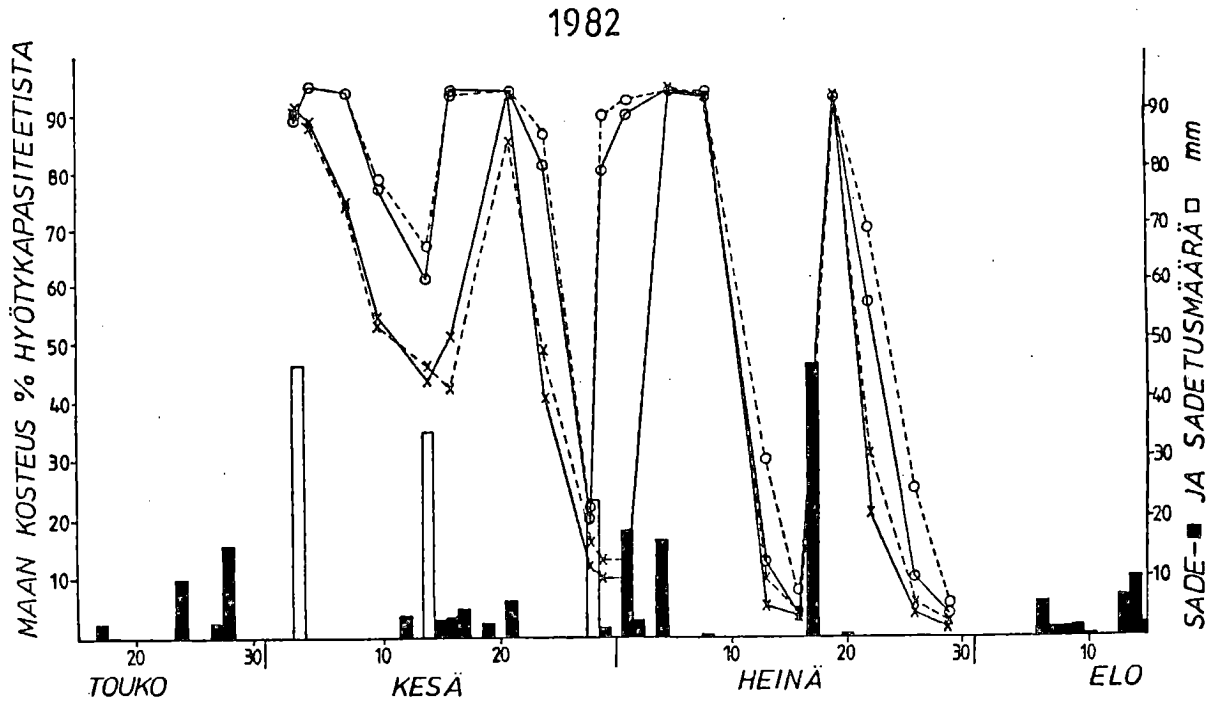
2.3 VUOSI 1982

Kesä 1982 oli normaalia sateisempi (taul. 3, s. 20) ja kesäkuun keskilämpötila oli 2,5°C normaalia alhaisempi (taul. 4, s. 21). Sadannan vajoitus kesäkuussa, 72 mm, vastasi likimain pitkän aikajakson keskiarvoa, 62 mm. Touko-heinäkuun sadannan vajoitus, 96 mm sen sijaan oli selvästi alle normaalin (taul. 5, s. 21).

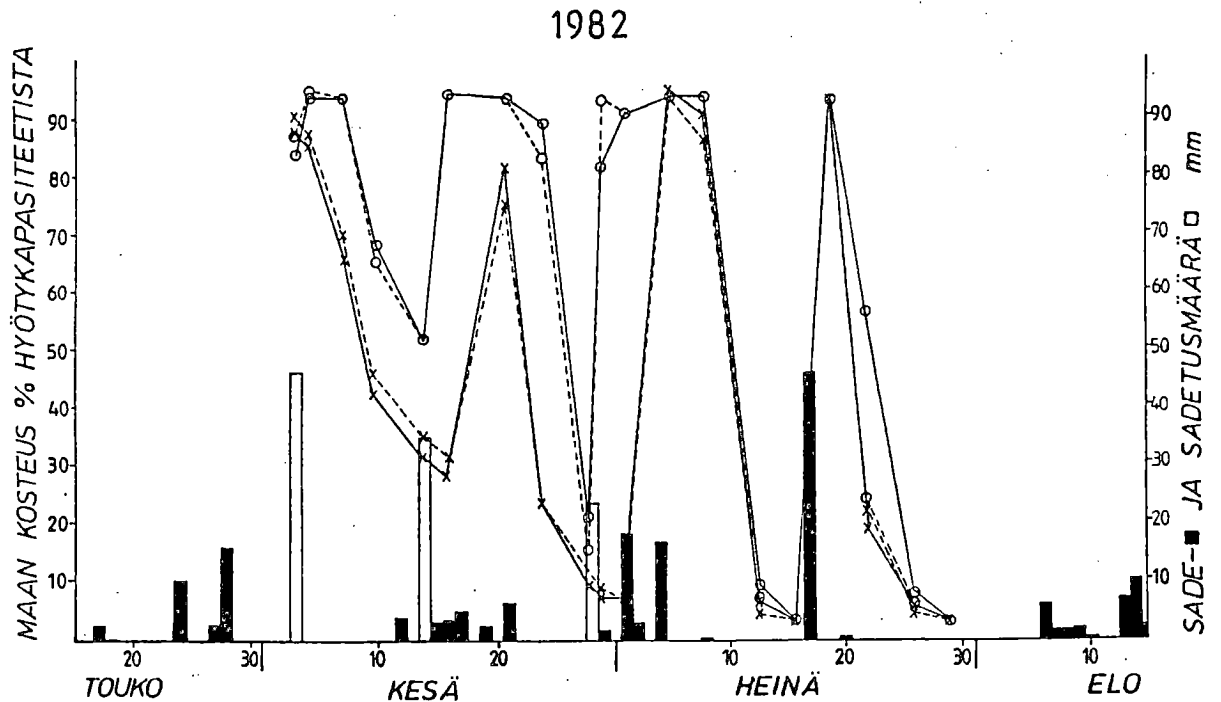
Kenttää sadetettiin seuraavasti: 3.6. 46 mm (= K_1), 14.6. 35 mm (= K_2) ja 28.6. 23 mm (= K_3). Ensimmäinen sadetus annettiin epähuomiossa liian runsaana, sillä tavoitteena oli 30 mm sadetus.

2.3.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

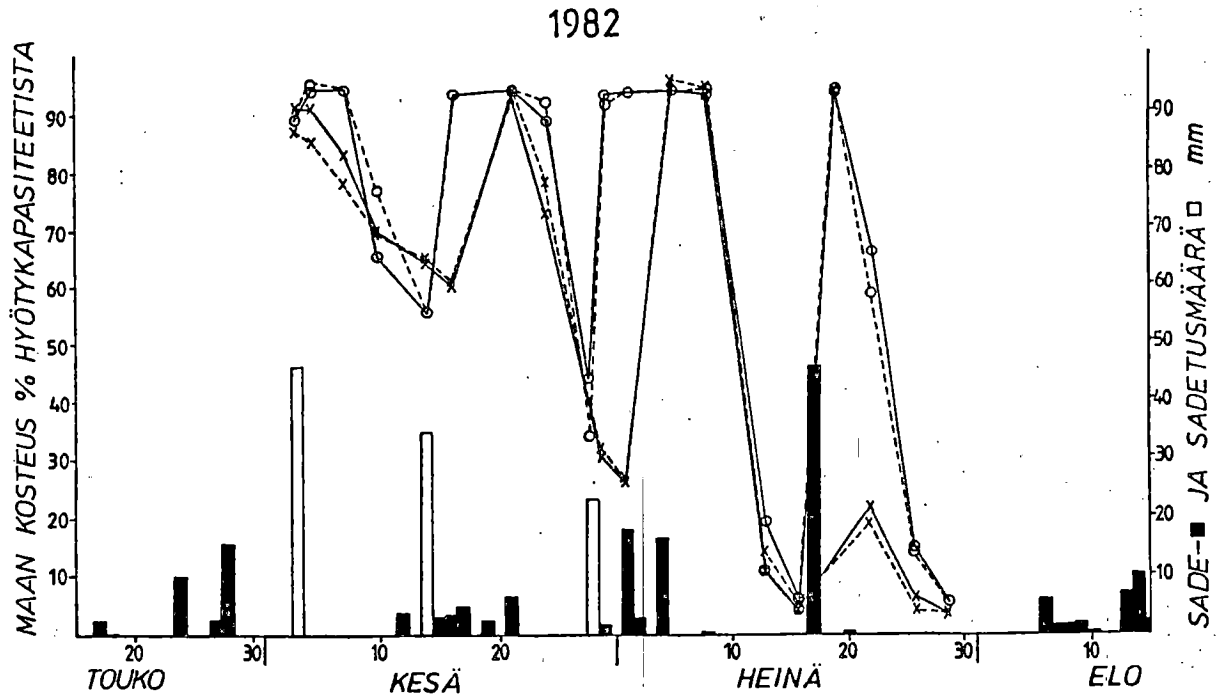
Kuvissa 13-16 on esitetty multakerroksen kosteustila 15 cm syvyydessä kesä-heinäkuun aikana. Tänä aikana esiintyi kolme lyhytaikaista noin viikon pituista



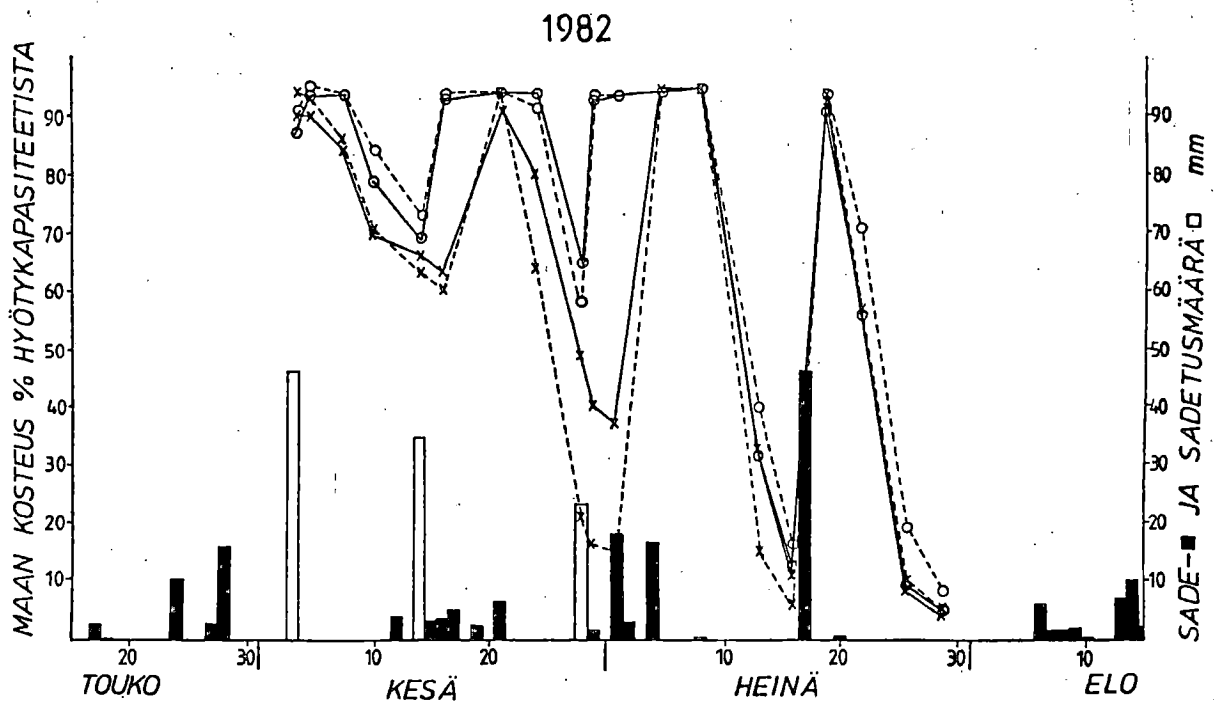
Kuva 13. Sadetettujen (K_{1-3}) monitahoisien --0-- ja kaksitahoisien -0- ohra-
ruutujen sekä sadettamattomien monitahoisien --x-- ja kaksitahoisien -x-
ohra-ruutujen kosteustila kesällä 1982. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetus-
määriä □ .



Kuva 14. Sadetettujen (K_{1-3}) kaura- --0-- ja vehnäruutujen -0- sekä sadet-
tamattomien kaura- --x-- ja vehnäruutujen -x- kosteustila kesällä 1982.
Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 15. Sadetettujen (K_{1-3}) rypsi- ---0--- ja rapsiruutujen —0— sekä sadettamattomien rypsi- ---x--- ja rapsiruutujen —x— kosteustila kesällä 1982. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 16. Sadetettujen (K_{1-3}) herne- ---0--- ja härkäpapuruutujen —0— sekä sadettamattomien herne- ---x--- ja härkäpapuruutujen —x— kosteustila kesällä 1982. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .

kautta, jolloin multakerroksen vesipitoisuus laski alle 50 %:iin hyötykapasiteetista: kesäkuun loppu, heinäkuun puoliväli ja heinäkuun loppu. Lisäksi sadettamaton viljamaa kuivahti kesäkuun puolivälissä muutamaksi päiväksi alle e.m. kosteusrajan.

Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan näkyy pääasiassa vain kesäkuussa, jolloin sadetettiin. Sadetuksella ei ollut yhtä selvää jälkivaikutusta öljykasvi- ja palkokasvimaan kosteustilaan heinäkuussa kuin edellisinä vuosina.

Viljakasvimaata oli kesäkuussa selvästi kuivempaa kuin öljykasvi- ja palkokasvimaata. Heinäkuussa kasvien välisiä haihdutuserovaikutuksia maan kosteustilaan ei enää havaittu. Vehnä ja kaura näyttävät haihduttaneen vettä kesäkuussa tehokkaammin kuin ohra, joka lienee kärsinyt kesäkuun koleudesta eniten.

2.3.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

Vaikka vuoden 1982 kesäkuu oli hyvin kolea, öljy- ja palkokasvien sadot olivat hyviä. Viljat pensoivat hyvin ja niiden sadot olivat varsin korkeita. Sato tulokset on esitetty taulukossa 9.

Monitahoinen ohra

Pomo-ohran sadoissa hajonta oli suuri, ja pienin tilastollisesti merkitsevä ero oli 1090 kg/ha. Suurin sato 7860 kg/ha saatiin K₂-käsittelystä ohrasta ja pienin kolmesti sadetetusta ohrasta eron ollessa 1000 kg eli suuntaa antava. Kolmannen sadetusajankohdan sato 7850 kg/ha oli myös suuntaa antavasti suurempi kuin kolmesti sadetetun ohran sato.

Tuhannen jyvän paino oli suurin 41,3 g toisessa sadetuskäsittelyssä ja pienin 39,3 g sadettamattomassa ohrassa eron ollessa merkitsevä. Toiseksi pienin tuhannen jyvän paino (39,6 g) oli ensimmäisessä sadetuskäsittelyssä, ja se oli merkitsevästi pienempi kuin toisen sadetuskäsittelyn ohran tuhannen siemenen paino. Hehtoliträn paino oli suurin 71,9 g kolmesti sadetetussa ohrassa ja pienin 70,9 g sadettamattomassa ohrassa eron ollessa suuntaa antava. Puintikosteus oli suurin 26,1 % toisessa sadetuskäsittelyssä, ja se oli merkitsevästi suurempi sekä sadettamattoman ohran puintikosteutta 23,9 % että ensimmäisen sadetuskäsittelyn ohran kosteutta 24,1 %. Valkuaispitoisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 9. Vuoden 1982 koekasvien sadot laatuineen 5 kerranteen*) keskiarvoin eri sadetuskäsittelyissä sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 % riskitasolla.

	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁₋₃	HSD
1. Monitah. ohra						
Sato kg/ha	7510	7030	7860	7850	6860	1090
1000 JP g	39,3	39,6	41,3	39,8	40,6	1,6
Hl-paino g	70,9	71,2	71,4	71,0	71,9	1,2
Valkuaispit. %	13,4	12,8	13,6	13,2	13,3	1,5
Puintikosteus %	23,9	24,1	26,1	25,5	25,4	2,1
2. Kaksitah. ohra						
Sato kg/ha	7570	7030	7490	7660	6790	1100
1000 JP g	46,8	46,2	47,0	47,0	46,3	1,9
Hl-paino g	74,8	74,2	74,6	74,6	74,3	1,0
Valkuaispit. %	13,4	12,5	13,7	13,1	13,3	1,2
Puintikosteus %	29,5	27,8	30,8	30,7	29,0	2,6
3. Kaura						
Sato kg/ha	7040	7660	7850	7510	7050	1230
1000 JP g	35,4	35,5	36,1	35,4	34,9	2,5
Hl-paino g	60,1	60,1	60,5	59,9	60,3	0,8
Valkuaispit. %	14,6	13,1	13,7	13,6	12,0	1,7
Puintikosteus %	23,9	24,7	25,1	25,1	25,4	2,2
4. Vehnä						
Sato kg/ha	4860	5620	5960	5640	5220	1290
1000 JP g	33,2	34,2	34,7	33,3	33,7	2,0
Hl-paino g	79,2	79,2	79,0	79,1	79,2	1,0
Valkuaispit. %	14,1	13,0	13,1	13,0	12,6	1,5
Puintikosteus %	30,0	31,3	34,3	33,3	33,9	5,9
5. Rypsi						
Sato kg/ha	2870	2760	2930	2800	2340	520
1000 SP g	2,34	2,34	2,22	2,33	2,28	0,18
Öljypit. %	41,2	42,5	41,6	41,6	43,1	1,9
Valkuaispit. %	24,2	21,7	23,1	22,9	20,6	3,9
Puintikosteus %	26,9	25,4	27,2	27,7	22,9	4,2
6. Rapsi						
Sato kg/ha	3180	3130	3230	3010	2430	840
1000 SP g	3,58	3,59	3,48	3,53	3,69	0,32
Öljypit. %	45,7	46,8	46,3	46,9	46,3	1,8
Valkuaispit. %	25,0	23,6	25,1	24,1	24,9	2,0
Puintikosteus %	25,4	27,0	27,1	26,1	25,3	3,2
7. Herne						
Sato kg/ha	3020	2470	2820	2720	1240	1100
1000 SP g	205	203	210	206	203	11
Valkuaispit. %	20,1	18,5	20,3	19,7	18,2	1,5
Puintikosteus %	30,3	24,0	30,0	30,0	25,7	7,2
8. Härkäpapu						
Sato kg/ha	3950	4560	4500	4230	4710	1000
1000 SP g	246	254	256	250	257	18
Valkuaispit. %	34,1	34,8	35,0	34,2	35,0	1,5
Puintikosteus %	21,3	21,9	22,8	22,4	22,0	2,4

*) Rypsin ja rapsin sadoissa 4 kerrannetta

Kaksitahoinen ohra

Jyväsadossa hajonta oli suuri, eikä käsittelyjen välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Suurin sato 7660 kg/ha saatiin myöhäisimmässä sadetuskäsittelyssä ja huonoin 7030 kg/ha aikaisimmassa sadetuksessa. Valkuaispitoisuus oli suurin 13,7 % toisessa sadetuskäsittelyssä ja tätä merkitsevästi pienempi aikaisimmassa sadetuskäsittelyssä, jolloin valkuaispitoisuus oli 12,5 % ja myös sato pienin. Puintikosteus oli suurin 30,8 % toisessa sadetuskäsittelyssä ja toiseksi suurin 30,7 % myöhäisimmässä sadetuskäsittelyssä. Nämä olivat merkitsevästi suurempia kuin K_1 -käsittelyn puintikosteus 27,8 %. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Kaura

Puhti-kauran satotuloksissa hajonta oli suuri, eikä sadetusajankohtien välillä ollut merkitseviä eroja. Suurin sato 7850 kg/ha saatiin toisella sadetuskerrolla, ja alhaisimmat sadot sadettamattomasta kasvustosta (7040 kg/ha) sekä kolmesti sadetetusta kaurasta (7050 kg/ha).

Valkuaispitoisuus oli suurin 14,6 % sadettamattomassa kaurassa ja tätä merkitsevästi pienempi kolmesti sadetetussa kaurassa, jolloin pitoisuus oli 12,0 %. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Vehnä

Hajonta oli Luja-vehnällä niin suuri, että pienin merkitsevä ero oli 1290 kg/ha. Suurin sato 5960 kg/ha oli K_2 -sadetuksessa ja pienin 4860 kg/ha K_0 -käsittelyssä.

Valkuaispitoisuus oli suurin 14,1 % sadettamattomassa vehnässä ja pienin 12,6 % kolmesti sadetetussa vehnässä eron ollessa merkitsevä. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Rypsi

Ante-rypsin huonoin sato 2340 kg/ha oli kolmesti sadetetussa käsittelyssä. Sekä sadettamattoman rypsin sato 2870 kg/ha että K_2 -käsittelyn sato 2930 kg/ha olivat merkitsevästi parempia kuin kolmesti sadetettu sato.

Öljypitoisuus oli korkein 43,1 % kolmesti sadetetussa rypsissä ja tätä merkitsevästi alhaisempi sadettamattomassa rypsissä, jolloin öljypitoisuus oli 41,2 %. Valkuaispitoisuudessa hajonta oli suuri, eikä merkitseviä eroja ollut. Suurin valkuaispitoisuus 24,2 % oli sadettamattomassa rypsissä ja pienin 20,6 % kolmesti sadetetussa rypsissä eron ollessa suuntaa antava. Puintikosteus oli pienin 22,9 % kolmesti sadetetussa rypsissä ja tätä merkitsevästi suurempi sekä K₂-käsittelyssä (27,2 %) että K₃-käsittelyssä (27,7 %).

Rapsi

Topas-rapsin siemensadossa hajonta oli suuri eivätkä erot olleet tilastollisesti merkitseviä. Paras sato saatiin toisella sadetuskäsittelyllä, jolloin sato oli 3230 kg/ha ja suuntaa antavasti parempi huonointa satoa 2430 kg/ha käsittelyssä K₁₋₃. Laadussa ei ollut merkitseviä eroja.

Herne

Proco-herneen siemensadossa oli suuri hajonta, ja pienin merkitsevä ero oli 1100 kg/ha. Suurin sato 3020 kg/ha saatiin sadettamattomasta herneestä, ja pienin sato 1240 kg/ha kolmesti sadetetusta herneestä, jolloin ero oli 1780 kg/ha ja merkitsevä. Valkuaispitoisuudet olivat suurimmat sadettamattomassa herneessä (20,1 %) ja toisessa sadetuskäsittelyssä (20,3 %). Näitä pitoisuuksia merkitsevästi pienempiä olivat kolmesti sadetun herneen pitoisuus 18,2 % ja K₁-käsittelyn herneen pitoisuus 18,5 %. Kolmesti sadetun herneen valkuaispitoisuus 18,2 % oli merkitsevästi pienempi myös K₃-käsittelyn herneen valkuaispitoisuutta 19,7 %. Puintikosteus oli suurin 30,3 % sadettamattomassa herneessä ja pienin 24,0 % K₁-käsittelyn herneessä eron ollessa suuntaa antava. Tuhanen siemenen painossa ei ollut merkitseviä eroja.

Härkäpapu

Hajonta oli suuri, eikä merkitseviä eroja ollut Mikko-härkäpavun sadoissa. Suurin sato 4710 kg/ha saatiin kolmesti sadettamalla, ja pienin sato 3950 kg/ha sadettamatta. Ero oli 760 kg/ha, joka oli alle pienimmän merkitsevän eron 1000 kg/ha. Laadussa ei ollut merkitseviä eroja.

2.4 VUOSI 1983

Kesä 1983 oli normaalia sateisempi (taul. 3, s. 20) ja lämpimämpi (taul. 4, s. 21). Sadannan vaje oli kesäkuussa vain 10 mm, eli huomattavasti alle normaalin, ja touko-heinäkuussa 45 mm, eli myös alle normaalin (taul. 5, s. 21).

Koekenttää sadetettiin seuraavasti: 1.6. 22 mm (= K_1), 14.6. 21 mm (= K_2) ja 1.7. 27 mm (= K_3).

2.4.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

Kuvista 17-20 ilmenee multakerroksen kosteustila toukokuun lopusta elokuun alkupuolelle. Maa oli kesäkuussa suhteellisen kosteata. Heinäkuun ensimmäisen viikon jälkeen multakerroksen vesipitoisuus laski alle 50 %:iin hyötykapasiteetista noin kuukauden ajaksi.

Kaksi ensimmäistä sadetusta jäivät luonnon sateiden alle, ja niiden vaikutukset maan kosteustilaan jäivät varsin pieniksi. Kolmannen, heinäkuun alussa suoritetun sadetuksen ajoitus onnistui paremmin ja sen vaikutus maan kosteustilaan kesti noin viikon. Eri viljelykasvien vaikutus maan kosteustilaan ei ollut yhtä selvä kuin edellisinä vuosina.

2.4.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

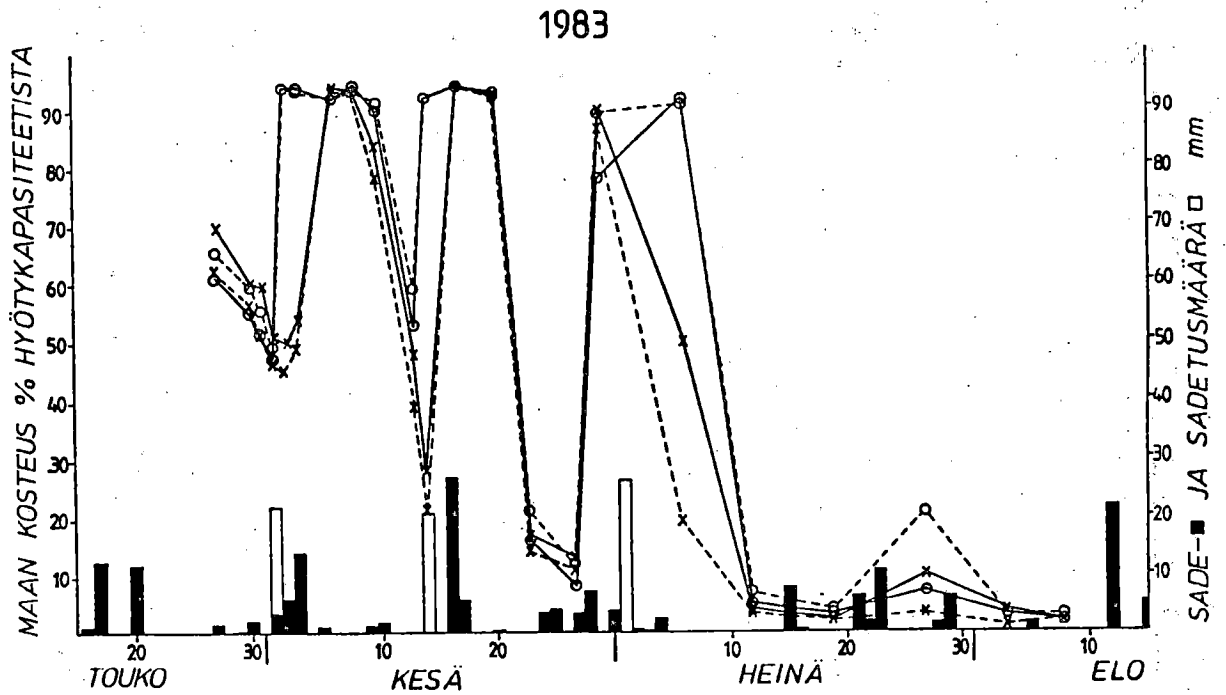
Eripiirteenä vuodesta 1983 todettakoon, että varsinkin viljasadot muodostuivat ennätysmäisen hyväksi. Satotulokset ovat taulukossa 10, s. 47.

Monitahoinen ohra

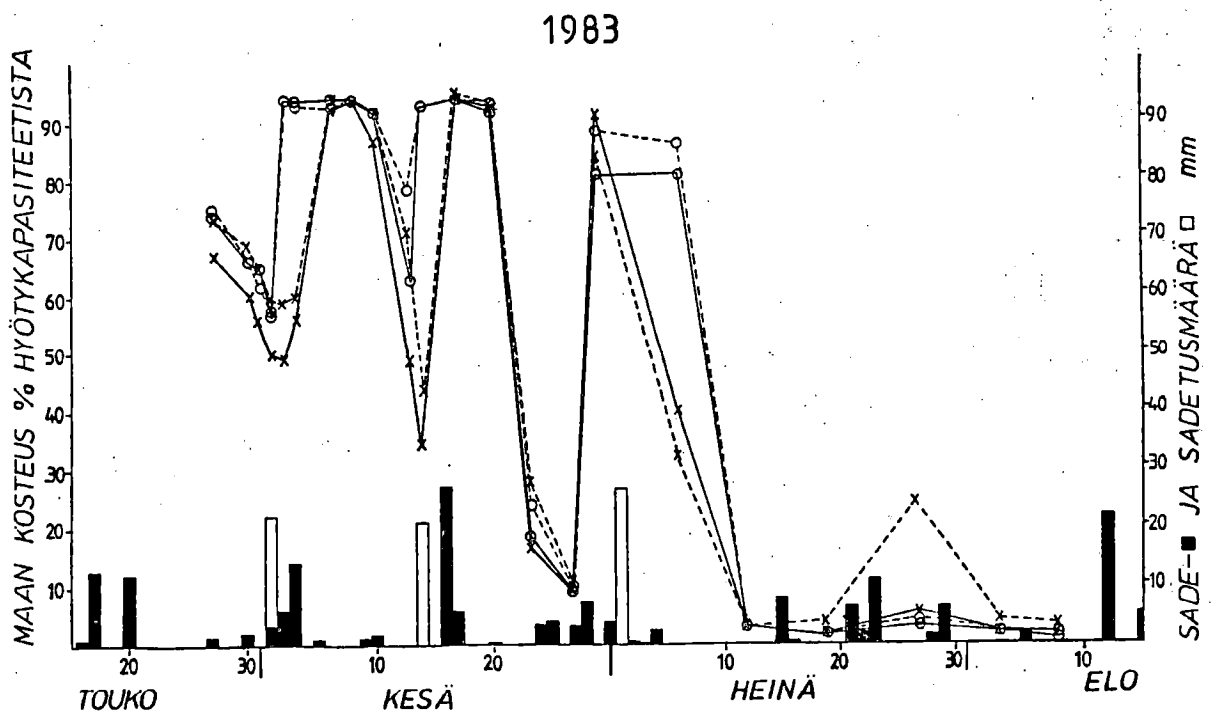
Pomo-ohran paras sato saatiin sadettamatta. K_0 -käsittelyn sato oli 8420 kg/ha, ja tätä merkitsevästi pienempi oli kolmesti sadetun ohran sato 7740 kg/ha.

Suurin hehtolitrin paino 70,8 g oli sekä K_1 - että K_{1-3} -sadetuksissa. Tätä suuntaa antavasti pienempi hehtolitrin paino saatiin K_3 -käsittelyssä (69,7 g).

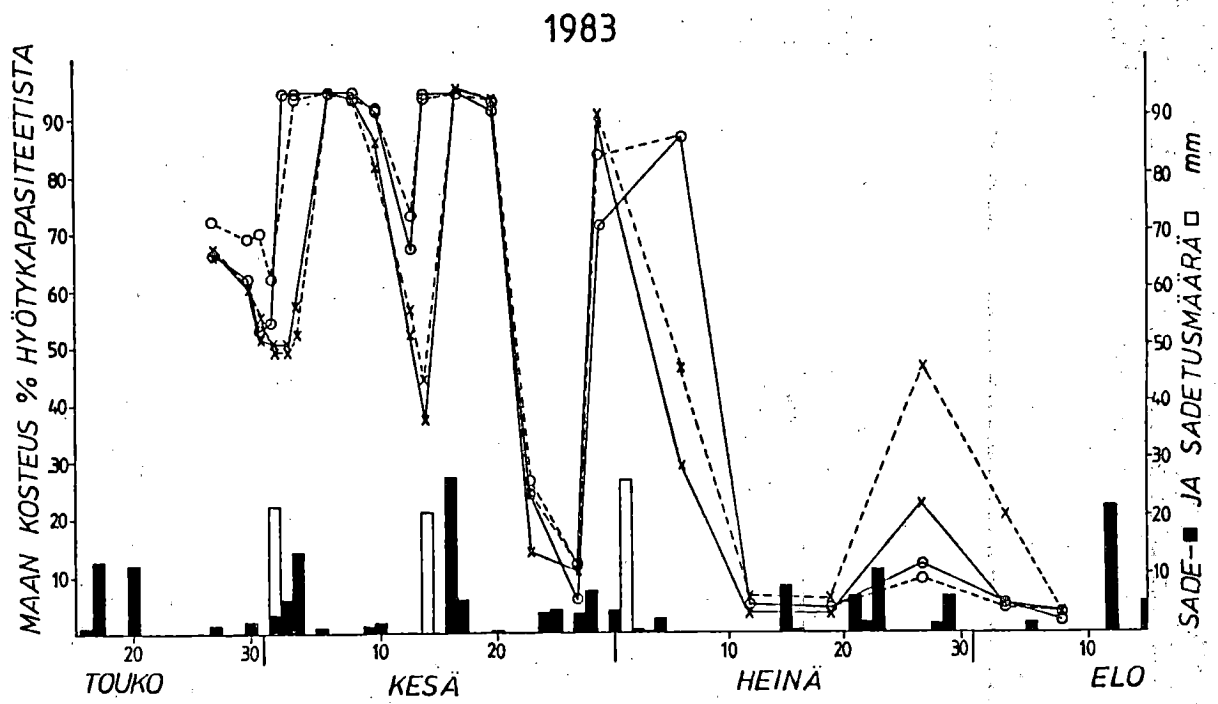
Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.



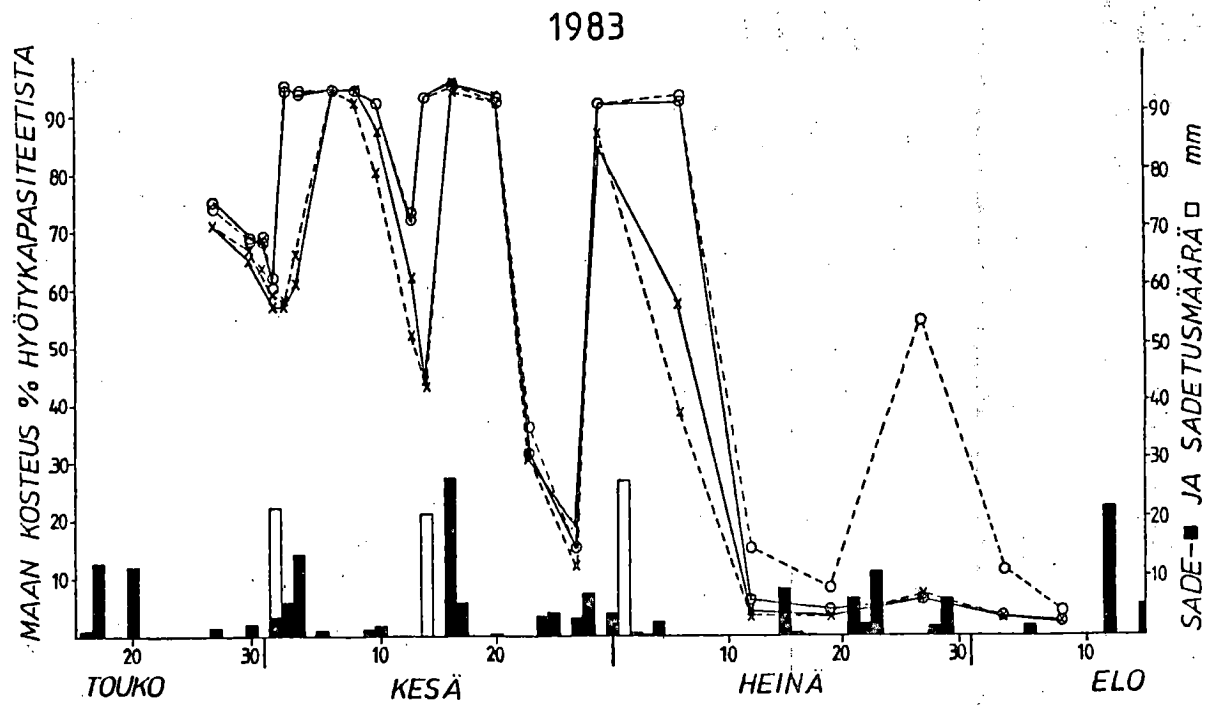
Kuva 17. Sadetettujen (K_{1-3}) monitahoisten --0-- ja kaksitahoisten —0— ohra-ruutujen sekä sadettamattomien monitahoisten --x-- ja kaksitahoisten —x— ohrruutujen kosteustila kesällä 1983. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 18. Sadetettujen (K_{1-3}) kaura- --0-- ja vehnäruutujen —0— sekä sadettamattomien kaura- --x-- ja vehnäruutujen —x— kosteustila kesällä 1983. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 19. Sadetettujen (K_{1-3}) rypsi- --0-- ja rapsiruutujen \circ sekä sadettamattomien rypsi- --x-- ja rapsiruutujen \times kosteustila kesällä 1983. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 20. Sadetettujen (K_{1-3}) herne- --0-- ja härkäpapuruutujen \circ sekä sadettamattomien herne- --x-- ja härkäpapuruutujen \times kosteustila kesällä 1983. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .

Kaksitahoinen ohra

Sadettamatta saatiin jälleen paras ohrasato. Kustaa-ohran sato oli K_0 -käsittelyssä 8950 kg/ha, joka oli merkitsevästi suurempi kuin kolmesti sadetetun kasvuston sato (8150 kg/ha).

Hehtoliträn paino oli suurin 75,8 g K_2 -sadetuksessa ja tätä merkitsevästi pienempi K_3 -käsittelyssä (74,9 g). Muissa laatutekijöissä ei ollut merkitseviä eroja.

Kaura

Paras Puhti-kaurasato 7930 kg/ha saatiin myöhäisimmällä sadetuskerralla. Pienin sato 7390 kg/ha oli käsittelyssä K_1 , ja se oli suuntaa antavasti parasta satoa heikompi.

Sadettamattoman kauran valkuaispitoisuus 14,0 % oli kaikkien muiden sadetuskäsittelyjen valkuaispitoisuuksia merkitsevästi suurempi. Muissa käsittelyissä pitoisuudet olivat 12,0 % (K_1); 12,6 % (K_2); 12,8 % (K_3) ja 12,2 % (K_{1-3}). Puintikosteus oli suurin 20,6 % myöhäisimmän sadetuskäsittelyn kaurassa. Tämä oli merkitsevästi suurempi kuin ensimmäisessä (19,0 %) ja toisessa sadetuskäsittelyssä (19,1 %). Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut merkitseviä eroja.

Vehnä

Paras Luja-vehnän sato 6130 kg/ha saatiin myöhäisimmällä sadetuskäsittelyllä. Sadettamatonta satoa 5910 kg/ha lukuunottamatta kaikki muut käsittelyt antoivat merkitsevästi huonomman sadon kuin myöhäisin sadetus. Käsittelyn K_1 sato oli 5530 kg/ha, käsittelyn K_2 5650 kg/ha ja käsittelyn K_{1-3} 5610 kg/ha.

Tuhannen jyvän paino oli suurin 36,7 g sadettamattomassa vehnässä. Tämä oli merkitsevästi suurempi kaikkia muita sadetuskäsittelyjä paitsi K_2 -käsittelyn tuhannen jyvän painoa 36,3 g, joka myös oli merkitsevästi suurempi kuin pienin K_{1-3} -käsittelyn tuhannen jyvän paino 35,1 g. Hehtoliträn painot olivat suurimmat käsittelyissä K_0 (81,8 g), K_1 (81,6 g) ja K_2 (81,9 g). Nämä olivat merkitsevästi suuremmat kuin käsittelyjen K_3 ja K_{1-3} 81,2 g. Valkuaispitoisuus oli

Taulukko 10. Vuoden 1983 koekasvien sadot läätyineen 5 kerranteen*) keskiarvoin eri sadetuskäsittelyissä sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 % riskitasolla.

	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁₋₃	HSD
1. Monitah. ohra						
Sato kg/ha	8420	8110	8170	8120	7740	640
1000 JP g	38,3	38,0	37,5	37,1	37,6	2,2
Hl-paino g	70,3	70,8	70,6	69,7	70,8	1,2
Valkuaispit. %	11,2	10,7	10,7	10,8	10,6	1,1
Puintikosteus %	24,6	24,5	24,6	25,4	24,7	2,0
2. Kaksitah. ohra						
Sato kg/ha	8950	8510	8660	8800	8150	670
1000 JP g	48,8	48,9	48,9	48,1	48,7	1,4
Hl-paino g	75,3	75,3	75,8	74,9	75,5	0,7
Valkuaispit. %	11,2	10,6	11,0	10,8	10,6	0,9
Puintikosteus %	31,5	31,4	31,5	32,7	31,9	2,7
3. Kaura						
Sato kg/ha	7850	7390	7400	7930	7560	610
1000 JP g	34,9	34,3	35,0	34,4	34,1	1,3
Hl-paino g	60,1	59,8	59,7	59,6	59,5	0,9
Valkuaispit. %	14,0	12,0	12,6	12,8	12,2	1,2
Puintikosteus %	19,4	19,0	19,1	20,6	20,2	1,5
4. Vehnä						
Sato kg/ha	5910	5530	5650	6130	5610	470
1000 JP g	36,7	35,7	36,3	35,6	35,1	1,0
Hl-paino g	81,8	81,6	81,9	81,2	81,2	0,4
Valkuaispit. %	13,3	12,2	12,4	12,6	12,1	1,2
Puintikosteus %	19,3	19,4	19,5	20,6	21,1	1,7
5. Rypsi						
Sato kg/ha	3060	2900	2920	3080	2870	410
1000 SP g	2,43	2,41	2,39	2,41	2,42	0,14
Öljypit. %	41,7	43,6	42,9	42,6	43,7	2,6
Valkuaispit. %	25,0	23,1	24,0	24,3	22,7	3,4
Puintikosteus %	14,7	13,8	14,4	14,5	14,4	1,5
6. Rapsi						
Sato kg/ha	2180	1870	1810	2180	1790	350
1000 SP g	4,14	4,19	4,39	4,15	4,26	0,51
Öljypit. %	48,3	48,9	49,0	48,2	49,8	3,1
Valkuaispit. %	25,1	24,3	23,8	24,4	23,0	4,6
Puintikosteus %	31,0	28,9	30,2	29,4	31,9	4,1
7. Herne						
Sato kg/ha	3280	2950	2580	3050	2230	940
1000 SP g	251	250	248	250	232	15
Valkuaispit. %	23,9	22,7	23,1	23,0	21,0	1,6
Puintikosteus %	48,3	42,4	51,8	49,1	47,1	10,4
8. Härkäpapu						
Sato kg/ha	3430	3100	3300	3760	3070	460
1000 SP g	208	204	209	210	201	7
Valkuaispit. %	30,3	30,3	30,2	31,1	30,4	1,6
Puintikosteus %	14,7	15,1	14,9	18,0	17,9	1,9

*) Rypsin ja rapsin sadoissa 4 kerrannetta

suurin 13,3 % sadettamattomassa vehnässä ja pienin 12,1 % kolmesti sadetetussa vehnässä. Ero oli merkitsevä. Puintikosteus oli suurin 21,1 % kolmesti sadetetussa vehnässä ja tätä merkitsevästi pienempi sekä sadettamattomassa vehnässä (19,3 %) että aikaisimmassa sadetuskäsittelyssä (19,4 %).

Rypsi

Siemensadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin Emma-rypsin sato 3080 kg/ha oli myöhäisimmässä sadetuskäsittelyssä ja pienin 2870 kg/ha kolmesti sadetetussa rypsiä. Laadussa ei ollut merkitseviä eroja.

Rapsi

Karat-rapsin sato oli paras 2180 kg/ha sekä K_0 -käsittelyssä että myöhäisimmässä sadetuksessa. Kolmesti sadetettu rapsi antoi merkitsevästi parasta satoa huonomman sadon (1790 kg/ha). Laadussa ei ollut merkitseviä eroja.

Herne

Proco-herneen sadoissa hajonta oli suuri. Paras sato 3280 kg/ha saati sadettamattomasta herneestä, ja tätä merkitsevästi pienempi sato oli kolmesti sadetetussa herneessä (2230 kg/ha).

Tuhannen siemenen paino oli alhaisin 232 g kolmesti sadetetussa herneessä, ja tämä oli merkitsevästi pienempi kuin kaikkien muiden käsittelyjen tuhannen siemenen painot: K_0 :n 251 g; K_1 :n 250 g; K_2 :n 248 g ja K_3 :n 250 g. Valkuaispitoisuus oli suurin 23,9 % sadettamattomassa herneessä ja pienin 21,0 % kolmesti sadetetussa herneessä eron ollessa merkitsevä. Pienin valkuaispitoisuus oli merkitsevästi pienempi myös muiden käsittelyjen valkuaispitoisuuksia, eli K_1 :n 22,7 %; K_2 :n 23,1 % ja K_3 :n 23,0 %. Puintikosteudessa hajonta oli suuri, eikä merkitseviä eroja ollut.

Härkäpapu

Suurin Mikko-härkäpavun sato 3760 kg/ha saavutettiin myöhäisimmällä sadetuskäsittelyllä. Tämä sato oli merkitsevästi suurempi kuin käsittelyjen K_{1-3} (3070 kg/ha), K_1 (3100 kg/ha) ja K_2 (3300 kg/ha) sadot. Tuhannen siemenen paino oli pienin 201 g käsittelyssä K_{1-3} . Sadettamattoman herneen tuhannen sieme-

nen paino 208 g oli tätä merkitsevästi suurempi, samoin käsittelyn K_2 209 g ja käsittelyn K_3 210 g. Puintikosteus oli suurin 18,0 % myöhäisimmässä sadetuk- sessa ja toiseksi suurin 17,9 % kolmesti sadetetussa härkäpavussa. Muiden kä- sittelyjen puintikosteudet olivat näitä merkitsevästi pienempiä: K_0 :n 14,7 %; K_1 :n 15,1 % ja K_2 :n 14,9 %. Valkuaispitoisuudessa ei ollut merkitseviä eroja.

2.5 VUOSI 1984

Kesä 1984 oli erittäin runsassateinen (taul. 3, s. 20). Toukokuu oli normaalia lämpimämpi, muut kasvukauden kuukaudet normaalia viileämpiä (taul. 4, s. 21). Sadannan vajausta ei ollut kesäkuussa: -19 mm. Myöskään touko-heinäkuun kokonaissadannan ja -haihduntakyvyn perusteella laskettu sadannan vajaus jäi negatiiviseksi: -25 mm.

Koekenttä sadetettiin sateiden runsaudesta johtuen vain kerran: 12.6. 23 mm. Tämä käsittely vastasi siten sekä K_1 - että K_{1-3} -käsittelyjä, ja K_0 -, K_2 - ja K_3 -ruudut jäivät sadettamatta.

2.5.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

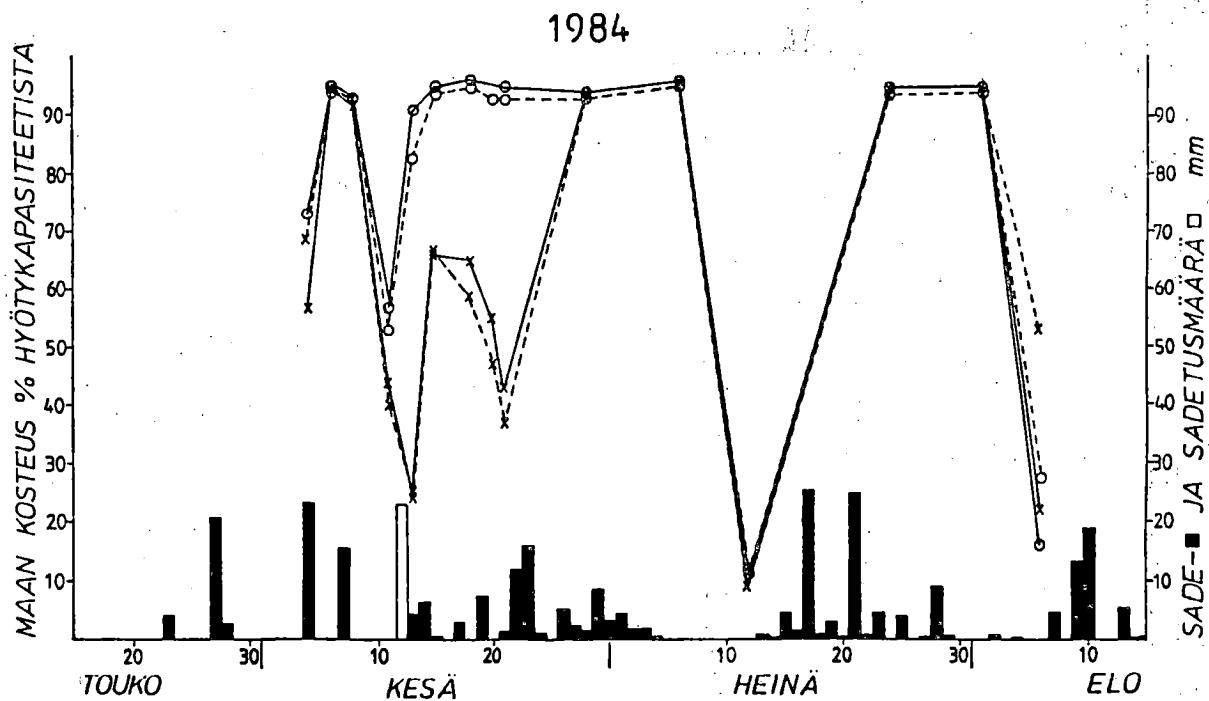
Kuvista 21-24 ilmenee multakerroksen kosteustila kesäkuun alusta elokuun alku- puolelle. Kuivinta oli heinäkuun toisella viikolla, jolloin multakerroksen kosteus laski selvästi alle 50 %:iin hyötykapasiteetista. Muulloin sateita saatiin joka viikko ja useina viikkoina lähes päivittäin, eikä maan kosteudes- ta ollut puutetta.

Kesäkuun 12. päivänä suoritettu sadetuskin jäi luonnon sateiden alle. Sateet olivat kuitenkin niin pieniä, että sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan nä- kyi selvästi noin 2 viikon ajan.

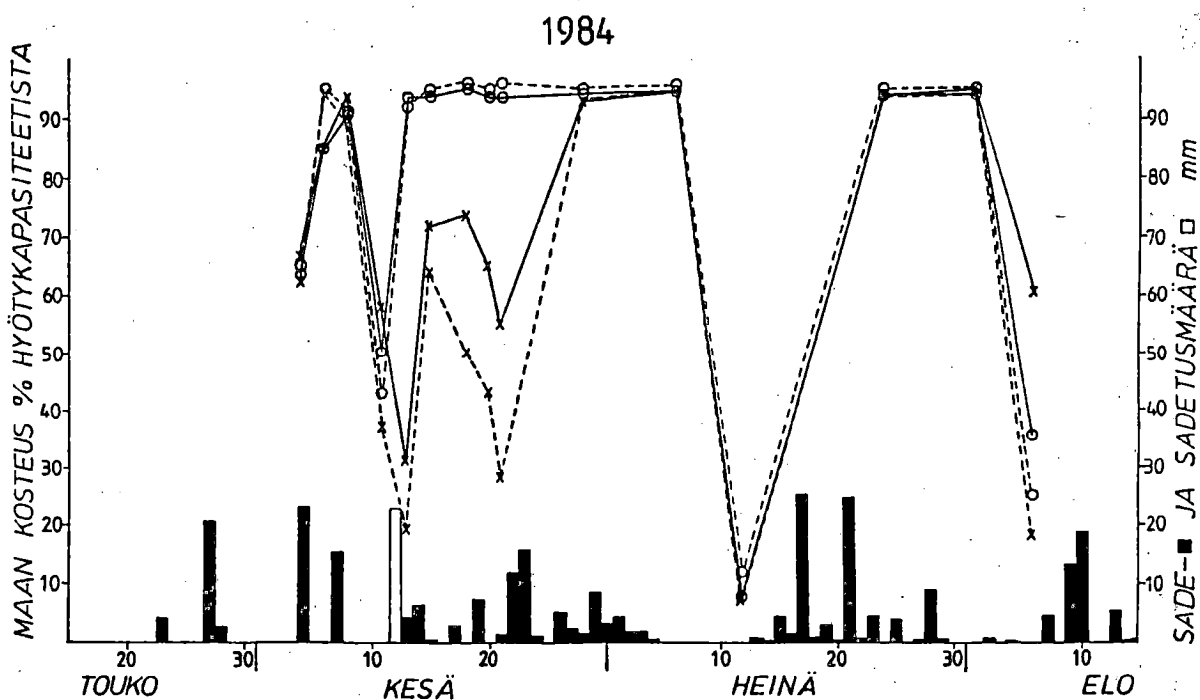
Viljelykasvien vaikutuksia maan kosteustilaan ei ole kovin helppo nähdä. Vil- jat ja öljykasvit näyttäisivät kuivattaneen maata hieman palkokasveja tehok- kaammin.

2.5.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

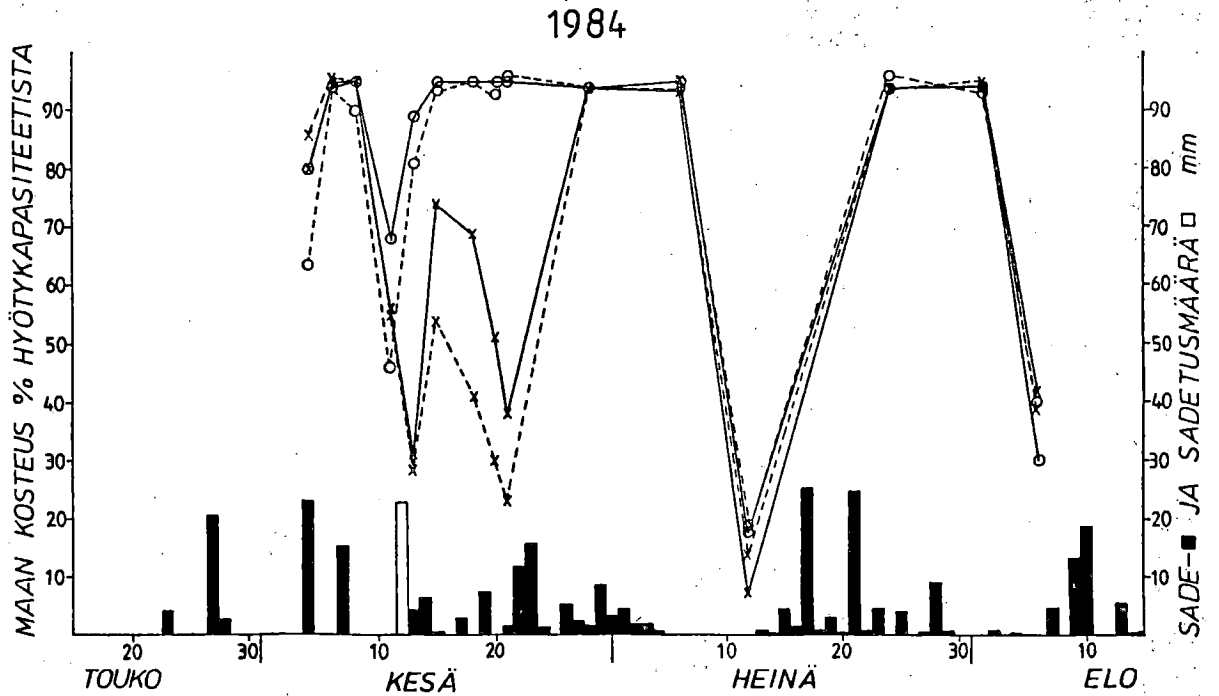
Vuoden 1984 sadot K_{1-3} -ruuduilla olivat heikompia kuin K_1 -ruuduilla, mikä viittaa mahdollisesti runsaasti sadetetun maan kasvukunnon heikentymiseen (kuva 29). Samoin viljat lakoutuivat pahasti liiallisen märkyuden seurauksena. Satotulokset ovat taulukossa 11, s. 53.



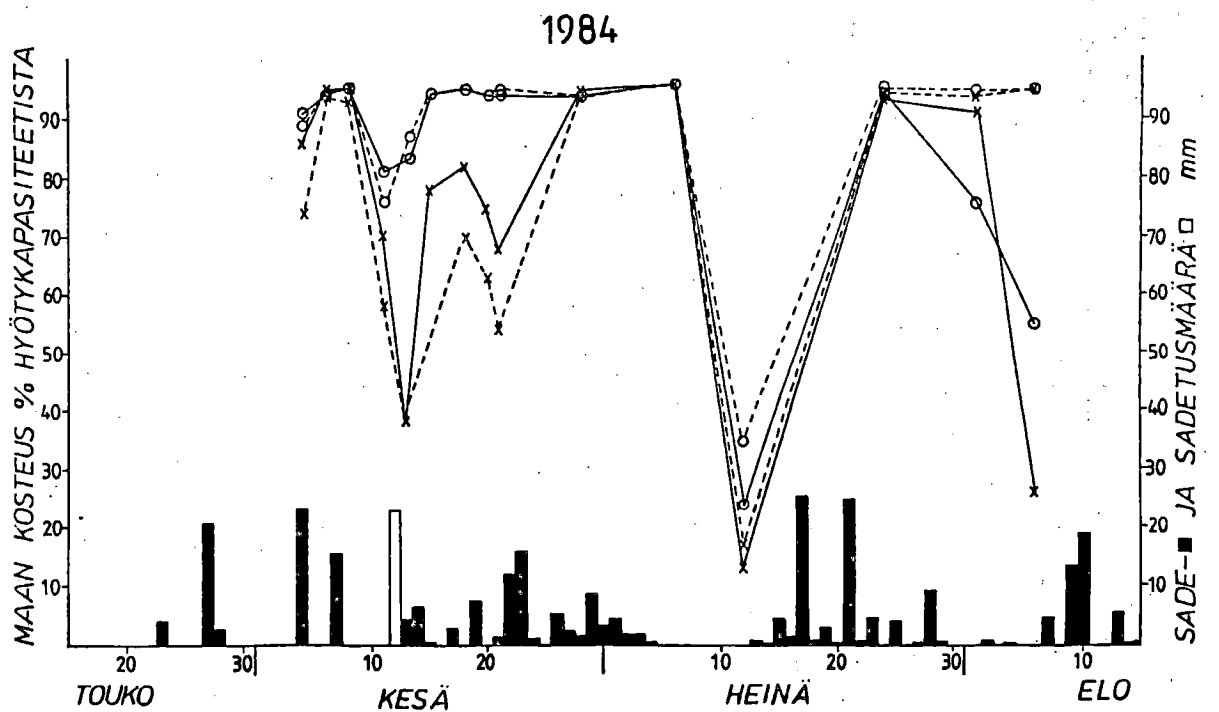
Kuva 21. Sadettettujen (K_{1-3}) monitahoisten --0-- ja kaksitahoisten —0— ohraruutujen sekä sadettamattomien monitahoisten --x-- ja kaksitahoisten —x— ohraruutujen kosteustila kesällä 1984. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 22. Sadettettujen (K_{1-3}) kaura- --0-- ja vehnäruutujen —0— sekä sadettamattomien kaura- --x-- ja vehnäruutujen —x— kosteustila kesällä 1984. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 23. Sadetettujen (K_{1-3}) rypsi- --0-- ja rapsiruutujen \bigcirc sekä sadettamattomien rypsi- --x-- ja rapsiruutujen \times kosteustila kesällä 1984. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 24. Sadetettujen (K_{1-3}) herne- --0-- ja härkäpapuruutujen \bigcirc sekä sadettamattomien herne- --x-- ja härkäpapuruutujen \times kosteustila kesällä 1984. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .

Monitahoinen ohra

Pomolla jyväsato oli suurin sadettamattomissa käsittelyissä. Pienimmät sadot olivat kyseisenä vuonna vain kertaalleen sadetetuissa K_1 - (5050 kg/ha) ja K_{1-3} -kasvustoissa (4990 kg/ha). Näitä satoja merkitsevästi suuremmat sadot olivat sadettamattomissa K_0 - (5480 kg/ha) ja K_3 -ruuduissa (5440 kg/ha). Laadussa ei ollut merkitseviä eroja.

Kaksitahoinen ohra

Myös Kustaa-ohran sadot olivat suurimmat sadettamatta. K_0 -käsittelyssä sato oli kaikista suurin 6350 kg/ha. Pienin sato saatiin K_{1-3} -ruudusta (6110 kg/ha). Sadoissa eikä laatuominaisuuksissa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Kaura

Samoin Puhti-kaura antoi suurimman sadon sadettamatta (K_3 -ruudussa 7430 kg/ha). Pienin sato saatiin sadettamalla (7220 kg/ha sadetetuissa K_1 - ja K_{1-3} -ruuduissa). Sadoissa eikä laatuominaisuuksissa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Vehnä

Suurin Luja-vehnäsato 4800 kg/ha oli sadetetussa K_1 -ruudussa ja pienin sato 4480 kg/ha toisessa kyseisenä vuonna kertaalleen sadetetussa K_{1-3} -ruudussa. Sadoissa eikä laadussa ollut merkitseviä eroja.

Rypsi

Sadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin Emma-rypsisato 3100 kg/ha oli sadettamattomassa K_0 -kasvustossa ja pienin 2880 kg/ha kertaalleen sadetetussa K_{1-3} -ruudussa.

Öljypitoisuus oli suurin 46,1 % K_2 -käsittelyssä, joka kyseisenä vuonna vastasi sadettamatonta kasvustoa, ja pienin 44,5 % toisessa sadettamattomassa kasvustossa K_0 . Ero oli suuntaa antava. Laatutekijöissä ei ollut merkitseviä eroja.

Taulukko 11. Vuoden 1984 koekasvien sadot laatuineen 5 kerranteen*) keskiarvoin eri sadetuskäsittelyissä sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 % riskitasolla. Sadetettiin vain kerran, joten K_2 ja $K_3 = K_0$ ja $K_{1-3} = K_1$.

	K_0	K_1	K_2	K_3	K_{1-3}	HSD
1. Monitah. ohra						
Sato kg/ha	5480	5050	5300	5440	4990	390
1000 JP g	30,4	29,7	29,9	30,0	29,6	1,3
Hl-paino g	59,7	59,8	59,5	60,0	59,9	1,3
Valkuaispit. %	13,8	13,7	13,6	13,9	13,8	1,2
Puintikosteus %	32,6	32,7	32,8	32,3	32,9	2,4
2. Kaksitah. ohra						
Sato kg/ha	6350	6150	6170	6360	6110	550
1000 JP g	34,4	34,3	34,9	35,0	33,2	2,5
Hl-paino g	66,6	66,6	67,2	67,2	66,3	1,4
Valkuaispit. %	12,0	11,6	11,5	11,7	11,7	0,7
Puintikosteus %	27,3	28,2	27,5	27,9	28,4	3,4
3. Kaura						
Sato kg/ha	7390	7220	7360	7430	7220	420
1000 JP g	32,1	32,7	32,8	33,0	32,4	1,3
Hl-paino g	54,4	54,9	54,3	54,2	55,5	1,6
Valkuaispit. %	12,6	12,1	12,4	12,0	11,7	1,1
Puintikosteus %	29,7	30,6	29,9	29,4	29,7	1,6
4. Vehnä						
Sato kg/ha	4760	4800	4540	4660	4480	640
1000 JP g	28,0	27,6	27,6	27,8	27,8	1,5
Hl-paino g	64,3	64,8	65,0	65,2	65,0	1,9
Valkuaispit. %	14,2	13,9	14,2	14,1	13,8	0,7
Puintikosteus %	45,0	44,2	44,0	43,0	44,6	2,3
5. Rypsi						
Sato kg/ha	3100	3010	3040	2990	2880	450
1000 SP g	2,65	2,58	2,60	2,61	2,62	0,10
Öljypit. %	44,5	45,2	46,1	45,2	46,0	1,8
Valkuaispit. %	22,7	22,6	22,3	22,4	22,0	0,7
Puintikosteus %	18,2	18,7	17,8	18,5	17,5	2,0
6. Rapsi						
Sato kg/ha	2740	2740	2690	2670	2400	600
1000 SP g	3,00	3,04	3,10	3,06	3,13	0,18
Öljypit. %	44,5	45,9	45,8	45,6	46,9	2,0
Valkuaispit. %	23,2	22,9	23,0	23,3	22,7	0,8
Puintikosteus %	32,4	32,2	32,0	31,6	30,6	1,9
7. Herne						
Sato kg/ha	1850	1800	1980	1550	2000	910
1000 SP g	167	162	168	163	165	16
Valkuaispit. %	20,5	18,4	19,3	19,6	19,0	2,6
Puintikosteus %	44,2	39,9	42,3	43,0	42,5	8,9
8. Härkäpapu						
Sato kg/ha	2220	2370	1980	2340	2250	790
1000 SP g	168	173	166	171	170	18
Valkuaispit. %	31,3	31,0	30,9	31,2	30,8	0,9
Puintikosteus %	51,5	52,2	51,4	49,5	51,0	5,3

*) Rypsin ja rapsin sadoissa 4 kerrannetta

Rapsi

Karat-rapsin sadoissa ei ollut merkitseviä eroja. Suurin sato 2740 kg/ha oli sekä sadettamattomassa K_0 -kasvustossa että kerran sadetetussa K_1 -ruudussa. Pienin sato oli 2400 kg/ha K_{1-3} -kasvustossa, joka vastasi K_1 -käsittelyä.

Öljypitoisuus oli suurin sadetetuissa rypseissä, K_1 -ruudussa 45,9 % ja K_{1-3} -ruudussa 46,9 %. Öljypitoisuutta 46,9 % merkitsevästi pienempi oli K_0 -kasvuston öljypitoisuus 44,5 %. Puintikosteus oli suurin 32,4 % sadettamattomassa K_0 -rapsissa ja pienin 30,6 % kyseisenä vuonna K_1 -käsittelyä vastaavassa K_{1-3} -rapsissa eron ollessa suuntaa antava.

Herne

Proco-herneen sadoissa eikä laadussa ollut merkitseviä eroja. Suurin sato 2000 kg/ha oli K_1 -käsittelyä vastaavassa K_{1-3} -herneessä ja pienin sato 1550 kg/ha sadettamattomassa K_3 -herneessä.

Härkäpapu

Myöskään Mikko-härkäpavun sadoissa eikä laadussa ollut merkitseviä eroja. Suurin sato 2370 kg/ha oli kerran sadetetussa K_1 -härkäpavussa ja pienin sato 1980 kg/ha kyseisenä vuonna sadettamattomassa K_2 -härkäpavussa.

2.6 VUOSI 1985

Keskikesä 1985 oli normaalia kuivempi, kun taas touko- ja elokuu olivat tavallista sateisemmat. Kesäkuun sadannan vajaus oli 58 mm eli lähes normaali 62 mm, ja touko-heinäkuun sadannan vajaus 172 mm oli pitkän ajanjakson keskiarvoa 122 mm selvästi suurempi (taul. 3, s. 20). Touko- ja kesäkuu olivat normaalia viileämmät, ja elokuu tavallista lämpimämpi.

Koekenttä sadetettiin kolmasti, mutta myöhään: 25.6. 19 mm (= K_1), 2.7. 26 mm (= K_2) ja 9.7. 26 mm (= K_3).

2.6.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

Kuvat 25-28 osoittavat multakerroksen kosteustilaa kesäkuun alkupuolelta elokuun puoliväliin. Multakerroksen vesipitoisuus laski alle 50 %:iin hyötykapasiteetista vasta kesäkuun viimeisellä viikolla, mutta sen jälkeen maa säilyikin melko kuivana koko jäljellä olevan mittausjakson eli noin 1,5 kk ajan.

Kunkin sadetuksen edullinen vaikutus maan kosteustilaan kesti noin viikon, jonka jälkeen multakerros näytti jälleen liian kuivalta. Maan kosteustilan mittausten perusteella vaikuttaisi siltä, että kasvit kykenivät hyödyntämään kaikki kolme sadetuskertaa. Sadetettu maa oli vielä elokuussakin kosteampaa kuin sadettamaton.

Ensimmäisen sadetuksen aikaan 25.6. viljamaat olivat selvästi kuivempia kuin öljykasvi- ja palkokasvimaat, eikä sadetus kostuttanut viljamaata riittävästi. Viljan kannalta ensimmäinen sadetus tehtiin todennäköisesti vähän liian myöhään ja vähän liian pienellä, 19 mm, vesimäärällä. Viimeisen, 9.7. tehdyn sadetuksen näyttäisi hyvään kasvuvauhtiin päässyt härkäpapu käyttäneen hyväkseen muita kasveja tehokkaammin.

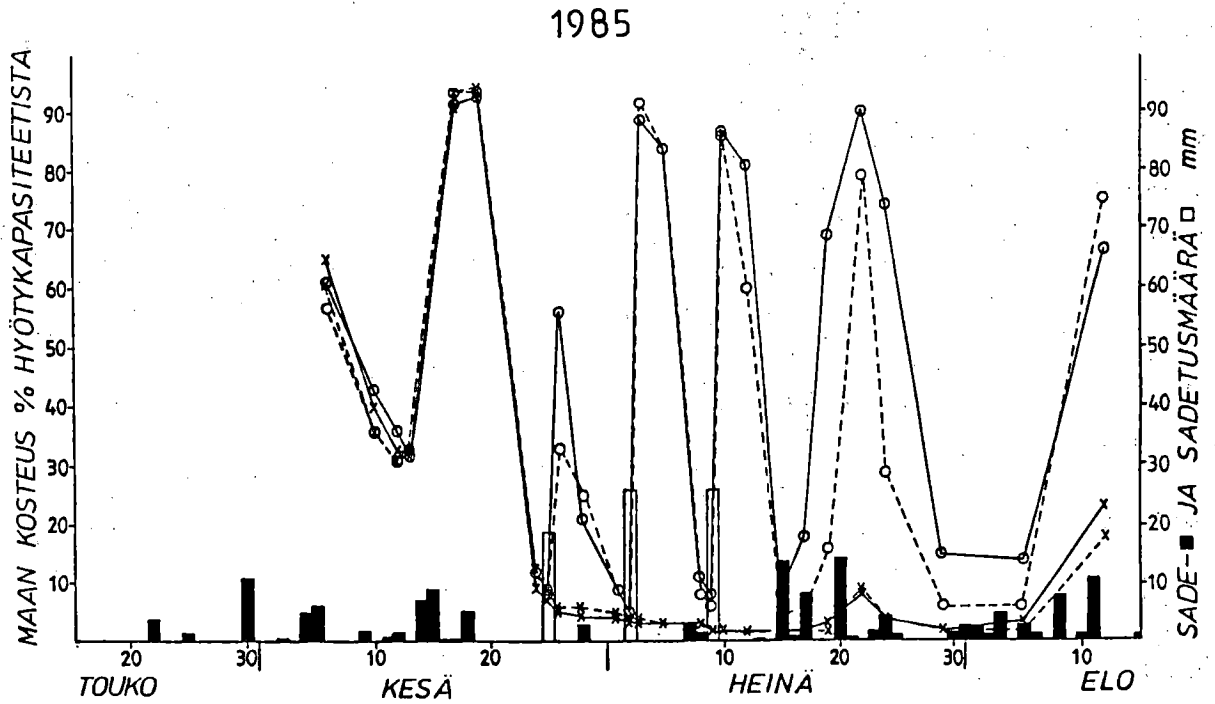
2.6.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

Kasvukausi 1985 oli kuivin kaikista koevuosista, ja sadetus satotason kohottajana ilmeni kokeen aikana varsinaisesti ensi kerran. Satotulokset on koottu taulukkoon 12, s. 59.

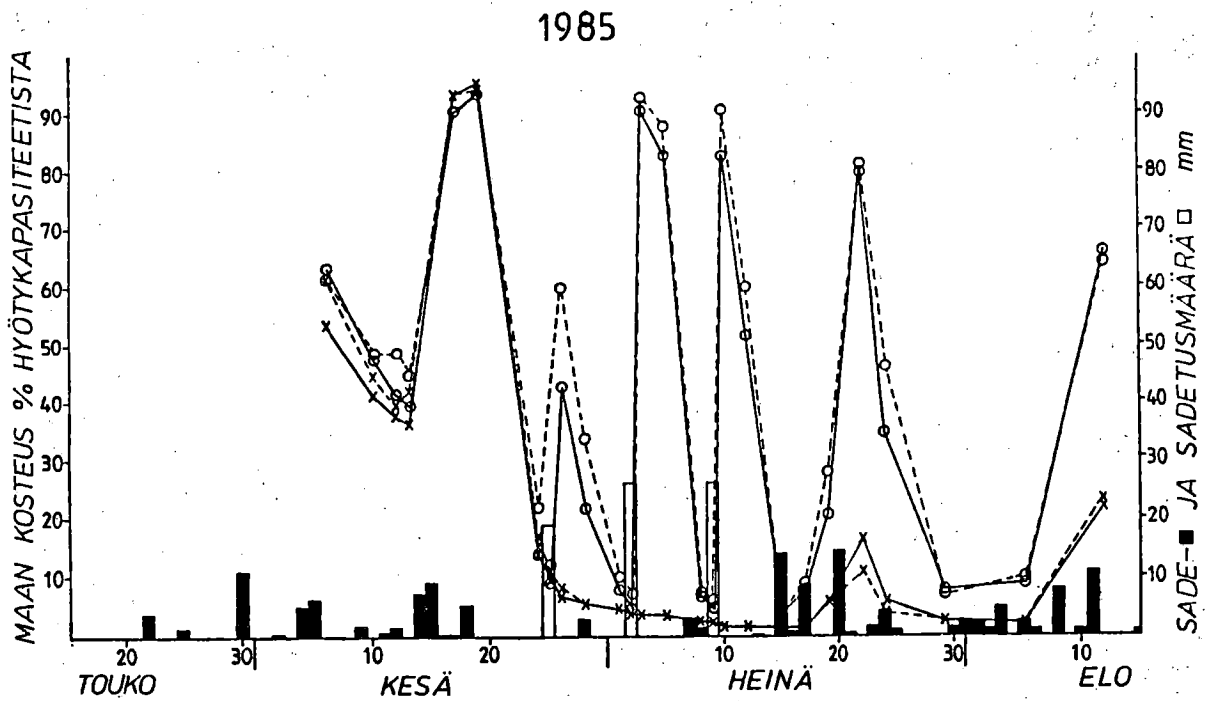
Monitahoinen ohra

Arra-ohran sadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Ensimmäisen ja toisen sadetuskäsittelyn sadot olivat parempia kuin muut sadot. Käsittelyn K_2 sato 6310 kg/ha oli suuntaa antavasti parempi kuin käsittelyn K_{1-3} sato 5930 kg/ha.

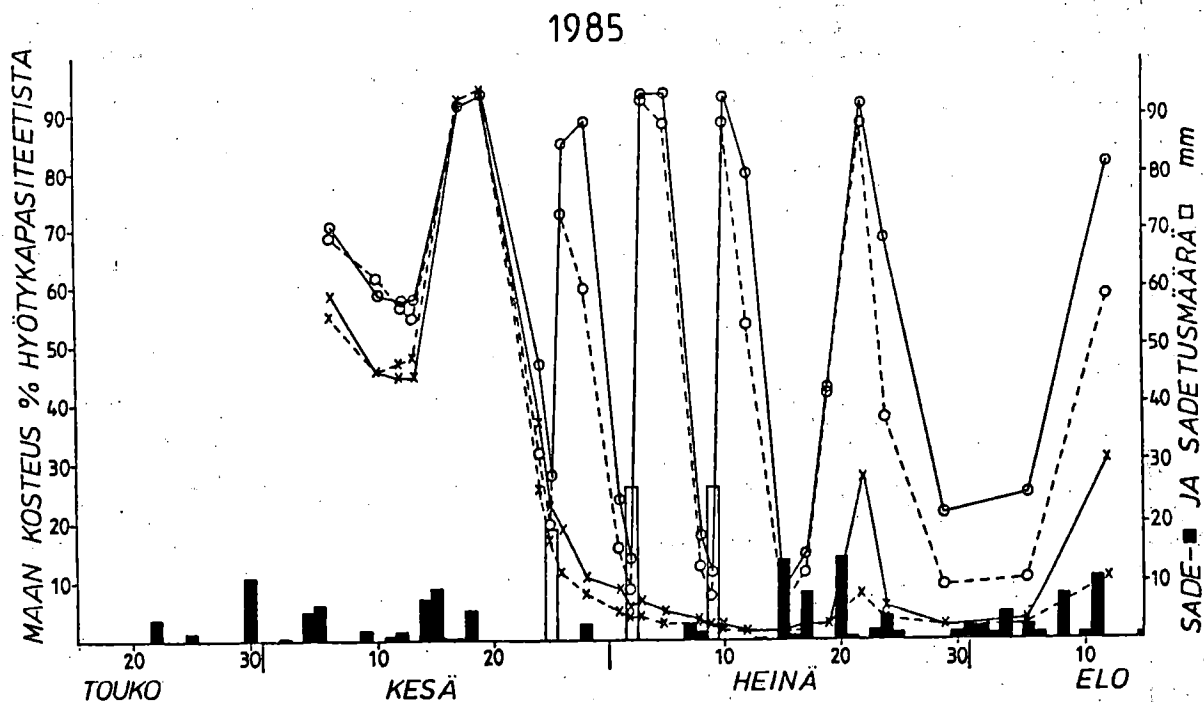
Tuhannen jyvän painossa käsittelyn K_2 jyvien paino 40,3 g oli merkitsevästi suurempi kuin kolmesti sadetetun ohran jyvien paino 37,9 g. Hehtoliträn paino oli suurin 68,0 g sadettamattomassa ohrassa ja pienin 65,5 g kolmesti sadetussa ohrassa eron ollessa merkitsevä. Valkuaispitoisuus oli suurin 14,2 % sa-



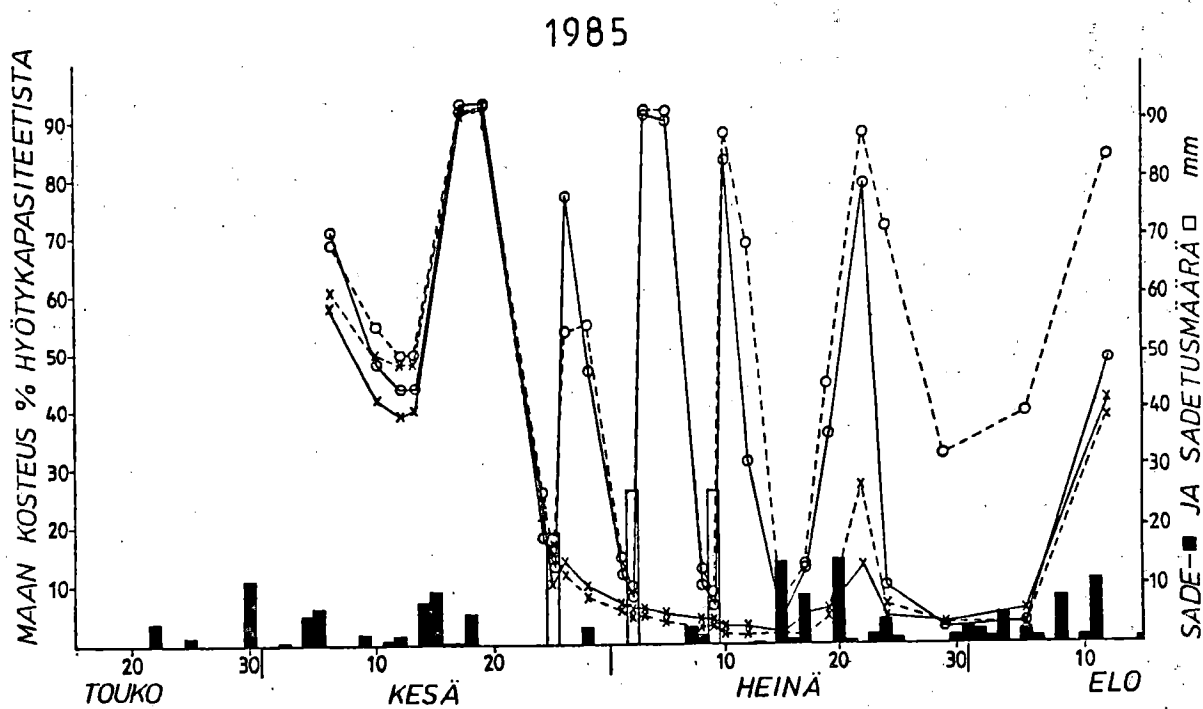
Kuva 25. Sadetettujen (K_{1-3}) monitahoisten --0-- ja kaksitahoisten \ominus ohra-ruutujen sekä sadettamattomien monitahoisten --x-- ja kaksitahoisten \times ohra-ruutujen kosteustila kesällä 1985. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 26. Sadetettujen (K_{1-3}) kaura- --0-- ja vehnäruutujen \ominus sekä sadettamattomien kaura- --x-- ja vehnäruutujen \times kosteustila kesällä 1985. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 27. Sadetettujen (K_{1-3}) rypsi- ---0--- ja rapsiruutujen —0— sekä sadettamattomien rypsi- ---x--- ja rapsiruutujen —x— kosteustila kesällä 1985. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .



Kuva 28. Sadetettujen (K_{1-3}) herne- ---0--- ja härkäpapuruutujen —0— sekä sadettamattomien herne- ---x--- ja härkäpapuruutujen —x— kosteustila kesällä 1985. Pylväät esittävät sade- ■ ja sadetusmääriä □ .

dettamattomassa ohrassa ja pienin 13,3 % ensimmäisessä sadetuskäsittelyssä eron ollessa suuntaa antava. Puintikosteus oli korkein 33,9 % kolmesti sadetussa ohrassa ja tätä merkitsevästi pienempi käsittelyissä K_0 (31,0 %), K_1 (31,9 %) ja K_3 (32,3 %).

Kaksitahoinen ohra

Kustaan sato oli korkein kolmesti sadettaen, ja käsittelyn K_{1-3} sato oli 6380 kg/ha. Myös sadot käsittelyissä K_1 (6220 kg/ha) ja K_2 (6230 kg/ha) olivat hyviä ja merkitsevästi suurempia kuin sadettamaton sato 5620 kg/ha.

Tuhannen jyvän painot oli merkitsevästi käsittelyjen K_3 ja K_{1-3} tuhannen jyvän painoja suurempia käsittelyissä K_0 (45,1 g), K_1 (45,8 g) ja K_2 (44,5 g). Käsittelyjen K_3 ja K_{1-3} painot olivat vastaavasti 41,9 g ja 40,1 g. Hehtoliträn paino oli pienin 68,9 g käsittelyssä K_{1-3} , ja tätä merkitsevästi suurempi käsittelyissä K_0 (70,6 g), K_1 (71,3 g) ja K_2 (70,8 g). Valkuaispitoisuus oli suurin 12,9 % sadettamattomassa ohrassa ja tätä merkitsevästi pienempi kolmesti sadetussa ohrassa pitoisuuden ollessa 11,9 %. Puintikosteus oli pienin 36,3 % sadettamattomassa ohrassa. Tätä merkitsevästi suurempi puintikosteus oli käsittelyssä K_3 (38,4 %) ja käsittelyssä K_{1-3} (38,0 %).

Kaura

Paras sato Puhti-kaurasta saatiin kolmesti sadettamalla ja käsittelyn K_{1-3} sato oli 6610 kg/ha. Myös käsittelyn K_1 sato oli korkea 6490 kg/ha ja yhdessä parhaan sadon kanssa merkitsevästi parempi kuin sadettamattoman kauran sato 5810 kg/ha.

Hehtoliträn painot olivat pienimpiä myöhäisessä sadetuksessa K_3 (53,1 g) ja kolmesti sadettaen K_{1-3} (52,6 g). Näitä hehtoliträn painoja merkitsevästi suurempi oli K_2 -käsittelyn 55,3 g. Valkuaispitoisuus oli suurin 14,1 % sadettamattomassa kaurassa. Käsittelyn K_1 12,8 %, käsittelyn K_3 12,9 % ja käsittelyn K_{1-3} 12,7 % olivat merkitsevästi pienempiä kuin sadettamattoman kauran valkuaispitoisuus. Puintikosteus oli suurin 30,9 % kolmesti sadetussa kaurassa ja tätä merkitsevästi pienempi sekä käsittelyssä K_1 (27,3 %) että käsittelyssä K_2 (27,6 %). Tuhannen jyvän painossa ei ollut merkitseviä eroja.

Taulukko 12. Vuoden 1985 koekasvien sadot laatuineen 5 kerranteen*) keskiarvo-
voin eri sadetuskäsittelyissä sekä pienin merkitsevä ero Tukeyn HSD:nä 5 %
riskitasolla.

	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁₋₃	HSD
1. Monitah. ohra						
Sato kg/ha	5960	6300	6310	5960	5930	520
1000 JP g	39,7	39,3	40,3	38,8	37,9	2,2
Hl-paino g	68,0	67,4	67,0	67,0	65,5	1,7
Valkuaispit. %	14,2	13,3	13,5	13,7	13,5	1,0
Puintikosteus %	31,0	31,9	32,6	32,3	33,9	1,6
2. Kaksitah. ohra						
Sato kg/ha	5620	6220	6230	5910	6380	550
1000 JP g	45,1	45,8	44,5	41,9	40,1	2,6
Hl-paino g	70,6	71,3	70,8	70,0	68,9	1,4
Valkuaispit. %	12,9	12,4	12,1	12,1	11,9	0,6
Puintikosteus %	36,3	37,5	37,4	38,4	38,0	1,7
3. Kaura						
Sato kg/ha	5810	6490	6290	6170	6610	510
1000 JP g	30,9	31,4	32,4	30,4	31,0	2,2
Hl-paino g	53,8	54,4	55,3	53,1	52,6	2,0
Valkuaispit. %	14,1	12,8	13,4	12,9	12,7	0,8
Puintikosteus %	28,8	27,3	27,6	29,2	30,9	3,3
4. Vehnä						
Sato kg/ha	4500	5070	4920	4820	5000	300
1000 JP g	34,9	31,9	32,0	31,9	27,7	3,2
Hl-paino g	79,4	77,8	78,3	77,8	74,8	1,8
Valkuaispit. %	14,6	13,9	14,0	14,2	14,0	0,8
Puintikosteus %	28,6	31,4	27,7	28,4	30,6	3,9
5. Rypsi						
Sato kg/ha	2910	2760	2630	2720	2520	420
1000 SP g	2,43	2,35	2,35	2,38	2,33	0,21
Öljypit. %	41,9	43,8	42,2	42,1	41,9	2,0
Valkuaispit. %	24,4	22,7	23,9	23,9	23,7	1,3
Puintikosteus %	21,4	20,6	21,9	22,1	24,1	2,2
6. Rapsi						
Sato kg/ha	1920	1500	1470	1690	1380	770
1000 SP g	3,20	3,32	3,27	3,16	3,15	0,34
Öljypit. %	44,9	45,6	44,9	44,5	46,0	1,6
Valkuaispit. %	23,7	23,4	24,1	23,7	22,8	1,9
Puintikosteus %	33,4	31,7	32,1	30,7	30,3	6,4
7. Herne						
Sato kg/ha	2340	2630	2440	2400	2230	470
1000 SP g	212	211	197	187	186	14
Valkuaispit. %	21,7	22,1	21,5	21,6	20,6	1,2
Puintikosteus %	36,6	38,3	39,8	39,5	44,5	6,1
Keitto (1 h) peh- meitä %	99,8	99,9	99,9	99,9	100	0,4
8. Härkäpapu						
Sato kg/ha	4140	4960	4830	4620	5140	600
1000 SP g	214	214	213	214	214	12
Valkuaispit. %	32,3	33,3	33,5	33,5	33,4	0,9
Puintikosteus %	28,0	29,4	30,4	32,2	36,5	4,1

*) Rypsin ja rapsin sadoissa 4 kerrannetta

Vehnä

Luja-vehnän jyväsato nousi kaikilla sadetuskäsittelyillä merkitsevästi sadettamatonta satoa 4500 kg/ha paremmaksi. Paras sato 5070 kg/ha saatiin K_1 -käsittelyllä. Kolmesti sadettaen saatiin sadoksi 5000 kg/ha, K_2 -käsittelyllä 4920 kg/ha ja K_3 -käsittelyllä 4820 kg/ha.

Tuhannen jyvän paino oli pienin 27,7 g kolmesti sadetetussa vehnässä. Kaikkien muiden käsittelyjen tuhannen siemenen painot olivat merkitsevästi tätä suurempia: K_0 :n 34,9 g, K_1 :n 31,9 g, K_2 :n 32,0 g ja K_3 :n 31,9 g. Hehtoliträn paino oli pienin 74,8 g kolmesti sadetetussa vehnässä. Kaikkien muiden käsittelyjen hehtoliträn painot olivat merkitsevästi tätä suurempia: K_0 :n 79,4 g, K_1 :n 77,8 g, K_2 :n 78,3 g ja K_3 :n 77,8 g. Valkuaispitoisuus oli suurin 14,6 % sadettamattomassa vehnässä. K_1 -käsittelyn valkuaispitoisuus 13,9 % oli suuntaa antavasti tätä pienempi. Puintikosteus oli korkein 31,4 % aikaisimmassa sadetuskäsittelyssä, ja tätä suuntaa antavasti pienempi kosteus oli K_2 -käsittelyssä (27,7 %).

Rypsi

Korkein Emma-rypsisato 2910 kg/ha saatiin sadettamatta. Pienin sato 2520 kg/ha tuli kolmesti sadettaen. Ero oli suuntaa antava.

Öljypitoisuus oli suurin 43,8 % aikaisimmassa sadetuskäsittelyssä. Pienin öljypitoisuus 41,9 % oli sekä sadettamattomassa rypsisssä että kolmesti sadetetussa rypsisssä. Erot suurimpaan öljypitoisuuteen verrattuna olivat suuntaa antavia. Valkuaispitoisuus oli suurin 24,4 % sadettamattomassa rypsisssä ja pienin 22,7 % ensimmäisessä sadetuskäsittelyssä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä. Puintikosteus oli suurin 24,1 % kolmesti sadetetussa rypsisssä. Tätä merkitsevästi pienemmät puintikosteudet olivat käsittelyissä K_0 (21,4 %), K_1 (20,6 %) ja K_2 (21,9 %).

Rapsi

Rapsin siemensadoissa hajonta oli suuri ja erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Suurin Karat-rapsisato 1920 kg/ha oli sadettamattomassa ruudussa ja pienin 1380 kg/ha kolmesti sadetetussa kasvustossa. Öljypitoisuus oli suu-

rin 46,0 % kolmesti sadetetussa rapsissa ja tätä suuntaa antavasti pienempi myöhäisimmässä sadetuskäsittelyssä, jolloin pitoisuus oli 44,5 %. Muissa laatuominaisuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Herne

Siemensadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Suurin Proco-herne-sato 2630 kg/ha saatiin ensimmäisellä sadetuksella K_1 ja pienin sato 2230 kg/ha kolmesti sadettaen.

Tuhannen siemenen paino oli suurin 212 g käsittelyssä K_0 ja toiseksi suurin 211 g käsittelyssä K_1 . Nämä olivat merkitsevästi suurempia kuin käsittelyn K_2 197 g, käsittelyn K_3 187 g ja käsittelyn K_{1-3} 186 g. Suurin valkuaispitoisuus 22,1 % oli ensimmäisen sadetuskäsittelyn herneessä. Tätä merkitsevästi pienempi oli kolmesti sadetetun herneen valkuaispitoisuus 20,6 %. Puintikosteus oli suurin 44,5 % kolmesti sadetetussa herneessä. Tätä merkitsevästi pienempi puintikosteus oli sadettamattomassa herneessä kosteuden ollessa 36,6 % ja K_1 -herneessä kosteuden ollessa 38,3 %. Keittolaadussa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Härkäpapu

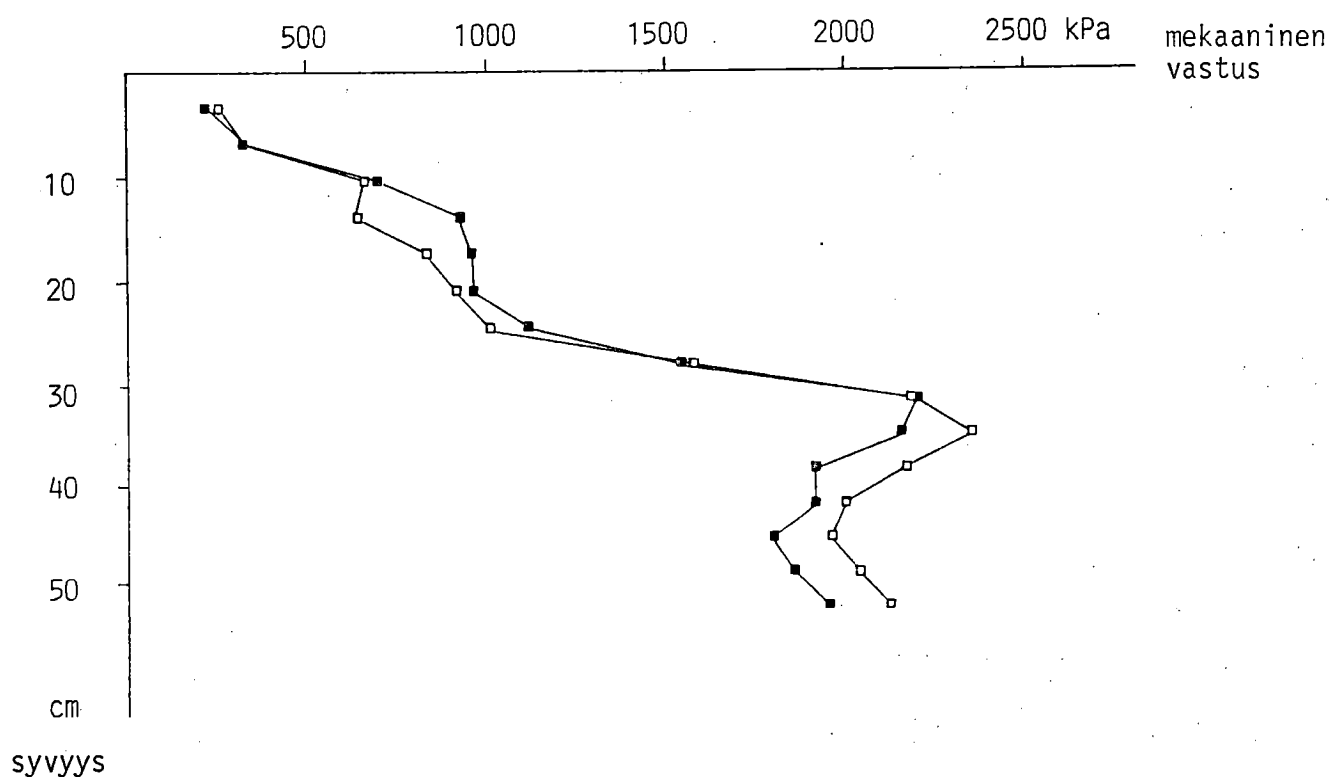
Mikko-härkäpavun heikoin sato 4140 kg/ha saatiin sadettamattomasta kasvustosta. Suurin sato 5140 kg/ha oli kolmesti sadetetussa härkäpavussa, toiseksi suurin sato 4960 kg/ha K_1 -härkäpavussa ja kolmanneksi suurin sato 4830 kg/ha K_2 -härkäpavussa. Kaikki nämä kolme satoa olivat merkitsevästi suurempia kuin heikoin sato käsittelyssä K_0 .

Valkuaispitoisuus nousi sadettaen. Pienin valkuaispitoisuus 32,3 % oli sadettamattomassa K_0 -käsittelyssä ja kaikkien muiden käsittelyjen pitoisuudet olivat tätä merkitsevästi suurempia; K_1 :n 33,3 %, K_2 :n 33,5 %, K_3 :n 33,5 % ja K_{1-3} :n 33,4 %. Samoin puintikosteus nousi sadettaen. Suurin puintikosteus 36,5 % oli kolmesti sadetetussa härkäpavussa. Tätä merkitsevästi pienempiä olivat puintikosteudet kaikissa muissa käsittelyissä; K_0 :n 28,0 %, K_1 :n 29,4 %, K_2 :n 30,4 % ja K_3 :n 32,2 %. Myös K_0 :n 28,0 % ja K_3 :n 32,2 % välinen ero oli merkitsevä. Tuhannen siemenen paino oli erittäin tasainen eri käsittelyissä, eikä merkitseviä eroja ollut.

2.7 Monivuotisen sadetuksen vaikutus maan mekaaniseen vastukseen

Kuvassa 29 on esitetty K_0 - ja K_3 -sadetusympyröiden mekaaninen vastus 3,5 cm:n välein 52,5 cm:iin asti syksyllä 1985. Mekaaniset vastukset on laskettu I-IV-kerranteita edustavien mediaanien keskiarvona.

Monivuotinen kastelu näyttäisi hieman lisänneen maan mekaanista vastusta kynökerroksen alaosassa. Ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevää. Kynökerroksen alapuolella 30-50 cm syvyydessä kasteltu maa vaikuttaisi päinvas-toin pehmeämmältä kuin kastelematon. Tämäkään ero ei suuresta hajonnasta joh-tuen ole tilastollisesti merkitsevää. Tämän suuntainen tulos voisi johtua sii-tä, että kastellun maan jankkeros oli syksyllä mittausaikaan kosteampaa kuin kastelemattoman maan jankko, jota syysateet eivät kuivan kesän jälkeen olleet täysin ehtineet kostuttaa kenttäkapasiteettiin.



Kuva 29. Maan mekaaninen vastus kolmesti sadetetuilla ruuduilla —■— sekä sadettamattomilla ruuduilla —□— syksyllä 1985.

3. TULOSTEN TARKASTELU

3.1 Sadetuksen vaikutus maan kosteustilaan

Sadetuskäsittelyjen jälkeen saatiin usein välittömästi runsaita sateita, ja sadannan vajuus oli kaikkina muina koevuosina paitsi vuonna 1985 alle normaalin touko-heinäkuussa. Lisäksi koekenttä oli maalajiltaan multavaa hiuesavea, eikä maa ollut erityisen poudanarka. Kipsiblokeilla mitattu maan kosteustila olikin varsin korkea kaikkina koevuosina, mikä näkyy kuvista 6-28.

JOHANSSONin (1970) mukaan maassa on tarpeeksi kasveille käyttökelpoista vettä silloin, kun maan kosteus on yli 50 % hyötykapasiteetista. Maa oli usein tätä rajaa selvästi mäempää, ja maan käyttökelpoinen vesimäärä tarpeeksi korkea suuren osan ajasta kesä-heinäkuussa.

Maan käyttökelpoisen veden mittaustulosten mukaan vesipitoisuus laski viljamaassa nopeimmin, eli viljat käyttivät alkukesällä enemmän vettä kuin öljy- tai palkokasvit. Maa kuivui viljaruuduissa liiaksi yleensä kesäkuun loppupuolella ja heinäkuun alkupuolella sateiden kuitenkin katkaistessa välillä poutajakson. Ainoastaan vuonna 1985 viljamaa oli sadettamatta kuivaa juhannuksesta heinäkuun puoliväliin asti.

Kipsiblokkimittausten graafisista esityksistä voidaan myös havaita, että heinäkuussa öljy- ja palkokasvit haihduttivat viljakasvustoja hieman enemmän. Samoin maa kuivahti hyvinkin kuivaksi heinäkuun puolen välin aikoihin.

3.2 Sadetuksen vaikutus sadon määrään ja laatuun

Sadetuksat normaalia kosteampina kasvukausina aiheuttivat sadon määrän laskua ja laadun huononemista. Epätavallisen kylmänä kesäkuuna 1982 märkyys ei tosin ollut haittana, mutta lämpötila rajoitti kasvua. Myös tällöin sadetuksat olivat epäedullisia, todennäköisesti jäädyttämällä jo entisestään liian kylmää maata.

Maan ollessa jatkuvasti märkä kahtena kesänä vuosina 1981 ja 1984 sadetusker-toja oli vain yksi aiottujen kolmen sijasta. Näinä vuosina kertasadetuksella-kin saatiin yleensä haitallisia vaikutuksia sadon määrään ja laatuun erojen

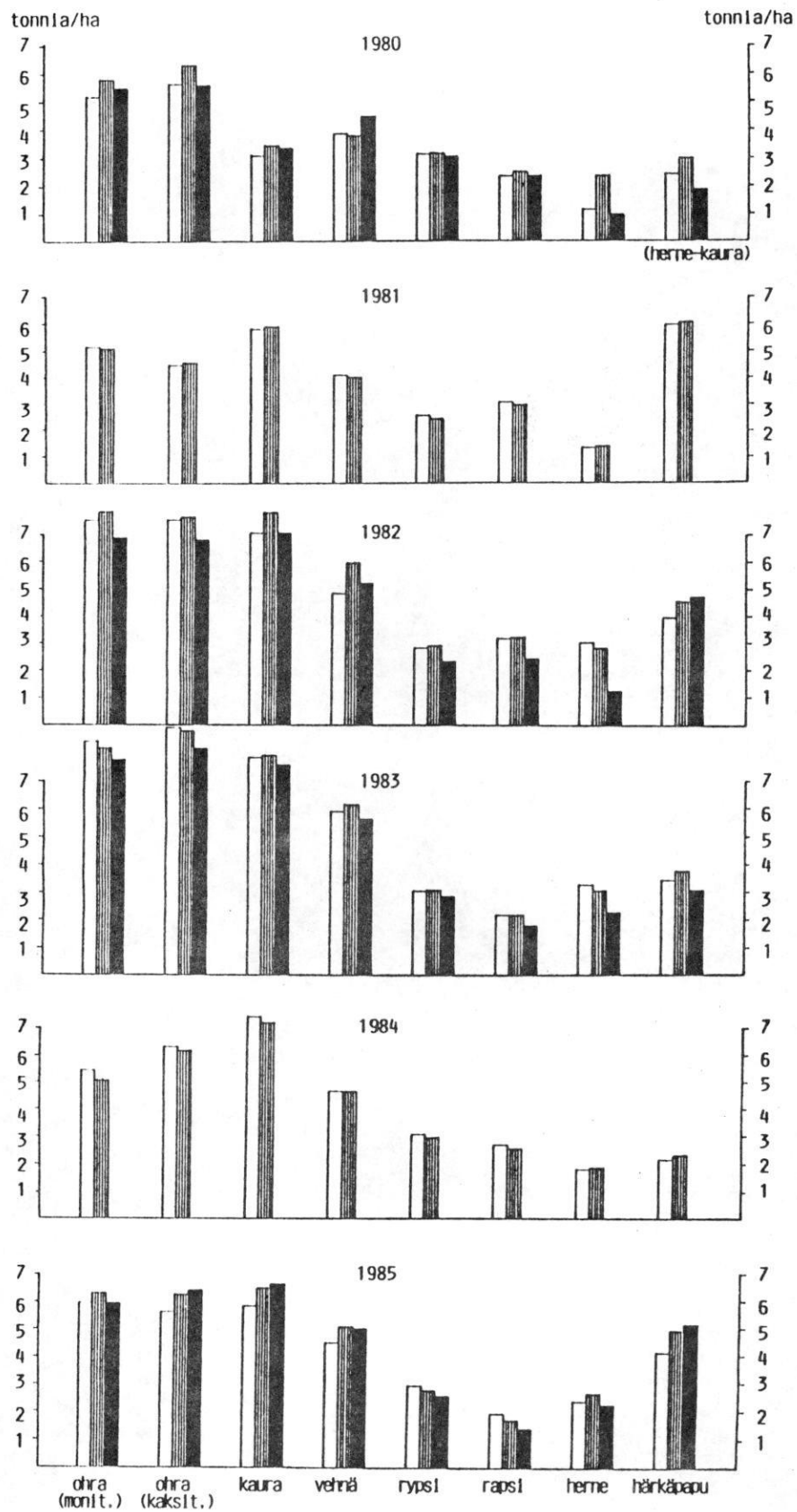
ollessa kuitenkin tilastollisesti merkityksettömiä. Muinakin vuosina hajonta oli usein suuri eivätkä erot olleet useinkaan tilastollisesti merkitseviä. Tuloksia käsiteltiin siten suuntaa antavina, eikä lukujen esittämiseen johtopäätöksissä ole mahdollisuuksia. Koekasvien satotason vaihtelut eri sadetuskäsittelyissä eri vuosina on esitetty kuvassa 30.

Viljat

Viljojen sadon määrä laski sadettamalla useana koevuonna, vaikka monet aikaisemmat kevätviljojen sadetuskokeet Pohjoismaissa ovatkin osoittaneet sadetuksen satoa kohottavan vaikutuksen (KNUDSEN ja GREGERSEN 1966, ELONEN ym. 1967b, LINNER ja WATZ 1971, MYHR ja ROGNERUD 1974, JOHANSSON 1976a, DRAGLAND 1979, HAUGE ym. 1981). Suomessa 60- ja 70-luvuilla sadannan vajuus olikin huomattavasti suurempi kuin 80-luvun alkupuolella. Satotason lasku lienee johtunut osittain typhen huuhtoutumisesta (KAILA ja ELONEN 1971, TURTOLA ja JAAKKOLA 1985), hapenpuutteesta ja sadetuksen lämpötilaa laskevasta vaikutuksesta varsinkin kylmänä alkukesänä 1982. KRAMER (1940) osoitti, että alhaiset lämpötilat juuristovyöhykkeessä estävät selvästi kasvin vedenottoa, mistä voi johtua kasvien kuihtuminen hyvin märissä olosuhteissa.

Varsinkin monitahoinen ohra näytti olleen herkkä liialle märkyydelle. Jopa koevuosista kuivimpana vuonna 1985 kolme sadetuskertaa ei parantanut satotasoa verrattuna sadettamattomaan kasvustoon. Kaksitahoinen ohra sen sijaan hyötyi melkein 800 kg/ha kolmesta sadetuskerrasta vuonna 1985, mutta kärsi sadetuskäsittelyistä monitahoisien ohrien tapaan vuonna 1983. Tällöin kesäkuun sademäärä oli kaksinkertainen normaaliin verrattuna, ja runsaat sateet tulivat heti kesäkuun kahden sadetuksen jälkeen. LINNER (1974b) onkin todennut, että ohrien ja kauran sadot laskevat sadettaen, mikäli sademäärä on kasvukautena muuten riittävä. Syynä sadonalennuksiin on lakoutuminen, jota myös tässä kokeessa tapahtui varsinkin vuonna 1984. HAUGEN ym. (1981) mukaan ohra lakoutuu kauraa ja vehnää helpommin, ja sadon määrän kohoaminen sadettaen on ohrella muita viljoja vähäisempää.

Kaura hyötyikin ohria paremmin sadetuskäsittelyistä. Samoin myöhäiset, juhanuksen jälkeiset sadetukset vaikuttivat kauran sadon määrään edullisemmin kuin ohrien satotasoon. WELLSin ja DUPETZin (1966) mukaan kaura on herkkä kuivuudelle maitotuleentumisvaiheessa, jolloin kuivuus aiheuttaa jopa hieman suurempaa



Kuva 30. Sadetuksen vaikutus eri peltokasviemme siemensatoihin Jokioisten savimaalla 1980-1985. □ = sadettamaton siemensato, ▨ = paras kertasadetettu siemensato, ■ = kolmasti sadetettu siemensato.

sadon laskua kuin versoutumisvaiheessa. ELOSEN (1972) ja ELOSEN ym. (1967b) mukaan kaura hyötyy eniten juhannuksen aikaisesta sadetuksesta, kun muut viljat reagoivat parhaiten kesäkuun alkupuolen sadetuksiin.

Vehnä kärsi vuonna 1980 monitahoisen ohran ja kauran tapaan hyvin aikaisesta sadetuksesta 2.6. Myös vuonna 1983 maa oli kesäkuun alussa hyvin märkää ja aikaisin sadetus 1.6. aiheutti pienimmän sadon. Liika märkyys saattoi aiheuttaa oraille hapenpuutetta sekä maan käyttökelpoisen typen häviöitä (KAILA ja ELONEN 1971). Vaikka vuoden 1980 kesäkuu oli kolme kertaa normaalia märempi, vehnän paras sato saatiin sadettamalla kolmesti kesäkuussa. Vehnä näyttikin kestäneen viljoista parhaiten liikakastelua.

Koevuosien märkinä kesinä sadetus yleensä laskee tuhannen jyvän painoa. Varsinkin kesäkuun alussa ja heinäkuussa liika märkyys vaikeutti viljojen kehitystä ja oli haitaksi. Kaura poikkesi ohrista ja vehnistä sikäli, että sen tuhannen jyvän paino oli eri sadetuskäsittelyissä muita viljoja tasaisempi. Myös HAUGE ym. (1981) mukaan vehnän ja ohran jyvien paino laskee hieman sadettamalla, mikäli sademäärä ei ole hyvin pieni. Kuivien vuosien sadetuskokeet osoittavat, että sadetus nostaa viljojen tuhannen jyvän painoa (POHJANHEIMO ja HEINONEN 1960, ELONEN ja KARA 1972). Koevuosista vuoden 1982 kesäkuu oli normaalia kuivempi, ja tällöin kesäkuun puolivälin sadetus nosti hieman tuhannen jyvän painoa.

Vuoden 1985 myöhäiset sadetukset lisäsivät jälkiversontaa, ja kolme sadetuskertaa laskee varsin voimakkaasti kaksitahoisen ohran (5 g) ja vehnän (7 g) tuhannen jyvän painoa. Vuonna 1985 juhannuksesta heinäkuun puoliväliin asti kuivuus oli ankara. JONES'in ja KIRBYn (1977) mukaan korrenkasvuvaiheen poutajakso surkastuttaa osan versoista ja kukinto jää muodostumatta. Myöhäiset sadetukset mahdollistivat versojen kukintojen muodostumisen, mutta liian myöhään, eivätkä jyvät ehtineet täyttyä.

Hehtolitrin paino laskee selvästi viljoilla kolmesti sadettaen vuonna 1985. Myös muina vuosina sadetus laskee hehtolitrin painoa varsinkin myöhemmissä sadetuksissa. Mikäli alkukesä ei ollut hyvin märkä, aikaisilla sadetuksilla ei ollut negatiivista vaikutusta tilavuuspainoon. Monitahoisen ohran hehtolitrin paino jopa nousi vuosina 1980 ja 1982, jolloin sadetukset pitivät maan kosteana kesäkuun ajan. Kaura poikkesi muista viljoista siten, että vuonna 1985

heinäkuun alun sadetus katkaisi kolmen viikon poutajakson, ja kauran hehtolitraran paino nousi. Kaura puitiinkin viljoista viimeiseksi ja kauran on todettu hyötyvän muita viljoja paremmin myöhäisistä sadetuksista (ELONEN ym. 1967b).

Sadetuksen on osoitettu aikaisemmissa kokeissa nostavan viljojen hehtolitraran painoa, mikäli sadetuksella on voitu estää haitallinen jälkiversonta (KIVISAARI ja ELONEN 1974, HAUGE ym. 1981). Koevuosien alkukesät olivat kuitenkin riittävän kosteita pensastumiselle, ja vain vuonna 1985 oli pitkä poutajakso korrenkasvuvaiheessa. Satotaso nousikin tällöin sadetuksella, joka lienee mahdollistanut useampien versojen kukinnon muodostumisen ja sadon nousun jyvälukumäärää kasvattamalla. Sadetusten aiheuttama jälkiversonta laski kuitenkin niin tuhannen siemenen painoa kuin hehtolitraran painoa. Myös ELONEN ym. (1967c) ovat todenneet, että sadetusten johdosta viljat versoivat lisää, ja mikäli sadetus annettiin liian myöhään, versojen tähkät eivät ehtineet kehittyä tarpeeksi. Tämä johti tilavuuspainon laskuun.

Aikaisemmat tutkimustulokset osoittavat, että sadetus laskee valkuaispitoisuutta sadon määrän noustessa (KNUDSEN ja GREGERSEN 1966, ELONEN ym. 1967c, ELONEN ja KARA 1972, LINNEN 1974b, HAUGE ym. 1981). Tässäkin kokeessa tämä sadetuksen vaikutus näkyi vuosina 1980 ja 1985. Liika märkyys johti kuitenkin usein sekä satotason että valkuaispitoisuuden laskuun. Pienimmät valkuaispitoisuudet olivat usein kolmesti sadetetuissa kasvustoissa, vaikkei sato olisikaan noussut sadetusten vaikutuksesta. Tällöin tyypeä todennäköisesti huuhtoutui maasta (TURTOLA ja JAAKKOLA 1985) tai tyypeä denitrifioitui ilmaan, ja kasvusto kärsi märkien olosuhteiden aiheuttamasta typen puutteesta.

Sadetuskäsittelyt nostivat hieman viljojen puintikosteutta. Kauran ja vehnän puintikosteus nousi ohria hieman enemmän, paitsi vuonna 1985, jolloin kaikkien viljojen kosteus nousi huomattavasti kolmella sadetuskerralla. Tällöin sadetukset lisäsivät jälkiversontaa, mikä johti luonnollisesti korkeaan puintikosteuteen. Muina koevuosina puintikosteuden pienehkön nousun syynä lienee ollut liian märkyuden aiheuttama kasvuston hidaskasvu.

Öljykasvit

Kevätöljykasvien sadon määrään sadetus ei vaikuttanut tai vaikutti satoa laskevasti. Kolme sadetuskertaa aiheutti alhaisimman sadon vuosina 1982, 1983 ja 1985. Vaikka vuosi 1985 oli koevuosista kuivin, kaikki sadetuskäsittelyt laski-

vat satoa. Poutajaksonkin sadetukset lisäsivät vain vegetatiivista kasvua ja sadon määrä laski. JOHANSSON ja LINNER (1977) ovat myös todenneet, että sadetus vaikuttaa öljykasveja rehevöittävästi, mutta ei aina vastaavasti satoa lisäten. Vaikka kuivina vuosina öljykasvien sadetus on nostanut sadon määrää (ELONEN 1974, LINNER 1981b), öljykasvit ovat tämän kokeen perusteella huomattavasti herkempiä liialliselle kosteudelle kuin viljat. Kosteina vuosina sadetus laskee helposti sadon määrää.

RICHARDS'in ym. (1978) mukaan varren pituuskasvun ja kukkimisen aikainen kuivuusstressi alentaa eniten öljykasvien satoa. Vuonna 1985 oli kolmen viikon poutajakso juuri ennen rypsin kukintaa ja kukkimisen jälkeen ja ennen rapsin kukintaa. Sadetukset kuitenkin laskivat satoa, eikä kuivuus ollut siten liian ankara öljykasveille.

Öljykasvien tuhannen siemenen painon on todettu nousevan sadetuksella (KROGMAN ja HOBBS 1975, CLARKE ja SIMPSON 1978). Tässä kokeessa rypsin tuhannen siemenen paino laski hieman sadetuskäsittelyjen myötä. Sadetuskäsittelyt joskus nostivat rapsin siemenien painoa, vaikka sato laskikin.

Sadetuksen on todettu kohottavan öljypitoisuutta (LINNER 1981b, KROGMAN ja HOBBS 1975). Myös tässä kokeessa öljykasvien öljypitoisuus kohosi sadetuskäsittelyillä. Myöhäisillä sadetuksilla ei ollut enää niin selvää vaikutusta. Kesäkuun alun sadetukset ja varsinkin kaikki kolme sadetuskertaa nostivat eniten öljypitoisuutta. BOBRZECKAn ym. (1973) mukaan rapsin saadessa runsaasti tyypeä sen öljy-, linoli- ja eikoseenihappopitoisuus laskee. Koska tässä kokeessa tyypeä oletettavasti huuhtoutui sadettamalla, öljypitoisuus nousi. Öljypitoisuuden noustessa pitäisi RUSSELLin ja KUZINAN (1976) mukaan myös tuhannen siemenen painon nousta. Tässä kokeessa korrelaatio ei ollut selvä.

Valkuaispitoisuus laski sadetuskäsittelyillä. Tämä on luonnollista, sillä öljypitoisuuden ja valkuaispitoisuuden välillä on negatiivinen korrelaatio (GRAMI ym. 1977). Liika märkyys huuhtoi todennäköisesti tyypeä maasta, jolloin valkuaispitoisuus laski.

Öljykasvien puintikosteus ei noussut sadetuskäsittelyjen vuoksi niin kuin viljojen kosteus. Aikaiset sadetukset usein laskivat puintikosteutta, samoin kolme sadetuskertaa.

Palkokasvit

Herne ja härkäpapu reagoivat sadetuskäsittelyihin aivan eri tavoin. Herne oli hyvin herkkä liialle kosteudelle, kun härkäpapu tuntui hyötyvän selvästi hernettä paremmin kosteista olosuhteista.

Kaikkina niinä neljänä vuonna, jolloin sadetuskertoja oli kolme, huonoin herne-sato saatiin kolmesti sadettamalla. Herne näytti kärsivän myös niistä sadetuksesta, joiden jälkeen saatiin runsaita sateita heti välittömästi, tai jos lämpötila oli alhainen. Heinäkuun sadetukset eivät olleet yhtä tehokkaita kuin juhannuksen jälkeinen sadetus vuonna 1985, jolloin sadetuksella saatiin satotasoa hieman nostettua. Myös vuonna 1980 saatiin kesäkuun puolen välin sadetuksella sadonlisä, joka oli huomattava, 1200 kg/ha. Tämän kokeen perusteella herne reagoi parhaiten sadetukseen, jotka tehdään juhannuksen molemmin puolin. Viljoja myöhempiä sadetusta suosittelevat myös LINNER (1987) ja SALTER (1972), sillä vegetatiivisessa kasvuvaiheessa sadetus lisää varsisatoa, mutta harvoin herne-satoa. Vuoden 1980 herne-kaura reagoi kuten herne yksinään, mutta sadot eri käsittelyissä olivat tasaisempia kuin herneellä.

3.3 Monivuotisen sadetuksen vaikutus maan rakenteeseen ja kasvukuntoon

Syksyllä 1985 tutkittiin koekentän tiiviystilaa mittaamalla vuodesta toiseen sadettamattomana olleen maan sekä vuosittain kolmesti sadetun maan mekaaninen vastus. Oletettiin, että maan kasvukunto olisi hieman heikentynyt runsaasti sadetetuissa kohdissa koekenttää, sillä vuonna 1984 poikkeuksellisesti vain kertaalleen sadetetuissa K_{1-3} -ruuduissa vehnän ja öljykasvien sadot olivat pienempiä kuin K_1 -ruuduissa. Samoin vuonna 1985 huonoin vehnä-, öljykasvi- ja hernesato saatiin kolmesti sadettaen.

Erot maan mekaanisissa vastuksissa K_0 - ja K_{1-3} -ruutujen välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kyntökerroksen alaosassa maa oli kuitenkin keskimäärin 200 kPa kovempaa K_{1-3} -ruuduissa K_0 -ruutuihin verrattuna. Tämä viitanee monivuotisen sadetuksen maan kasvukuntoa heikentävään vaikutukseen ja selittää K_{1-3} -ruutujen huonoja satoja. Ero ei tosin ollut suuri, eikä selvää johtopäätöstä maan kasvukunnon muuttumisesta penetrometrimittausten perusteella voida tehdä. Aiemmin vastaavanlaisessa sadetuskokeessa ei todettu monivuotisen sadetuksen heikentäneen hiesusaven kasvukuntoa (ELONEN 1974).

Kyntökerroksen alapuolella maa oli pehmeintä sadetetuissa kohdissa. Koska maan kosteus vaikuttaa varsin merkittävästi mekaaniseen vastukseen, sadetetut ruudut ovat todennäköisesti olleet selvästi kosteampia kuin sadettamaton maa kyntökerroksen alapuolelta. Pintamaan kosteus oli todennäköisesti ehtinyt tasaantua sadonkorjuuvaiheen jälkeen, kun syvemmällä maan vesipitoisuuksien vaihtelu lie-
nee vaikuttanut mekaanisen vastuksen eroihin K_0 - ja K_{1-3} -ruutujen välillä. Var-
muudella ei voida sanoa, kuvasiko syksyn 1985 mekaanisen vastuksen tila moni-
vuotisen sadetuksen vaikutuksia tai ainoastaan kesän 1985 sadetusvaikutusta.

IV KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANDERSON, G., PIDGEON, J. D., SPENCER, H. B. & PARKS, R. 1980. A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *J. Soil Sci.* 31: 279-296.
- ANON. 1979. Instruction manual for use of bush recordings soil penetrometer. Finlay, Irwine Limited. 35 p. Boy Road, Penicuik, Midlothian, Scotland.
- 1983. SPSSX User guide. 806 p. New York.
- 1980-1985. Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon: touko-syyskuu vuosilta 1980-1985. Ilmatieteen laitos.
- 1986. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. 63 p. Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki.
- ASPINALL, D., NICHOLLS, P. B. & MAY, L. H. 1964. The effects of soil moisture stress on the growth of barley. *Austr. J. Agric. Res.* 15: 729-745.
- ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y. 1985. Maatalouden sääpalvelukokeilu ke-sällä 1984. *MTTK:n Tiedote* 2/85: 1-127.
- BENNETZEN, F. 1978. Vandbalance og kvaelstofbalance ved optimal planteproduktion. 3. Modeller og resultater. *Tidskr. for Planteavl* 82: 191-220.
- BRESLER, E. & KEMPER, W. D. 1970. Soil water evaporation as affected by wetting methods and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 3-8.
- BOBRZECKA, D., KRAUZE, A., PREZEZDZIECKI, K. & ZORAWSKI, A. 1973. Effect of mineral fertilization on composition of fatty acids in winter and summer rape oil. *Roczniki Nauk Rolniczyck* A4 99: 71-84.
- CAMBELL, C. A., CAMERON, D. R., NICHOLAICHUK, W. & DAVISON, H. 1977. Effects of fertilizer N and soil moisture on growth, N content and moisture use by spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* 57: 289-310.
- CLARKE, J. M. & SIMPSON, G. M. 1978. Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus* cv. Tower. *Can. J. Plant Sci.* 58: 731-738.
- DASTURE, R. H. 1924. Water content: A faction in photosynthe-sis. *Ann. Bot.* 38: 779-788.

- DAY, A. D. & INTALAP, S. 1970. Some effects of soil moisture stress on the growth of wheat (*Triticum aestivum* L. emthel). *Agron. J.* 62: 27-29.
- DEKKER, L. W. & BOUMA, J. 1984. Nitrogen leaching during sprinkler irrigation of Dutch clay soil. *Agric. Water Management* 9: 37-45.
- DENMEAD, O. T. & SHAW, R. H. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content. *Agron. J.* 54: 385-390.
- DRAGLAND, S. 1979. Virkninger av forskjellig vasstilgang til bygg og hvete. *Forskn. og forsok i landbruket* 30: 399-413.
- ELONEN, P. 1972. Rajansa vedelläkin. *Pellervo* 73: 800-801.
- 1974. Sadetus satovaihtelujen tasaajana. *Käytännön Maamies* 3: 16-20.
- 1975. Maalajien merkitys. *Sadetusopas*. p. 32-35. Forssa.
- 1976. Kasvien vedensaannin turvaaminen. *Tuottava Maa* 2: 150-173.
- 1977. Herneen sadetuksesta. *Maas. Tulev.* 26.3.1977.
- 1984. The role of irrigation in Finland. *NJF-Utredning/Rapport* 16: 76-84.
- , AHO, L. & KOIVISTOINEN, P. 1972. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on the amino acid composition of spring wheat. *J. Sci. Agric. Soc. Finl.* 44: 56-62.
- & KARA, O. 1972. Sprinkler irrigation on clay soils in southern Finland IV. The effect of repeated application of water and nitrogen fertilization on spring cereals. *J. Sci. Agric. Soc. Finl.* 44: 149-163.
- , NIEMINEN, L. & KARA, O. 1967a. Sprinkler irrigation on clay soils in southern Finland I. Sprinkler irrigation, its technique and effect on soil moisture. *J. Sci. Agr. Soc. Finl.* 39: 67-77.
- , NIEMINEN, L. & KARA, O. 1967b. Sprinkler irrigation on clay soils in southern Finland II. Effect on the grain yield on spring cereals. *J. Sci. Agr. Soc. Finl.* 39: 78-89.

- ELONEN, P. , NIEMINEN, L. & KARA, O. 1967c. Sprinkler irrigation on clay soils in southern Finland III. Effect of the quality of grain yield. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 39: 90-98.
- , RINNE, S-L. & SUOMELA, H. 1975. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on grain yield and some baking quality characteristics of spring wheat. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 47: 166-180.
- GRAMI, B., BAKER, R. J. & STEFANSSON, B. R. 1977. Genetics of protein and oil content of summer rape: heritability, number of effective factors and correlations. Can. J. Plant Sci. 57: 937-943.
- HAUGE, N. H., SANDLI, D. E. & SOGN, L. 1981. Forsok med vanning og nitrogen jodsling i sorter av hvete bygg og havre på Staur forsoksgård 1974-77. Scientific Reports of Research Department-Norwegian Grain Corporation No. 19. 60 p. Oslo.
- HEINONEN, R. 1982. Jordens igenslamning och förhårdnande. Sver. Lantbr.univ., Speciella skrifter 12. 24 p. Uppsala.
- HILLEL, D. 1960. Crust formation in loessial soils. Trans. 7th Intern. Congress Soil Sci. 1: 330-339.
- JERNLÅS, R. & KLINGSPOR, P. 1983. Nitratutlakning och bevattning. Sver. Lantbr.univ., Fakta. Mark-Växter 16. 2 p.
- JOHANSSON, W. 1970. Bevattning i fältmässig odling. Rapport från Seminarium vid Alnarp, Sverige den 2-3 juli 1970. (Ref. Seuna, P. 1977).
- 1976. Bevattning till korn. Nordisk Jordbr.forskn. 58: 278-280.
- & LINNER, H. 1977. Bevattning. Behov-Effekter-Teknik. 141 p. Borås, Sverige.
- KAILA, A. & ELONEN, P. 1970. Influence of irrigation and placement of nitrogen fertilizers on the uptake of nitrogen by spring wheat. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 42: 123-130.
- & ELONEN, P. 1971. Effect of irrigation on fertilizer nitrogen in arable clay soil. Acta Agr. Fenn. 123: 126-135.
- KAITERA, P. 1940. Sadonlisäyksiä sadetuskokeissa vuosina 1938-1940. Maanviljelyinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1940: 101-142.

- KNUDSEN, H. & GREGERSEN, A. 1966. Vand og kvaelstof til byggsorter 1962-65. Tidskr. for planteavl 70: 346-351.
- KRAMER, P. J. 1940. Root resistance as a cause of decreased water. Plant Physiol. 15: 63.
- & JACKSON, W. T. 1954. Causes of injury to flooded tobacco plants. Plant Physiol. 29: 241-245.
- KÄHÄRI, J. & ELONEN, P. 1969. Effect of placement of fertilizer and sprinkler irrigation on the development of spring cereals on basis of root investigations. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 41: 89-104.
- LINNER, H. 1973. Bevattning av stråsäd och oljeväxter. SLI, Presstjänsten nr 26: 2-3.
- 1974a. Bevattning av olika grödor. Lantbrukspraktika 1974: 73-77.
- 1974b. Bevattning av vårsäd och våroljeväxter. Lantmannen nr 8: 12-13.
- 1974c. Erfarenheter från bevattningsförsök i vårsäd under 1972 och 73. Mark-Växter 27, Konsulentavdelningen 10: 1-10.
- 1975. Bevattning aktuell i många grödor. Lantmästaren nr 4: 4-8.
- 1977. Bevattning till stråsäd och våroljeväxter. Östergötlands läns hush.sällskaps Medlemsblad, nr 1: 18-20.
- 1978. Bevattning av våroljeväxter. Konsulentavd. rapporter Allmänt 10: 9/11-14.
- 1981a. Olika grödors behov av vatten. SLI, Presstjänsten, 11 maj: 2-3.
- 1981b. Bevattning av våroljeväxter. Nordisk Jordbr.-forsk. nr 2: 298-299.
- 1982. Vattenfaktorns inflytande på fodersädens avkastning och kvalitet. Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt 37: 5/1-5.
- 1987. Vattenfaktorns inflytande på stråsädens tillväxt och kväveupptagning. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens rapporter. (painossa)
- , PERSSON, R., BERGLUND, K., SVENSSON, M., KARLSSON, S-E. & GUSTAFSSON, E-L. 1986. Resultat av 1985 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. Avdelningsmeddelande 86: 1.
- & WATZ, K-H. 1971. Bevattning i vårsäd. Mark-Växter 15, Konsulentavdelningen: 1-22.

- McINTYRE, D. S. 1958. Soil splash and the formation of surface crusts by raindrop impact. *Soil Sci.* 85: 185-189.
- MYHR, E. 1964. Forsök med vatning og nitrogengjødsling i et 6-årig omlop. *Forskn. og fors. i landbruket* 15: 173-185.
- & ROGNERUD, B. 1974. Vatning og ulike gjødsling til 3-årig omlop av poteter, bygg og timotei. *Forskn. og fors. i landbruket* 25: 45-62.
- PENMAN, H. L. 1956. Evaporation an introductory survey. *Neth. J. Agr. Sci.* 4: 9-29.
- PHILLIPS, I. D. J. 1964. Root-shoot hormone relations: II Changes in endogenous auxin concentration produced by flooding of the root system in *Helianthus annuus*. *Ann. Bot.* 28: 37-45.
- POHJANHEIMO, O. 1959. Lämpö- ja sadeolojen vaikutuksesta kevätviljoihin Jokioisissa 1930-54. *Maat. ja koetoim.* 13: 87-97.
- & HEINONEN, R. 1960. The effect of irrigation on root development, water use, nitrogen uptake and yield characteristics of several barley varieties. *Acta Agric. Fenn.* 95: 1-20.
- RICHARDS, R. A. & THURLING, N. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*) in response to drought stress. I. Sensitivity at different stages of development. *Austr. J. Agric. Res.* 29: 469-477.
- RUSSEL, T. & KUTZINA, F. D. 1976. Rapeseed. Relations between some physical and chemical properties. *Can. J. Plant Sci.* 56: 169-174.
- SALTER, P. J. 1972. Irrigation. Pea & Bean Growers' conference. 26.-27. January 1972.
- & DREW, D. N. 1965. Root growth as a factor in response of *Pisum sativum* L. to irrigation. *Nature* 206: 1063-4.
- SEUNA, P. 1977. Kasteluun vaikuttavista hydrometeorologista tekijöistä. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 24.
- SIMAN, G. & LINNAR, H. 1980. Styrning av stäsädesgrödans kärnavkastning och proteinhalt genom kvävegödsling efter växtanalys och genom bevattning. Rapport 126, 3-5. Avd. för växtnäringslära.

- TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. 1985. Viljelykasvin ja lannoitus-
tason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen sa-
vimaasta. MTTK:n Tiedote 6/85: 1-43.
- & JAAKKOLA, A. 1986. Viljelykasvin, lannoituksen ja
sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesi-
umin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuht-
outumiseen savimaasta. MTTK:n Tiedote 17/86: 1-43.
- UNGER, P. W., ECK, H. V. & MUSICK, J. T. 1981. Plant water
stress. ASAE 4: 66-68.
- VOORHEES, W. B., ALLMARAS, R.R. & JOHNSON, C. E. 1981. Soil
temperature modification. ASAE: 245-258.
- WELLS, S. A. & DUBETZ, S. 1966. Reaction of barley varieties
to soil water stress. Can. J. Plant Sci. 46. 507-
513.
- WENT, F. W. 1943. Effect of the root system on tomato stem
growth. Plant Physiol. 18: 51-65.
- WÄRE, M. 1947. Kevätvehnän sadetuskokeet vuosina 1941-44.
Maanviljelysinsinööriyhdistyksen Vuosikirja 1947:
58-63.



Kuva A. Koekenttä perustamisvuonna 1980 ensimmäisenä sadetusajankohtana 2. 6.



Kuva B. Sadetuksen tasaisuutta ja vesimäärää seurattiin mittaamalla pulloihin kertyvää veden määrää sadetuksen aikana 2. 6. 1980.



Kuva C. Toisen sadetuksen jälkeen 10. 6. 1980 osuneen 79 mm rankkasateen liettävä ja kuorettava vaikutus. Tällöin 3. sadetusaika oli paras, koska se osittain lievensi kuorettuman haittoja.



Kuva D. Vuoden 1981 sadetuskokeen herneen puinti Wintersteiger koeruu-putuurilla. Vieressä härkäpapu, joka tulleentui rapsin kanssa viimeisenä.



Kuva E. Vuonna 1985 monitahoinen Arra-ohra lakoutui kolmannen sadetuksen vaikutuksesta, eikä sadonlisää saatu. Kaksitahoinen Kustaa pysyi pysyissä ja sadetuksilla saatiin sadonlisäystä.



Kuva F. Vuonna 1985 sadetus lisäsi selvästi kauran, vehnän ja härkäpavun satoa. Etualalla sadetettua, taustalla sadettamatonta kasvustoa.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

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

1984

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

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

22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.

PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina. III Kompostin arvo lannoitteena. 52 p.

1985

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1984. 67 p.

2. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., NORDLUND, A. & PILLI-SIHVOLA, Y. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1984. 127 p.

3. ETTALA, E. Säilörehu Maatalouden tutkimuskeskuksen lypsykarjakoikeissa 1970-luvulla. 270 p.

4. ETTALA, E. Laidun lypsykarjaruokinnassa. 220 p.

5. TUORI, M. & NISULA, H. Ruokintarutiinien merkitys naudoilla. Kirjallisuustutkimus. 38 p.

6. TURTOLO, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.

7. AURA, E. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. 61 p.

8. Puutarhaosaston tutkimustuloksia. Taimitarha ja dendrologia. 94 p.

9. KEMPPAINEN, E. Kuivikkeen vaikutus lannan arvoon. Kuivikkeiden ammoniakki sitomiskyky. 25 p.

10. JAAKKOLA, A., HAKKOLA, H., HIIVOLA, S-L., JÄRVI, A., KÖYLIJÄRVI, J. & VUORINEN, M. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. 44 p.

11. JAAKKOLA, A., ETTALA, E., HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R. & VUORINEN, M. Siilinjärven kalkki kalkitusaineena. 53 p.

12. TAKALA, M. Asumajätevesien imeyttäminen maahan ja energiapajun viljely imeytyskentällä. 36 p.

13. JOKINEN, R. & HYVÄRINEN, S. Eri maalajien magnesiumpitoisuus ja sen vaikutus ravinnesuhteisiin Ca/Mg ja Mg/K. 15 p.

14. JUNNILA, S. Rikkakasvien siementen itämislepo. Kirjallisuuskatsaus. 29 p.

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

1986

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

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

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

1987

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

11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pih-
lajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen
itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyval-
vonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljely-
kasveihin. 62 p.
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja
eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja
tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984.
29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turve-
maiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astia-
kokeessa. p. 1-17.
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoi-
tuksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenra-
vinnepitoisuuksiin. p. 38-47.
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri
kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p.
63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen
viljelylajike. p. 1-8.
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahin-
kojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympäys Rhizobium-bakteerilla.
Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu
kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset
väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa.
P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo
säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden
huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä
v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.
23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kos-
teampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.
Kevätiljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipiperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.
12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.

15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljojen siemenen orastumisko-
keet. p. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvö-
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan liete-
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.

