

# Annales Agriciculturae Fenniae

Maatalouden  
tutkimuskeskuksen  
aikakauskirja

Vol. 13, 3

Journal of the  
Agricultural  
Research  
Centre

Helsinki 1974

# Annales Agriculae Fenniae

JULKAISIJA — PUBLISHER

Maatalouden tutkimuskeskus  
Agricultural Research Centre

Ilmestyy 4—6 numeroa vuodessa  
Issued as 4—6 numbers a year

TOIMITUSKUNTA — EDITORIAL STAFF

*T. Mela*, päätoimittaja — Editor

*V. U. Mustonen*, toimitussihteeri — Co-editor

*M. Lampila*

*J. Säkö*

ALASARJAT — SECTIONS

Agrogeologia et -chimica — Maa ja lannoitus

Agricultura — Peltoviljely

Horticultura — Puutarhaviljely

Phytopathologia — Kasvitaudit

Animalia nocentia — Tuhoeläimet

Animalia domestica — Kotieläimet

KOTIMAINEN JAKELU

Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10

FOREIGN DISTRIBUTION

Agricultural Research Centre, Library, SF-01300 Vantaa 30, Finland

GRAMINEAE-KASVIEN VIRUSTAUDIT SUOMESSA JA TURKISSA

**Summary: Virus diseases of Gramineae-plants in Finland  
and in Turkey**

KATRI BREMER

Maatalouden tutkimuskeskus  
Kasvitautilien tutkimuslaitos, Tikkurila

## ALKULAUSE

Tämän tutkimuksen alkuosa, Suomessa esiintyvät viljan virustaudit, suoritettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvitautien tutkimuslaitoksessa sekä Helsingin yliopiston kasvipatologian laitoksessa kirjoittajan toimiessa Suomen Akatemian maatalous-metsätieteellisen toimikunnan tutkimusassistenttina.

Tutkimuksen toinen osa, Turkissa esiintyvät viljan virustaudit, suoritettiin pääasiallisesti Turkissa Ege-Yliopiston kasvipatologian laitoksessa, Izmir-Bornovassa sekä osittain myös Helsingin yliopiston kasvipatologian laitoksessa. Turkissa v. 1969—71 ollessaan kirjoittaja työskenteli aluksi Turkin valtion palkkaamana, sitten Suomen Akatemian tutkimusassistenttina.

Koska monet tutkimuksen kohteina olleet taudit ovat vektorien levittämiä, oli yhteistyö entomologien kanssa välttämätöntä tutkimuksen täydentämiseksi. Professori Mikko Raatikainen ja maisteri Osmo Heikkinen osallistuivat tutkimukseen vektorihyönteisiä määrittäessä ja edellinen lisäksi niiden esiintymistä sekä toksiinitauteja selvittäessä.

Helsingin yliopistossa tehdyn työn vaatimat kasvihuonetilat saatiin käyttöön yliopiston mikrobiologian ja maanviljelyskemian laitoksilta.

Kaikille tämän työn edistymiseen vaikuttaneille henkilöille ja laitoksille esitän parhaimmat kiitokseni.

Tikkurila, syyskuu 1974

K a t r i B r e m e r (o.s. Ikäheimo)

BREMER, K. 1974. **Gramineae-kasvien virustaudit Suomessa ja Turkissa.** Summary: Virus diseases of Gramineae-plants in Finland and in Turkey. Ann. Agric. Fenn. 13: 125–148.

This review reports on studies carried out on cereal virus diseases in Finland and in Turkey.

The following virus diseases are known to occur in Finland: oat sterile-dwarf and wheat striate mosaic, transmitted by leafhoppers, barley yellow dwarf, transmitted by aphids, *Agropyron* mosaic and brome grass mosaic, both transmitted by sap. In addition to the present work, *Pleum* green stripe, transmitted by the leafhopper, *Megadelphax sordidulus*, was found to infect grasses. Aster yellows disease, caused by a mycoplasma and transmitted by a leafhopper, also infects cereals.

The following cereal virus diseases were found in Turkey: sap-transmissible wheat streak mosaic, sap- and seed-transmissible barley stripe mosaic, sap- and aphid-transmissible maize mosaic, barley yellow dwarf, transmitted by aphids, wheat striate mosaic, transmitted by a leafhopper, and a probably new virus or mycoplasma disease, barley yellow stripe, transmitted by the leafhopper, *Euscelis plebejus*, and a disease similar to aster yellows, also transmitted by the *E. plebejus*.

The abundant cultivation of leys seems to favour the reproduction and survival of vectors of cereal viruses in Finland. Oat sterile-dwarf has caused severe epidemics in oats in western Finland, where large monocultures of oats and leys are grown. Warm weather, which occur in early summer some years, favour the reproduction of aphids. Barley yellow dwarf has, therefore, caused severe losses of cereal yields in some years in Finland.

In Turkey cereals are grown mainly during winter, which is cooler than the summer, during which the cereals are grown in Finland. The coolness of the winter and the hotness of the summer greatly restrict the number of the vectors in Turkey. The lack of cultivated leys and cultivation habits also diminish the number of the vectors and sources of infection. Therefore no severe epidemics caused by cereal viruses have occurred in Turkey during recent years.

## I JOHDANTO

Kasvien virustautitutkimus kohdistui aluksi pääasiallisesti kaksisirkkaiseihin kasveihin, koska virustautien aiheuttamat vioitukset olivat niissä helpoimmin havaittavissa. Tosin ensimmäinen heinäkasvien virustauteja koskeva julkaisu ilmestyi jo viime vuosisadalla (TAKATA 1895), mutta japaninkielisenä se jäi unohduksiin kunnes FUKUSHI (1934) vahvisti Takatan

riisiin kääpiökasvuviroosia koskevat tulokset. U.S.A:ssa ja Kanadassa laajoilla alueilla haitallisina esiintyneet viljan taudit joutuivat tutkimuksen kohteeksi, ja sienien lisäksi todettiin myös virusten aiheuttavan viljan tauteja. 1920-luvulla maalevintäistä vehnän mosaiikkia (soil-borne wheat mosaic) tavattiin tuhoisana U.S.A:ssa, jossa siitä tehtiin useita tutkimuk-

sia. U.S.A:ssa ja Kanadassa esiintyi vehnässä vaurioita aiheuttanutta tautia, jonka aiheuttajaksi todettiin *Eriophyidae*-punkkien levittämä vehnän juovamosaiikkivirus (wheat streak mosaic) (FELLOWS 1949, SILL ym. 1955, SLYKHUIS 1955). Sen arvellaan aiheuttaneen myös 1920-luvulla esiintyneen keltamosaiikin (yellow mosaic of wheat) (vrt. MCKINNEY 1937, SLYKHUIS 1967 b). Kirvojen levittämää viljan kääpiökasvuvirusta (barley yellow dwarf) on esiintynyt monissa eri maissa eri mantoilla epidemianluonteisena. Näiden viljoissa esiintyneiden epidemia-aiheuttajia selvittäessä on löydetty myös muita, vähemmän merkityksellisiä viljojen ja heinien viruksia ja siten saatu yhä laajempi kuva heinäkasvien virustau-  
deista. Näitä tauteja onkin löydetty kaikkialla maapallolla, missä viljellään viljoja ja missä on tarkkailtu virusten esiintymistä.

Nykyisin on todettu heinäkasveissa noin 50 virusta. Tarkkaa lukumäärää on vaikea sanoa, koska kaikkia heinäkasveissa tavattuja viruksia ei tunneta hyvin eikä siten tiedetä, onko kysymyksessä esim. uusi virus vai jonkin tunnetun viruksen rotu. Suurin osa heinäkasvien viruksista on kaskaiden tai kirvojen levittämiä, muutamia levittävät punkit ja joitakin nematodit. Eräät ovat maalevintäisiä, yksi on siemen- ja mehulevintäinen, ja pelkästään mehussa siirtyviä viruksia on useitakin. Lisäksi tunnetaan sienilevintäisiäkin viljan virustau-  
teja (vrt. SLYKHUIS 1967 a).

Myös Euroopassa alettiin kiinnittää huomiota viljoissa ja heinissä esiintyviin virustau-  
teihin. Tärkeimpänä syynä tähän olivat virusten viljoissa aiheuttamat epidemiat. Ensimmäinen viljan virustauti Euroopassa todettiin Neuvostoliitossa 1930-luvulla. Tämä kaskas-  
levintäinen valerusukevirus (oat pseudo-

rosette) aiheutti kaurassa huomattavia sato-  
tappioita (SHUKOV ym. 1941). 1950-luvun alussa tavattiin Italiassa maissin kääpiökasvu (maize rough dwarf) -virusta (BIRAGHI 1952), jonka todettiin olevan kaskaslevintäisen vi-  
ruksen aiheuttama (HARPAZ 1959, LOVISOLO ym. 1966).

Englannissa todettiin 1950-luvulla vehnän viirumosaiikki (wheat striate mosaic) -virusta (SLYKHUIS ja WATSON 1958) ja viljan kääpiökasvuvirusta (WATSON 1959). Viirumosaiikkivirusta todettiin myös Tšekkoslovakiassa PRŮŠA ja VACKE 1960 a), Ruotsissa (LINDSTEN 1959, 1961) ja Suomessa (IKÄHEIMO 1960).

Suomessa, Ruotsissa ja Tšekkoslovakiassa esiintyi kaurassa 1950-luvulla epidemianluon-  
teisena tautia, jota kutsuttiin meillä kauran-  
tuhoksi. Suuria satotappioita aiheuttanut tauti joutui heti tiiviin tutkimustyön kohteeksi. Suomessa tätä tutkimusta suorittivat Maata-  
louden tutkimuskeskuksen kasvitautien tutki-  
muslaitoksen ja tuhoeläintutkimuslaitoksen tutkijat. Ensiksi selviteltiin taudin levinnei-  
syyttä, oireita ja sen yhteyttä viljakaskaaseen, *Javesella pellucida* (Fabr.) (JAMALAINEN 1957, KANERVO ym. 1957, RAATIKAINEN ja TINNILÄ 1958). HEIKINHEIMO (1957) esitti olettamuk-  
sen, että tämä kauran tauti olisi viruksen ai-  
heuttama. Toisaalta NUORTEVA (1957) arveli taudin aiheutuvan viljakaskaan erittämistä toksiineista.

Tšekkoslovakiassa (PRŮŠA 1958, PRŮŠA ym. 1959) ja Ruotsissa (LINDSTEN 1959, 1961) esiintyneen samanlaisen taudin aiheuttajaksi todettiin virus.

Tässä esitetyt tutkimukset saivat alkunsa selviteltäessä edellä selostetun kauran taudin syytä.

## II TUTKIMUKSEN TAVOITE

Suomessa heinäkasvien virustautien tutkimus alkoi läntisellä rannikkoalueella esiintyneen kaurantuhon aiheuttajaa ja luonnetta selvi-  
tettäessä. Tällöin pyrittiin selvittämään, oli-

vatko virukset mahdollisesti aiheuttaneet mai-  
nitun taudin. Kun kauran tyviversoviruksen todettiin olevan taudin pääasiallinen aiheuttaja, katsottiin aiheelliseksi jatkaa ja laajentaa tätä

työtä ja tavoitteeksi tuli tällöin selvittää, mitä heinäkasvien virustauteja maassamme esiintyy ja mikä niiden merkitys on.

Turkissa on kasvien virustautitutkimus vielä aivan alussa ja heinäkasvien virustauteja ei ennen tätä tutkimusta ole tutkittu lainkaan. Vuonna 1967 Turkissa ryhdyttiin viljelemään meksikolaisia lyhytkortisia vehniä, jotka yhä enenevässä määrin syrjäyttivät entiset vehnälajit ja -lajikkeet. Turkissahan on ollut viljelyksessä n. 10 *Triticum*-lajia (PETERSON 1967) ja lisäksi monia erilaisia lajikkeita. Meksikolaisia vehniä alettiin viljellä myös sellaisilla alueilla, joissa aikaisemmin viljeltiin hedelmäpuita tai puuvillaa, kuten esim. juuri Länsi-Turkissa. Meksikolaisten vehnien viljelyn yleistyminen aiheutti sen, että nyt entisten geneettisesti hyvin heterogeenisten vehnien tilalle tuli melko yhtenäinen vehnä, muutamit meksikolaiset lyhytkortiset vehnälajikkeet, ja vehnän tautien alttiuden oli syytä otaksua lisääntyvän. Tämän tutkimuksen Turkkiä koskevan osan tavoitteena oli yleisen viljantautitutkimuksen osana selvittää siellä virustautien esiintymistä viljoissa. Kun Suomi ja Turkki sijaitsevat Euroopan viljanviljelyn äärialueilla, oli lisätavoitteena suorittaa, mikäli mahdollista, vertailu virustautien esiintymisestä näissä maissa.

Seuraavissa julkaisuissa on selvitetty Suomessa esiintyviä heinäkasvien virustauteja:

IKÄHEIMO, K. 1960. Two cereal virus diseases in Finland. *Maatal.tiet.* Aikak. 32: 62—70.

- 1961. A virus disease of oats in Finland similar to oat sterile dwarf disease. *Maatal.tiet.* Aikak. 33: 81—87.
- & RAATIKAINEN, M. 1961. *Calligypona obscurella* (Boh.), a new vector of the wheat striate mosaic and oat sterile-dwarf viruses. *Maatal.tiet.* Aikak. 33: 146—152.
- 1963. *Dicranotropis hamata* (Boh.) (*Hom.*, *Araeopidae*) as a vector of cereal viruses in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 2: 153—158.
- 1964. Host plants of wheat striate mosaic virus and oat sterile-dwarf virus. *Ann. Agric. Fenn.* 3: 133—138.

- BREMER, K. 1964. Agropyron mosaic virus in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 3: 324—333.
- 1965. Characteristics of the barley yellow dwarf virus in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 4: 105—120.
  - 1973 a. The brome grass mosaic virus as a cause of cereal disease in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 12: 207—214.
  - 1974. Occurrence of the brome grass mosaic and Agropyron mosaic viruses in 1971—1973 in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 13: 1—4.

Seuraavissa julkaisuissa on selvitetty Turkissa esiintyviä virustauteja:

- BREMER, K. 1971. Wheat streak mosaic virus in Turkey. *Phytopath. Mediter.* 10: 280—282.
- 1972. Barley stripe mosaic virus identified in Turkey. *Phytopath. Mediter.* 11: 200—201.
  - 1973 b. Comparison of four virus isolates of wheat streak mosaic from Turkey. *Phytopath. Mediter.* 12: 67—71.
  - 1973 c. Resistance of native wheat (*Triticum aestivum* L.) populations collected in Turkey to the wheat streak mosaic virus. *Phytopath. Mediter.* 12: 116—117.
  - & RAATIKAINEN, M. 1974. Cereal diseases transmitted or caused by aphids and leafhoppers in Turkey. *Ann. Acad. Sci. Fenn. A. IV Biologica.* 203: (Painossa.)

### III TULOKSET

#### 1. Suomessa todetut Gramineae-kasvien virukset

##### 1.1 Vehnän viirumosaiikkivirus (wheat striate mosaic virus)

Viljakaskaan, *Javesella pellucida* Fabr., todettiin levittävän vehnään virusta (IKÄHEIMO 1960), joka saastutti myös kauraa, ohraa ja eräitä

luonnonvaraisia ja viljeltyjä heiniä (IKÄHEIMO 1964). *Javesella pellucida* on kuulunut aikaisemmin *Delphacodes*, *Delphax* ja *Calligypona* -sukuun, mutta nykyisin se luetaan *Javesella*-sukuun kuuluvaksi (FENNAH 1963). Tämä vehnän viirumosaiikkivirukseksi identifioitu

virus aiheutti viljoihin ohuina katkoviiruna alkavaa, lopulta kasvin lähes täydelliseen keltastumiseen ja kuolemaan johtavaa kloroosia. Taudin inkubaatioaika kasveissa vaihteli 2—3 viikkoon. Kaikki viljakaskasyksilöt eivät pystyneet siirtämään virusta. Eräät kaskaskasvatukset eivät siirtäneet ollenkaan virusta, eräiden kasvatuksien kaskaista oli 3—8 % ja yhden kasvatuksen yksilöistä puolet siirtokykyisiä (IKÄHEIMO 1960).

Viljakaskaan ohella myös tumman viljakaskaan, *Javesella (Calligypona) obscurellan* Boh. todettiin siirtävän viirumosaiikkivirusta (IKÄHEIMO ja RAATIKAINEN 1961).

Suomessa todettu viirumosaiikkivirus näytti ominaisuuksiltaan täysin vastaavan Englannissa (SLYKHUIS ja WATSON 1958), Tšekkoslovakiassa (PRŮŠA ja VACKE 1960 a, 1961) ja Ruotsissa (LINDSTEN 1961) esiintyvää viirumosaiikkivirusta, josta LINDSTEN (1961) tosin käytti nimitystä »oat striate and red disease». Taudin vektorina näissä maissa toimi *J. pellucida* -kaskas. Englannissa todettiin myös *Javesella dubia* Kirsch. -kaskaan levittävän viirumosaiikkia (KISIMOTO ja WATSON 1965). Viruksensiirtokyvyltään erilaisia viljakaskasrotuja on todettu esiintyvän sekä Englannissa (WATSON ja SINHA 1959) että Tšekkoslovakiassa (PRŮŠA ja VACKE 1960 a).

Viirumosaiikkiviruksen oli myös todettu siirtyvän viljakaskaan munassa sen jälkeläistöön (SLYKHUIS ja WATSON 1958, PRŮŠA ja VACKE 1960 b).

### 1.2. Kauran tyviversovirus (oat sterile-dwarf virus)

Viljakaskaan todettiin levittävän vehnän viirumosaiikkiviruksen ohella myös kauran tyviversovirusta (oat sterile-dwarf). Tyviversoviruksen infektoimat kasvit olivat pienikokoisia, pensasmaisia, koska sivuversoja muodostui epänormaalisena runsaasti. Ylimmissä lehdistä esiintyi hieman kellanvihreää kirjavoitumista, muutoin kasvien vihreä väri oli normaalia tummempi (IKÄHEIMO 1961). Tyypillisimmät oireensa tyviversovirus aiheutti kaurassa, mutta sen todettiin infektoivan myös

vehnää, ohraa, ruista ja eräitä heinäkasveja (IKÄHEIMO 1964). Viruksen inkubaatioaika kasveissa vaihteli 3—5 viikkoon (IKÄHEIMO 1961).

Kauran tyviversoviruksen todettiin voivan esiintyä samanaikaisesti vehnän viirumosaiikkiviruksen kanssa sekä samassa *J. pellucida* -kaskaassa että samassa isäntäkasvissa (IKÄHEIMO 1961).

Viljakaskaan ohella myös tumman viljakaskaan, *Javesella obscurella*, ja elokaskaan, *Dicranotropus hamata* (Boh.) todettiin levittävän kauran tyviversovirusta (IKÄHEIMO ja RAATIKAINEN 1961, 1963). Kaikkien näiden lajien sekä toukat että aikuiset, koiraat ja naaraat siirsivät virusta. Viruksen inkubaatioaika kasveissa vaihteli 7—38 vrk:een (IKÄHEIMO 1961, IKÄHEIMO ja RAATIKAINEN 1961, 1963). Väehäisen esiintymisensä vuoksi *J. obscurella* ja *D. hamata* eivät ole niin merkityksellisiä virusten vektoreina kuin *J. pellucida*, joskin *J. obscurellaa* saattaa esiintyä paikoittain runsaastikin (IKÄHEIMO ja RAATIKAINEN 1961, 1963).

Kauran tyviversovirus todettiin ominaisuuksiensa vuoksi kaurantuhon pääasialliseksi aiheuttajaksi (IKÄHEIMO 1961).

Suomessa todettu kaurantyyviversovirus oli samanlainen kuin Tšekkoslovakiassa todettu oat sterile-dwarf-virus (PRŮŠA 1958, PRŮŠA ym. 1959) ja Ruotsissa todettu »oat dwarf and tillering» -virukseksi nimitetty virus (LINDSTEN 1961), joita molempia *J. pellucida* levittää. Ruotsissa myös *Dicranotropus hamata* -kaskas levitti »oat dwarf and tillering» -virusta. LINDSTENin (1961) mukaan »oat dwarf and tillering» -virus on todennäköisesti sama virus kuin oat sterile-dwarf -virus. Sekä Tšekkoslovakiassa (PRŮŠA ym. 1959) että Ruotsissa (LINDSTEN 1961) epidemian luonteisena esiintyneen kaurantaudin aiheuttajana todettiin olleen tämän *J. pellucidan* levittämän viruksen.

### 1.3. Viljan kääpiökasvuvirus (barley yellow dwarf virus)

Viljan kääpiökasvuvirus todettiin Suomessa ensi kerran 1950-luvun lopulla (IKÄHEIMO



1960), mutta Maatalouden tutkimuskeskuksen tuhoeläintutkimuslaitoksen arkistoissa olevien tietojen perusteella voidaan melko varmasti olettaa sitä esiintyneen runsaasti jo v. 1926, 1947, 1954 ja 1959 (vrt. VAPPULA 1962, IKÄHEIMO 1964).

*Rhopalosiphum padi* L., *Macrosiphum dirhodum* Walk. ja *M. avenae* -kirvojen todettiin siirtävän viljan kääpiökasvuvirusta (BREMER 1964), jotka ovat yleisesti tunnettuja kääpiökasvuviruksen vektoreita (BRUEHL 1961, FRITSCHYM. 1972). Vuosien 1961—1963 aikana kerätyistä 126 kaura- ja ohranäytteestä eristettiin kirvoilla yhteensä 45 näytteestä kääpiökasvuvirus (BREMER 1964, taulukot 1, 2 ja 3). Näytti siltä, että viruseristykset olivat rotutyyppejä, jota siirsi tehokkaimmin *R. padi* -kirva, mutta vähäisessä määrin myös muut kirvat. Euroopassa onkin useimmiten eristetty *R. padin* levittämiä ei-vektorispesifisiä rotuja (OSWALD ja THUNG 1955, RADEMACHER ja SCHWARZ 1958, WATSON ja MULLIGAN 1960, KOBEL 1960, LINDSTEN 1964 a, VACKE 1964, ROCHOW 1969). Vektorien viruksen-siirtokykyä selvitellessä todettiin kokeissa koko ajan käytetyn, yhden viruksettoman *R. padi* -emon jälkeläisten muodostaman kloonin siirtokyky huomattavasti tehokkaammaksi kuin vastaavanlaisten *M. avenae* ja *M. dirhodum* -kloonien. Keskimäärin 46.3 % *R. padi* -yksilöistä oli viruksensiirtokykyisiä; *M. avenae* -yksilöistä 35.9 % ja *M. dirhodum* -kirvoista vain 25.4 % siirsi virusta (BREMER 1964, taulukko 7). Myös eri paikkakunnilta kerättyjen *R. padi* ja *M. avenae* -kloonien siirtokykyä vertailtaessa todettiin *R. padi* -kirvoista 41.7—56.3 %:n ja *M. avenae* -kirvoista 17.5—53.1 %:n olevan viruksensiirtokykyisiä (BREMER 1964, taulukot 9 a ja b).

*R. padi* -kirvat tarvitsivat yleensä 15—30 minuutin imentäajan viruksen akvisoimiseksi, kuitenkin 2 kirvaa kokeiluista 44 kirvasta akvisoi viruksen jo 5 minuuttia kestävän imennän aikana. Lyhin aika, minkä kirvat tarvitsivat viruksen akvisoimiseen ja edelleen siirtämiseen, oli 16 tuntia (BREMER 1964, taulukko 12). Samanlaisia tuloksia saivat myös WATSON

ja MULLIGAN (1960), ROCHOW (1963) sekä TOKO ja BRUEHL (1959).

*R. padi* onkin aikaisen viljoihin siirtymisensä ja yleisyytensä (vrt. VAPPULA 1962, RAATIKAINEN ja TINNILÄ 1961) vuoksi tärkein kääpiökasvuviruksen vektori. Vektorikirvojen on todettu usein lisääntyvän voimakkaammin kääpiökasvuviroottisilla kuin terveillä kasveilla (vrt. MARKKULA ja LAUERMA 1964). Tämä näyttää johtuvan viroottisen kasvin kirvoille edullisesta koostumuksesta eikä viruksen suoranaisestä vaikutuksesta, sillä kun kääpiökasvuvirusta imeneet kirvat siirrettiin kasvamaan ja lisääntymään kääpiökasvuviruksen kestäväälle *Arrhenatherum elatius* (L.) J. & C. Presl. -kasville, niin virusta imeneiden ja viruksettomien kontrollikirvojen jälkeläismäärien suuruudessa ei todettu mitään eroja (BREMER 1964, taulukko 13).

Kääpiökasvuvirusten isäntäkasvilajistoa selvitellessä sen todettiin infektoivan kauran, ohran, vehnän ja rukiin lisäksi monia viljeltyjä ja luonnonvaraisia heiniä (BREMER 1964, taulukko 4). Kääpiökasvuviruksella on todetkin olevan hyvin laajan isäntäkasvivalikoiman (vrt. BRUEHL 1961, ROCHOW 1961, SLYKHUIS 1967 a).

Viljan kääpiökasvuviruksen vaikutusta kauran, ohran ja vehnän satoon tutkittiin kenttäkokeissa. 3-lehtiasteella saadun infektion todettiin alentaneen jyväsatoa kaurassa keskim. 41.2—79.1 % ja ohrassa 25.7—34.3 % (BREMER 1964, taulukko 6). Vehnässä aikaisin saadun infektion aiheuttama sadon alennus oli 44 % (BREMER 1964, taulukko 5). Käytännön viljapelloilla ei tehtyjen havaintojen mukaan kääpiökasvuviruksen aiheuttama infektio kuitenkaan tavallisesti tule näin aikaisin eikä näin laajana, vaan viruksenkantajakirvat siirtyvät tavallisesti pienissä määrin talvehtimiskasveita viljoihin ja infektoivat muutamia kasveja, joista talvehtineiden kirvojen jälkeläiset levittävät virusta edelleen uusiin kasveihin. Siten pelloilla on tavallisesti aina hyvin eri aikoina infektoituneita kasveja, joissa taudin voimakkuus vaihtelee infektion saamisajan mukaan.

#### 1.4. Juolavehnän mosaiikkivirus (*Agropyron mosaic virus*)

Juolavehnän mosaiikkivirus eristettiin ensi kerran Suomessa juolavehnästä (BREMER 1964), mutta myöhemmin myös kevätvehnästä (BREMER 1974). Aikaisemmin juolavehnän mosaiikkiviruksen on todettu esiintyvän U.S.A:ssa (McKINNEY 1937) ja Kanadassa sekä juolavehnässä että vehnässä (SLYKHUIS 1952, 1962). Euroopassa juolavehnän mosaiikkiviruksen on todettu Suomen ohella esiintyvän myös Saksan Demokraattisessa Tasavallassa (SCHUMANN 1966, 1969).

Juolavehnän mosaiikki aiheuttaa heinäkasveissa mosaiikkimaista kellertävää kirjavuutta ja lisäksi kasvun heikentymistä (BREMER 1964, 1974). Virukselle ovat alttiita vehnä, ruis ja eräät heinälajit. Ohra on ollut sen sijaan kestävä. Kaksisirkkaisista kasveista ainoastaan *Chenopodium quinoa* Willd. -lajin kasveihin ilmaantui paikallisia oireita (BREMER 1964, taulukko 1). Suomessa todettu virus ei poikkea isäntakasvilajistoltaan muualla todetuista juolavehnän mosaiikkiviruksista (vrt. McKINNEY 1937, SLYKHUIS 1952, 1962, SCHUMANN 1969).

Juolavehnän mosaiikki siirtyi helposti mehussa, mutta viljakirvat eivät siirtäneet sitä (BREMER 1964). Samaan tulokseen päätyi SCHUMANN (1969), mutta U.S.A:ssa todettiin *Abacarus hystrix* -äkämäpunkkien levittävän juolavehnän mosaiikkia (SLYKHUIS 1969). Juolavehnän mosaiikkivirus inaktivoitui kuumentettaessa viruspitoista puristemehua 10 minuutin ajan +50°C:ssa tai laimennettaessa puristemehua suhteessa 1:60 000 (BREMER 1964, taulukot 3 ja 4). Elektronimikroskoopin avulla mitattujen virushiukkasten koko oli 700–750 × 14–15 mμ (BREMER 1964). Näiltä fysikaalisilta ominaisuuksiltaan Suomessa todettu juolavehnän mosaiikkivirus oli U.S.A:ssa (vrt. McKINNEY 1937), Kanadassa (SLYKHUIS ja BELL 1965) ja Saksassa (SCHUMANN 1966, 1969) todettujen virusten kaltainen.

Kesinä 1971–1973 tehtyjen havaintojen mukaan juolavehnän mosaiikkivirusta esiin-

tyi varsin yleisesti juolavehnässä ja myös kevätvehnässä Etelä-Suomessa. Pelloilta ja niiden pientareilta otetuista 16 juolavehnänäytteestä 9:ssä ja 39 testatusta kevätvehnänäytteestä 2:ssa todettiin juolavehnän mosaiikkia (BREMER 1974).

#### 1.5. Bromus-mosaiikkivirus (*brome grass mosaic virus*)

*Bromus*-mosaiikkivirus eristettiin Suomessa vehnästä, ohrasta, kaurasta, rukiista, timoteista, nurmiröhlöistä ja juolavehnästä (BREMER 1973), mitkä kaikki ovat tunnettuja *Bromus*-mosaiikkiviruksen isäntäkasveja (McKINNEY 1944, ÖHMANN—KREUTZBERG 1963).

Virus siirtyi helposti mehussa ja luultavasti myös maassa olevien vektorien välityksellä (BREMER 1973). Nematodienhan on todettu Saksassa levittävän *Bromus*-mosaiikkivirusta (SCHMIDT ym. 1963). U.S.A:ssa myös kova-kuoriaiset levittävät sitä (STONER 1968). Useista tehdyistä virusisolaateista otettiin kuusi vertailtaviksi. Neljä isolaattia oli eristetty ohrista, yksi kevätvehnästä ja yksi juolavehnästä eri paikkakunnilta otetuista näytteistä.

Kaikki kuusi isolaattia aiheuttivat selviä oireita ohraan, kauraan, vehnään, rukiiseen ja maissiin sekä moniin muihin heiniin ja eräisiin kaksisirkkaisiin kasveihin. Infektoituneisiin kasveihin ilmaantui 5–8 vrk:n kuluessa vaa-leanvihertävää ja keltaista mosaiikkimaista kirjavuutta; kasvit jäivät pienikokoiksi ja niiden tähkät ja röyhyt kahuuntuivat (BREMER 1973, taulukko 1). Oireet olivat hyvin selvät 3–4 viikon ajan ilmaantumisensa jälkeen, mutta myöhemmin ne heikkenivät suuresti.

Viisi isolaattia aiheutti voimakkaita nekroosilaikkuja maississa. Heinissä oireet vaihtelivat hyvin heikosta vihertävästä kirjavuudesta voimakkaaseen kloroosiin. Seuraavat kaksisirkkaiset kasvit olivat alttiita: *Chenopodium amaranticolor* Coste et Reyn., *C. quinoa* Willd., *Datura metel* L., *D. stramonium* L., *Gomphrena globosa* L. ja *Petunia hybrida* L. (BREMER 1973, taulukko 1).

Oireiltaan ja isäntäkasvilajistoltaan ei Suomessa eristetty *Bromus*-mosaiikki poikennut sanottavasti Saksassa (ÖHMANN—KREUTZBERG 1963), Jugoslaviassa (Tošić 1971), Venäjällä (VLASOV ym. 1965, SLYKHUIS 1967 c) ja U.S.A:ssa (McKINNEY 1944) eristetyistä *Bromus*-mosaiikkitaudeista, joissa kaikissa maisassa on todettu eri isolaattien aiheuttamien oireiden voimakkuuden vaihtelevan suurestikin, mutta olevan pääpiirteissään samanlaisia.

Eri virusisolaatit aiheuttivat samantapaisia oireita eri isäntäkasveissa. Oireiden voimakkuus vaihteli jonkin verran eri isolaattien infektoimissa kasveissa. Isäntäkasvilajistoiltaan virusisolaatit eivät juuri poikenneet toisistaan (BREMER 1973, taulukko 1).

Virusisolaatit inaktivoituvat viruspitoista mehua kuumennettaessa siten, että kolme isolaattia inaktivoitui  $+72-74^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa ja kolme  $+76-80^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa (BREMER 1973, taulukko 3). Viruspitoista mehua vedellä laimennettaessa se inaktivoitui 1:10 000—1:50 000 välisissä laimennuksissa.

Elektronimikroskoopissa nähtiin pyöreitä noin 30 m $\mu$ :n läpimittaisia hiukkasia (BREMER 1973).

Kesien 1971—1973 aikana tehtiin havaintoja

ja otettiin näytteitä Etelä-Suomen viljapelloilta virustautien esiintymisen selvittämiseksi. Silmävaraisten havaintojen todettiin olevan riittämättömiä mehulevintäisten virustautien toteamiseksi. Virustautien aiheuttamat oireet vaihtelivat suuresti kasvien kehitysasteen ja kasvuympäristön mukaan. Usein oireet saattoivat muistuttaa epäsuotuisten ravinne- tai sääolojen aiheuttamia oireita kasveissa (vrt. BREMER 1974).

Vuosina 1971—1973 testattiin yhteensä 48 ohra-, 39 vehnä-, 9 kaura-, 3 ruis-, 16 juolavehänä-, 11 timotei- ja 6 muuta heinänyttettä. *Bromus*-mosaiikkivirus eristettiin 6 ohra-, 4 vehnä-, 2 kaura-, 2 ruis-, 2 juolavehänä- sekä 2 nurmirölli- ja 2 timoteinäytteestä (BREMER 1974, taulukko 1).

*Bromus*-mosaiikkivirusta esiintyi useilla paikakunnilla Etelä-Suomessa. Keski- ja Länsi-Suomessa ei havaintoja tehty. Laajan, myös monivuotisia heiniä käsittävän isäntäkasvilajistonsa avulla *Bromus*-mosaiikki pystynee melko helposti säilymään kasvukaudesta toiseen sekä todennäköisesti myös leviämään kasvista toiseen (BREMER 1973). *Bromus*-mosaiikkiviruksen leviämisen tuntemiseksi täytyisi kuitenkin selvittää sen leviämistavat maassa.

## 2. Turkissa todetut heinäkasvien virukset ja hyönteisten aiheuttamat taudit

### 2.1. Ohran juovamosaiikkivirus (*barley stripe mosaic virus*)

Ohran juovamosaiikkivirus eristettiin ohrasta Turkissa Kinikin ja Beyenderen kunnissa. Molemmat isolaatit aiheuttivat samanlaisia oireita, vaaleanvihertävästä miltei valkoiseen vivahtavia laikkuja ja viiruja, mitkä lopulta muuttuivat nekroottisiksi. Vehnässä oireet olivat hyvin samantapaiset kuin ohrassa. Nekroosia ei kuitenkaan esiintynyt (BREMER 1972). Turkissa eristetyt virusisolaatit eivät poikenneet merkittävästi oireiltaan muualta eristetyistä viruksista (vrt. McKINNEY 1951, KASSANIS ja SLYKHUIS 1959, NITZANY, KEN-

NETH ja GERECHTER 1962, ÖHMANN—KREUTZBERG 1962).

Kaura ei ollut altis kummallekaan isolaatille, mutta sokerimaissi oli altis samoin kuin eräät heinäajit (BREMER 1972). Yleensä vain harvat juovamosaiikkiviruksen rodut ovat infektoineet kauraa (vrt. McKINNEY ja GREELEY 1965). Kokeilluista kaksisirkkaisista kasveista viisi *Chenopodium*-lajia samoin kuin pinaatti (*Spinacia oleracea* L.) olivat alttiita. *C. quinoa* ja *S. oleracea* ovat olleet alttiita ja osoittaneet selviä oireita myös englantilaisissa kokeissa (KASSANIS ja SLYKHUIS 1959), mutta Israelissa virus oli latenttina pinaatissa (NITZANY ja KENNETH 1959).

Viruspitoista mehua kuumennettaessa Kinik-isolaatti inaktivoitui +50—62°C:ssa ja Beyendere-isolaatti +62—64°C:ssa. Mehua laimennettaessa molemmat virusisolaatit inaktivoituivat  $10^{-3}$  —  $2 \times 10^{-3}$  laimennuksissa. Viruspitoinen kasvimehu säilyi +15°C:n lämpötilassa infektiokykyisenä ainakin 9 vrk, mutta ei 11 vrk (BREMER 1972).

Myös muiden tutkijoiden kokeissa on juovamosaiikkiviruksen lämmönsietoraja ollut +60 ja +64°C:n välillä ja virus on säilynyt infektiokykyisenä huoneenlämmössä 8—32 vrk (vrt. MCKINNEY 1953, KASSANIS ja SLYKHUIS 1959, NITZANY ja KENNETH 1959, ÖHMANN—KREUTZBERG 1962).

Molemmat isolaatit siirtyivät helposti mehussa (BREMER 1972). Juovamosaiikkiviruksen tiedetään leviävän mehussa, pisarointivedessä, siitepölyssä ja siemenissä (vrt. ÖHMANN—KREUTZBERG 1962). Kinik-isolaatti oli siemenlevintäinen ohrassa, vehnässä, pantaheinässä (*Setaria italica* (L.) Beauv.) ja hirssissä (*Panicum miliaceum* L.). Beyendere-isolaatin siemenlevintäisyyttä ei tutkittu. Kinik-virusisolaatti siirtyi 30 %:iin Bido-ohran siemeniä, 30 %:iin Karakilcik-vehnää ja 35 %:iin Lerma Rojo -vehnän siemeniä (BREMER 1972).

Kirjallisuustietojen mukaan on jopa 100 % (GOLD ym. 1954) tai 90 % (MCKINNEY 1953, ESLICK 1953) juovamosaiikkisen ohran siemenistä ollut infektoituneita; toisten tutkijain kokeissa vain 36—54 % (SUTIĆ ja TOŠIĆ 1966 b) ja 55—68 % (PHATAK ja SUMMANWAR 1967) siemenistä oli infektoituneita. Kevätvehnässä on juovamosaiikkiviruksen todettu siirtyneen 15.6—64.6 %:iin siemenistä (MCNEAL ja ATANASIEV 1955). Lisäksi tämä virus on siirtynyt useiden heinien siemenissä (NITZANY ja GERCHTER 1962, INOUE 1962).

Ohran juovamosaiikkia todettiin esiintyvän viidessä Izmirin läheisyydessä sijaitsevassa kunnassa. Yhtä peltoa lukuun ottamatta olivat kaikki pellot, joilla juovamosaiikkia esiintyi, verrattain pieniä. Näiden peltojen viljelijät käyttivät todennäköisesti omilta viljelyksiltä saatua siementä ja siten virus säilyi siemenissä kasvukaudesta toiseen (BREMER 1972).

## 2.2. Vehnän juovamosaiikkivirus (wheat streak mosaic virus)

Vehnän juovamosaiikkivirus eristettiin ensiksi ukonkaurasta (*Avena strigosa* Schreb.) mutta myöhemmin myös viljellyistä vehnästä (*Triticum aestivum* L.) ja kaurasta (*Avena sativum* L.) sekä luonnonvaraisista *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (BREMER 1971) ja *Digitaria* sp. -heinälajeista (BREMER 1973 b). Virus siirtyi helposti mehussa (BREMER 1971). Kirjallisuustietojen mukaan tämä virus siirtyy mehussa sekä punkkien *Aceria tulipae* Keifer (SLYKHUIS 1955) ja *Aceria tosicella* Keifer (TOŠIĆ 1971) välityksellä. Virus aiheutti vehnien ja muiden heinien lehdissä mosaiikkimaista kirjavuutta, kitukasvuisuutta, joskus myös lehtien kiertymistä ja epämuotoisuutta. Tauti oli melko lievää kaurassa, ohrassa usein piilevää ja rukiissa täysin latenttia (BREMER 1971). Eri virusisolaatit aiheuttivat voimakkuudeltaan erilaisia oireita (BREMER 1973 b). Turkkilaisen juovamosaiikin aiheuttamat oireet eivät poikenneet kirjallisuudessa esitetystä, muualla todettujen vehnän juovamosaiikkivirusten aiheuttamista oireista (vrt. SLYKHUIS 1955, POP 1962, SLYKHUIS ja BELL 1963, TOŠIĆ 1971), joskin eri isolaattien aiheuttamat oireet ovat vaihdelleet voimakkuudeltaan (vrt. MCKINNEY 1944, 1953, FELLOWS 1949, LAL 1957).

Vehnän juovamosaiikilla oli laaja isäntäkasvivalikoima. Kaikki kokeillut *Triticum*, *Avena* ja *Hordeum* -lajit olivat alttiita, joskin taudin voimakkuus vaihteli huomattavasti eri vehnälajikkeissa (BREMER 1971, taulukko 2). Turkissa Agricultural Research and Introduction Centre -laitoksen geenipankkiin kerättyjen vehnän maatiaskantojen juovamosaiikkiviruksen kestävyttä tutkittaessa todettiin pääosan 156 kokeillun kannan kasveista olevan virukselle alttiita, mutta parin kannan kasvien joukosta löydettiin muutama kestäväkin yksilö (BREMER 1973 c).

Myös kirjallisuuden mukaan vehnän juovamosaiikkiviruksella on sangen laaja isäntäkasvilajisto, johon kuuluvat Turkissakin todetun viruksen isäntäkasvit (vrt. SLYKHUIS

1955, MCKINNEY ja FELLOWS 1951, SILL ja CONNIN 1953, POP 1962, TOŠIĆ 1971). Ainoa poikkeus on *C. dactylon*, joka näyttää olevan juovamosaiikin uusi isäntäkasvi. Ainoana juovamosaiikin monivuotisena, luonnonvaraisena isäntäkasvina se lienee merkityksellinen viruksen säilyttäjänä kasvukaudesta toiseen (BREMER 1971).

Vehnän juovamosaiikkivirus eristettiin vehnästä Turkissa useiden paikkakuntien pelloilta. Neljää isolaattia vertailtaessa todettiin, että niiden isäntäkasvilajistot olivat lähes samat ja että eri isolaattien aiheuttamien oireiden voimakkuus vaihteli jonkin verran (BREMER 1973 b, taulukko 1). Isolaattien lämmönsietorajat olivat +54–56°C ja laimennusrajat  $10^{-2}$ – $10^{-3}$  (BREMER 1971, taulukko 3, ja BREMER 1973 b, taulukko 2), mitkä eivät poikkeaa muissa maissa eristettyjen juovamosaiikkivirusten lämmönsieto- ja laimennusrajoista (vrt. BREMER 1973 b, taulukko 3).

Omien kokeiden ja kirjallisuudesta saatujen, vehnän juovamosaiikkivirussisolaatteja ja niiden vertailua koskevien tietojen (vrt. LAL 1957, POP 1962, RAZVYAZKINA ym. 1963, SLYKHUIS ja BELL 1963, 1965, TOŠIĆ 1971) perusteella näyttää siltä, että vehnän juovamosaiikkivirus on sangen yhtenäinen virus (BREMER 1973 b), joka ei esiintyne monina rotuina.

### 2.3. Viljan kääpiökasvuvirus (barley yellow dwarf virus)

Turkissa todettu viljan kääpiökasvuvirus oli oireiltaan samanlainen kuin Suomessa (BREMER 1964) ja muissa maissa (vrt. BRUEHL 1961, SLYKHUIS 1967 a) todettu virus. Virus eristettiin pelloilla ja pientareilla tavatuista punertava- tai kellertävälehtisistä kaura-, vehnä-, ohra- sekä *Avena strigosa* ja *Bromus madritensis*-kasveista (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *R. padi* L. ja *Sipha kurdjumovi* (Mordv.) -kirvojen todettiin levittävän virusta (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). *R. maidis* ja *R. padi* ovatkin yleisimpiä

ja tärkeimpiä kääpiökasvuviruksen vektoreita koko maailmassa (vrt. BRUEHL 1971, ROCHOW 1969, FRITSCHÉ ym. 1972), mutta *S. kurdjumovi* näyttää olevan uusi vektorilaji.

Viljan kääpiökasvuvirus esiintyi hyvin yleisenä luonnonvaraisissa kauralajeissa sekä monissa muissa heinälajeissa peltojen pientareilla. Vektorikirvojen vähäisyys ja myöhäinen viljapeltoihin siirtyminen estivät kääpiökasvuviruksen runsaan esiintymisen viljapelloissa (vrt. BREMER ja RAATIKAINEN 1974, kartta 1).

### 2.4. Maissin mosaiikkivirus (maize mosaic tai sorghum red stripe)

Maissin mosaiikkivirus, joka on sokeriruo'on mosaiikkiviruksen (sugar cane mosaic virus) rotu (vrt. DIJKSTRA ja GRANCINI 1960, LOVISOLO ja ACIMOVIC 1961), eristettiin ensiksi Turkissa villidurrasta (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) myöhemmin myös maissista (*Zea mays* L.) (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Virus siirtyi sekä mehussa että kirvojen välityksellä. *Myzus persicae* (Sulz), *R. maidis*, *R. padi* ja *S. kurdjumovi* -kirvojen todettiin levittävän virusta (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Kaikki muut lajit paitsi *S. kurdjumovi* ovat tunnettuja maissin mosaiikkiviruksen vektoreita (vrt. LOVISOLO ja ACIMOVIC 1961, SUŤIĆ ja TOŠIĆ 1966, SIGNORET 1971, FRITSCHÉ ym. 1972). *S. kurdjumovi* näyttää olevan uusi maissin mosaiikkiviruksen vektori.

Maissin mosaiikkivirus infektoi paitsi maissia ja villidurraa myös muita *Sorghum*-lajeja. Etenkin durrassa (*S. vulgare* Pers.) viruksen aiheuttama tauti oli hyvin voimakas. Lehdissä esiintyi voimakkaan punaisia pisteitä ja rengasmaisia laikkuja, jotka nopeasti muuttuivat nekroottisiksi, ja usein kasvit kuolivat. Virus aiheutti maissin ja villidurran lehtiin kellertävää mosaiikkimaista kirjavoitumista ja lievää kitukasvuisuutta.

Vehnä, ohra ja kaura eivät olleet alttiita (BREMER ja RAATIKAINEN 1974).

Edellä kuvatut oireet ovat tyypillisiä muualla todetuille maissin mosaiikkiviruksille (vrt.

LOVISOLO ja ACIMOVIC 1961, BENADA ym. 1964, SIGNORET 1971).

Maissin mosaiikkiviruksen lämmönsietoraja oli +56—58°C ja laimennusraja  $10^{-3} - 2 \times 10^{-3}$ . Viruspitoisuus puristemehu säilyi infektiokykyisenä huoneen lämmössä vähemmän kuin 24 tuntia (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Muiden tutkijain kokeissa on maissin mosaiikkiviruksen lämmönsietoraja ollut +50—55°C ja laimennusraja  $10^{-3} - 10^{-4}$  (vrt. LOVISOLO ja ACIMOVIC 1961, SUĆIĆ ja TOŠIĆ 1966 a, SIGNORET 1971).

Maissin mosaiikki esiintyi yleisenä villidurrassa ja jossain määrin myös maississa Turkin länsi- ja pohjoisosissa tehtyjen havaintojen mukaan (BREMER ja RAATIKAINEN 1964, kartta 1).

## 2.5. *Brachycolus* sp. -kirvan aiheuttama toksemia

Ohra-, vehnä- ja kaurapelloilla tavattiin yleisesti kasveja, joissa ilmeni samantapaista viiruisuutta kuin virusten infektoimissa kasveissa. Vioituksen todettiin kuitenkin olevan *Brachycolus*-kirvojen suoranaisesti aiheuttama (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Vioitus on aiheuttanut Turkissa vehnän satotappioita (ÖDEN ym. 1965).

## 2.6. Kaskaiden levittämät ja aiheuttamat taudit

Monien kaskaslevintäisten tautien, erityisesti ns. yellows-tautien aiheuttajien luultiin aluksi olevan viruksia, mutta myöhemmin on monien aiheuttajiksi todettu mykoplasmat (vrt. DAVIS ja WHITCOMB 1971, FRITSCHÉ ym. 1972). Kun ei ollut mahdollista selvittää, olivatko Turkissa todetut kaskaiden levittämät taudit virusten vai mykoplasmojen aiheuttamia, käsitellään ne kaikki samassa yhteydessä.

Pelloilla ja peltojen pientareilla tavattiin viljeltyjä ja luonnonvaraisia ohra-, vehnä- ja kaura- sekä *Bromus*- ja *Lolium*-lajien kasveja, joissa ilmeni virustautien, erityisesti kaskaslevintäisten virustautien oireiden kaltaisia oi-

reita. Paikoilta, joissa esiintyi tautisia kasveja, kerättiin kaskaita, joiden viruksellisuus testattiin kasvihuoneessa. Viruksettomiksi todettiin kaskaila ja niiden jälkeläisillä tehtiin siirtokokeita löydettyistä viroottisista kasveista.

Eräiden kaskaiden, jotka olivat *Javesella pellucida* -kaskaiden kaltaisia, mutta joita ei ehditty määrittää, todettiin levittävän vehnään, ohraan, kauraan ja maissiin tautia, joka aiheutti kellertävinä pilkkuina ja viiruina alkavaa voimakasta kloroosia ja kitukasvuisuutta (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Tauti muistutti suuresti vehnän viirumosaiikkia (wheat striate mosaic) (vrt. SLYKHUIS ja WATSON 1958, PRŮŠA ja VACKE 1960 a, LINDSTEN 1961, IKÄHEIMO 1960). Tämä Turkissa löydetty tauti ei ole yleinen ja merkityksellinen Turkissa (vrt. BREMER ja RAATIKAINEN 1974, kartta 2).

Toisen kaskaslajin, joka määritettiin *Euscelis plebejus* (Fall.) -lajiksi, todettiin levittävän tautia, joka myös aiheutti kloroottista juovaisuutta vehnän, ohran ja kauran lehtiin. Oireiden mukaan tautia nimitettiin ohran keltajuovaisuustaudiksi (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Oireet olivat kuitenkin selvästi erilaiset kuin viirumosaiikin aiheuttamat oireet. Taudin inkubaatioaika oli kasveissa 15—20 vrk ja *E. plebejus* -kaskaissa 20—26 vrk. Sekä toukat että naaraat ja koiraat kykenivät siirtämään taudin aiheuttajaa (BREMER ja RAATIKAINEN 1974, taulukko 1). Ohran keltajuovaisuustauti ei vastaa oireiltaan eikä vektoriltaan täydellisesti mitään tunnettua heinäkasvien virus- tai mykoplasmatautia, joskin keltajuovaisuustaudin ominaisuuksien selvittely jäi kesken, joten sen identifioiminen ei ole varmaa (BREMER ja RAATIKAINEN 1974).

Ohran keltajuovaisuustautia esiintyi noin 10—15 %:ssa kasveista eräillä pelloilla, joiden ympäristössä oli *E. plebejus* -kaskaille sopivia säilymispaikkoja, pientareita ja metsiköitä (BREMER ja RAATIKAINEN 1974, kartta 2).

*E. plebejus* -kaskaiden todettiin myös levittävän ohraan, kauraan ja vehnään tautia, joka oireiltaan oli aster yellows'in kaltainen (vrt. BANTTARI 1965, MURTOMAA 1966). Tätä tautia

tavattiin vain hyvin vähän (BREMER ja RAATIKAINEN 1974, kuva 2).

*E. plebejus* -lajin ravintokasveina käyttämiin ohriin, vehniin ja kauroihin ilmaantui pienikokoisia kasvannaisia, enatioita jo 2–3 vrk imennän alkamisesta. Enatioita ei kuitenkaan ilmaantunut jokaiseen kaskaiden ravintokasviin eikä jokainen kaskasyksilö levittänyt tai aiheuttanut enatioita, vaikkakin sekä toukat että koiraat ja naaraat levittivät tai aiheuttivat niitä (BREMER ja RAATIKAINEN 1974, taulukot 2 ja 3). Sekä virusten (vrt. LINDSTEN 1961, HARPAZ 1972, LINDSTEN ym. 1973, MÜHLE ja KEMPIAK 1971) että hyönteisten erittämien toksiinien (vrt. MARAMOROSCH 1953, 1959, EVENHUIS 1958) tiedetään aiheuttavan enatioita kasveihin. Se, että vain osa *E. plebejus* -yksilöistä levitti tai aiheutti enatioita, viittaisi virustaudin mahdollisuuteen. Muissakin mais-

sa on *E. plebejus* -kaskaiden todettu aiheuttavan enatioita veriapilaan (EVENHUIS 1958) ja sinimailaseen (BLATTNÝ 1959, ALLIOT ja SIGNORET 1972). Mailasen enatioita voitiin siirtää myös ympppäämällä (BLATTNÝ 1959), mutta enatioiden aiheuttajasta ei oltu varmuudella selvillä.

Vektorikaskaita tutkittaessa todettiin *Metadelphax propingua* Fieb -kaskaan vioittavan viljakasveja. Vioituksen todettiin johtuvan *M. propingua* -kaskaiden suoranaisesta imennästä, sillä *M. propingua* -kaskaiden ei todettu levittävän ohran keltajuovaisuustautia, kauran tyvi-versoviroosia tai muita tauteja. Toukkien aiheuttamat vioitukset olivat vähäisiä, koiraiden aiheuttamat kohtalaisia ja naaraiden aiheuttamat voimakkaimpia (BREMER ja RAATIKAINEN 1974).

#### IV TULOSTEN TARKASTELU

Viljat, etenkin ohra, vehnä ja kaura ovat yleismaailmallisia viljelykasveja, joita viljellään mitä erilaisimmissa olosuhteissa. Myös monet viljojen taudit ovat levinneet viljelyn mukana yli koko maapallon. Kuitenkin paikalliset ilmasto- ja viljelyolot sekä viljelykasvien alttius vaikuttavat patogeenien yleisyyteen ja esiintymisen runsauteen joko suoranaisesti tai välillisesti vaikuttamalla mm. vektorien esiintymiseen.

Tässä esitetyt tutkimukset suoritettiin Euroopan viljanviljelyn äärimmäisillä laidoilla, Suomessa ja Turkissa.

Suomessa viljellään runsaasti kevätviljoja, jotka kylvetään toukokuussa ja korjataan elo—syyskuussa. Talvi keskeyttää viljojen viljelyn ja aiheuttaa lepokauden sekä kasveille että viruksille ja niiden vektoreille.

Turkissa viljellään pääasiallisesti syysviljoja, syysvehnää ja vähäisessä määrin syysruista ja syysohraa. Syysvehnä kylvetään Turkin länsiosissa, joissa tämä tutkimus tehtiin, marraskuussa ja korjataan toukokuussa. Lumeton ja pakkaseton talvi ei keskeytä Länsi-Turkissa

viljojen kasvua yhtä tehokkaasti kuin talvi Euroopan pohjoisosissa. Kuuma kesä, jonka aikana vehnä, ohra ja kaura eivät menesty ja jolloin viljellään öljy-, palko- ja vihanneskasveja, tuo kuitenkin tauon viljojen viljelyyn. Koska nurmien ja laidunten viljely on lähes olematonta (Tarim istatiskleri özeti 1966) ja useimmat piennarten luonnonvaraiset heinäkasvit tuleentuvat ja kuihtuvat jo alkukesästä, aiheuttaa kuuma kesä lähes täydellisen tauon heinäkasvien kasvuun seuduilla, joilla ei viljellä maissia tai riisiä. Samalla vähenee vektorienkin määrä, kun taas pohjoinen talvi ei aina suoranaisesti vähennä patogeenien ja vektorien määrää, vaan siirtää ne lepotilaan.

Vertailtaessa Suomessa ja Turkissa todettujen viljan virustautien esiintymistä on pidettävä mielessä, että molemmista maista saadut tiedot ovat vielä varsin puutteellisia. Sekä Suomelle että Turkille yhteisiä tauteja todettiin vain vähän, kirvalevintäistä viljan kääpiökasvuviroosia ja eräitä kaskaslevintäisiä tauteja esiintyi molemmissa maissa.

Kirva- ja kaskaslevintäisillä taudeilla on

yleensä suuri merkitys, sillä vektoriensa avulla ne voivat sopivien olosuhteiden vallitessa aiheuttaa yli maanosien ulottuvia epidemioita, kuten esimerkiksi kaskaslevintäinen maissin juovamosaiikkivirus Afrikassa (GORTER 1953, HERD 1956), samoin kaskaslevintäinen riisin »hoja blanca»-virus Keski- ja Etelä-Amerikassa (OU 1972) ja kirvaleyintäinen maissin kääpiökasvumosaiikki (maize dwarf mosaic) U.S.A:ssa (JANSON ym. 1965).

Kauran tyviversovirusta esiintyi 1950-luvulla epidemian luonteisena ja suuria satotappioita aiheuttavana sekä Tšekkoslovakiassa (PRŮŠA 1958, PRŮŠA ym. 1959), Ruotsissa (LINDSTEN 1959, 1961) että Suomessa (JAMALAINEN 1957, KANERVO ym. 1957, IKÄHEIMO 1961, HEIKINHEIMO ja IKÄHEIMO 1962). Myöhemmin sitä todettiin esiintyvän myös Englannissa (CATHERALL 1970).

Suomessa näyttää runsas nurmien viljely, etenkin vain nurmea ja viljaa käsittävä viljely edistävän vektorien ja virusten säilymistä kasvukaudesta toiseen ja niiden leviämistä. RAATIKAISEN (1967) tutkimusten mukaan *J. pelucida* -kaskas munii mieluummin viljojen korsiin. Viljapelloissa olevat toukat, jotka ovat melko hidaslukkeisia, tuhoutuvat suureksi osaksi syysmuokkauksen yhteydessä. Osa säilyy avo-ojien pientareilla. Talvehtineita viljakaskaita oli runsaimmin keväisin vilja suoja-kasvina kylvetyissä ensimmäisen vuoden nurmissa. Kauran tyviversovirushan talvehtii viljakaskaassa (LINDSTEN 1961, IKÄHEIMO 1961) ja siirtyy talvehtineiden kaskaiden mukana takaisin viljoihin. Eräät nurmissa esiintyvät viljellyt ja luonnonvaraiset heinät ovat tyviversoviruksen isäntäkasveja (VACKE ja PRŮŠA 1962, IKÄHEIMO 1964), joissa virus voi säilyä kasvukaudesta toiseen. Kaskaat näyttävät kuitenkin ottavan tyviversoviruksen viljakasveista, etenkin kaurasta ja ohrasta jo toukka-asteella ollessaan (LINDSTEN 1961).

Tyviversoviruksen esiintymisrunsauden vaihtelu voi johtua myös viruksensiirotokyvyltään erilaisten viljakaspopulaatioiden esiintymisestä. Tällaisten populaatioiden olemassaolo on todettu eri maissa (vrt. PRŮŠA ym.

1959, LINDSTEN 1961, 1962, 1964 b, IKÄHEIMO 1961).

Tyviversotaudin aiheuttajan luonteesta on oltu epävarmoja. Otaksuttiin, että tämä tauti olisikin mykoplasman aiheuttama (BRČAK ja KRALIK 1969), mutta elektronimikroskooppiset tutkimukset osoittivat sen aiheuttajana olevan viruksen (BRČAK ym. 1972).

Kirvaleyintäinen viljan kääpiökasvuvirus on erittäin yleinen Suomessa. Se on esiintynyt eräinä vuosina runsaana ja vahingollisena (IKÄHEIMO 1964). Etenkin lämpiminä kesinä kirvat lisääntyvät nopeasti ja runsaasti ja siirtyvät jo alkukesällä viljapeltoihin. Kääpiökasvuviruksen aiheuttama satotappiohan on sitä suurempi, mitä aikaisemmalla kehitysasteella kasvit ovat saastuneet (BREMER 1965).

*Macrosteles laevis* Rib. -kaskaiden levittämä, asterin keltaviroosiksi (aster yellows) nimitetty tauti saattaa esiintyä paikoittain haitallisena viljoissa (MURTOMAA 1966). NUORTEVAN (1962) toteaman, *Megadelphax sordidula* -kaskaan levittämän virustaudin (Phleum green stripe) merkitystä meillä ei tunneta. Kaskas- ja kirvaleyintäisiä tauteja saattaa esiintyä epidemian luonteisina meillä silloin tällöin runsaastikin nykyisten viljelykasvien ja -menetelmien käytössä ollessa ja vektoreille suotuisten sääolojen vallitessa.

Turkissa eivät kaskaiden ja kirvojen levittämät taudit todennäköisesti voine esiintyä runsaina ja haitallisina, sillä käytössä olevat viljelykierrot, nurmien vähäisyys ja kesän kuumuus vähentävät vektorien ja virusten määriä.

Viljan kääpiökasvuvirusta tavataan Turkissa vain vähäisessä määrin (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Ilmasto rajoittaa siellä suuresti vektorikirvojen ja myös kaskaiden esiintymistä. Viljojen ollessa virusinfektioille alttiissa vaiheessa on sää Turkissa vielä liian viileätä kirvojen runsaalle esiintymiselle (taul. 1). Suomessa kevätiljojen orastumisen ja tähkimisen välinen aika on lämpimämpi kuin vastaava aika Turkissa talvella (taul. 1).

Myös talven viileys ja runsaat rankkasateet (vrt. taul. 1) sekä voimakkaat tuulet vähentä-



Taulukko 1. Lämpö- ja sademäärät Tikkurilassa ja Izmirissä<sup>1)</sup>.

	Tikkurila		Izmir	
	Kuukauden keskim. lämpötilä °C	keskim. sademäärä mm	Kuukauden keskim. lämpötilä °C	keskim. sademäärä mm
Tammikuu	-6.5	55	8.1	141
Helmikuu	-7.1	42	9.0	112
Maaliskuu	-3.6	36	11.2	72
Huhtikuu	2.9	42	15.4	45
Toukokuu	9.3	40	20.2	37
Kesäkuu	14.0 <sup>2)</sup>	48	24.9	8
Heinäkuu	17.0	73	27.6	3
Elokuu	15.4	75	27.3	2
Syyskuu	10.4	69	23.3	16
Lokakuu	5.1	68	18.5	49
Marraskuu	0.7	64	14.3	75
Joulukuu	-2.6	62	10.5	136
Yht.		647		639

<sup>1)</sup> Kolkín (1966) ja Yllik Meteorologi Bültenin (1970) mukaan.

<sup>2)</sup> pystyviivat esittävät kausia, jolloin viljat ovat ennen tähkälle tuloa virustaudelle altteimmassa vaiheessa.

vät ja viivästyttävät vektorikirvojen ja -kaskaiden esiintymistä siten, että vektorien määrän ollessa runsaimmillaan on viljan korjuu-aika jo käsillä (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Vaikkakin viljakirvat, esim. *R. padi*, talvehtivat Turkissa heinäkasveissa (BODENHEIMER ja SWIRSKY 1957) eivätkä väli-isännässä, tuomessa kuten meillä (VAPPULA 1962), on kirvojen eri lajien ja saman lajin jäsenten määrän todettu Turkissa olevan suurimmillaan vasta touko—kesäkuussa (BODENHEIMER ja SWIRSKY 1957), jolloin on jo vehnän korjuu-aika. Siten viljan kääpiökasvuvirusta, jota esiintyy yleisesti Turkissa pientareiden luonnonvaraisissa vilja- ja heinälajeissa, ei vektorikirvojen myöhäisen esiintymisen vuoksi tavata Turkissa (vrt. BREMER ja RAATIKAINEN 1974) yhtä runsaana kuin Suomessa (vrt. BREMER 1964).

Syksyllä, kylvöjen aikaan on vektorikirvojen määrä vähäinen kesän kuumuuden vaikutuksesta. Korkeiden +38°—45°C välisten lämpötilojen, joita Turkissa esiintyy päivisin kesäkuun puolivälistä elokuun puoliväliin, on todettu vaikuttavan kuolettavasti kokeellisissa olosuhteissa esim. *M. persicae*-kirvoihin (BROADBENT ja HOLLINGS 1951) ja kenttäoloissa Israelissa mm. *R. maidis*- ja *R. padi*-kirvoihin (HARPAZ 1953), ja mainittuja alempienkin lämpötilojen on todettu vähentävän kirvojen jälkeläismääriä (BODENHEIMER 1947, HARPAZ

1953). Myös kaskaiden esiintyminen on ollut vähäistä kuumana aikana (BREMER ja RAATIKAINEN 1974). Lisäksi on todettu, että *R. padi*-kirvat eivät ole siirtäneet kääpiökasvuvirusta +35°C tai sitä korkeammassa lämpötiloissa, vaikka samat kirvayksilöt ovat siirtäneet jälleen virusta lämpötilan alentueessa +28°C:een (HARPAZ ja KLEIN 1965).

Israelissa, jossa Jerusalemissa on hyvin samanlaiset lämpöolot kuin Izmirissa, esiintyy *R. padi*- ja *R. maidis*-kirvojen levittämää viljan kääpiökasvuviroosia. Tautia ei ole kuitenkaan koskaan tavattu viljoissa runsaasti juuri vektorikirvojen esiintymisen ja viljojen kasvuajan eriaikaisuuden vuoksi (HARPAZ 1953, HARPAZ ja KLEIN 1965).

Teoreettisesti ajatellen lienee kahdella virustaudilla, maissin mosaiikki- ja vehnän juovamosaiikkitaudilla, mahdollisuuksia runsaaseenkin esiintymiseen Turkissa.

Kirvalevintäistä maissin mosaiikkivirusta näyttää esiintyvän laajalti Vähässä Aasiassa yleisessä villidurrassa, *S. halepense* (BREMER ja RAATIKAINEN 1974), joka on myös tärkeimman vektorikirvan, *Rhopalosiphum maidis* isäntäkasvi (vrt. SORAUER 1957, IYRIBOZ ja ILE-RI 1941). *Sorghum halepense* pystyy myöhäisen kehityksensä vuoksi säilyttämään sekä viruksen että vektorikirvat maissin orastumiseen ja myöhäisempäänkin ajankohtaan. Maissi

kylvetään toukokuussa, jolloin vektorikirvojen (BODENHEIMER ja SWIRSKY 1957) määrä on suurimmillaan. Myöhäiset kylvöt saattavat säästyä kirvoilta, vaikkakin *R. maidis*-kirvoja esiintyy havaintojen mukaan melko myöhään. *R. maidis*-kirvan on todettu Israelissa elävän kesän yli eräiden heinäkasvien tuppien sisällä olevien kiertyneiden lehtien pinnoilla, joissa vallitsee näille kirvoille sopiva mikroilmasto (HARPAZ 1953). Siten *R. maidis*-kirvoja lienee aina edes jossain määrin olemassa. Länsi-Turkissa, jossa suurin osa havainnoista tehtiin, on maissin viljely kuitenkin vähäistä eikä siellä tutkimuksen tekoaikana todettu paljon maissin mosaiikkia. Mustanmeren rannikkoalueella viljellään runsaasti maissia, mutta havaintojen tekoaikana ei sielläkään tavattu kovin paljon maissin mosaiikkia.

Maissin mosaiikkivirusta esiintyy melko yleisesti miltei kaikissa Etelä-Euroopan maissa (POP ja TUSA 1966). U.S.A:ssa tavattiin 1960-luvulla maississa uusi tuhoisa virustauti, maissin kääpiökasvumosaiikki (maize dwarf mosaic), joka suuresti muistuttaa Euroopassa esiintyvää maissin mosaiikkia. Myös tämän taudin aiheuttajaviruksen on todettu olevan sokeriruo'on mosaiikkiviruksen läheisen lajin (SHEPHARD 1965, WILLIAMS ja ALEKSANDER 1964), joka maissin mosaiikkiviruksen tavoin tartuttaa myös *S. halepense*-lajia (SHEPHARD 1965, BANCROFT ym. 1966), vaikka muut tunnetut sokeriruo'on mosaiikkiviruksen rodut eivät infektoi *S. halepensea* (ABBOTT ja TIPPETT 1964). FORDIN ja TOŠIĆIN (1972) mukaan eurooppalainen maissin mosaiikkivirus ja amerikkalainen maissin kääpiökasvumosaiikkivirus ovat samaa lajia, mutta vertailevia kokeita ei ole tehty.

Maissin kääpiökasvumosaiikin äkillisen ja laajan esiintymisen U.S.A:ssa on arveltu johdunneen runsaasta geneettisesti yhtenäisen hybridimaissin viljelystä, sillä n. 85 % U.S.A:ssa tuotetun hybridimaissin siemenestä oli taudin esiintymisvuosina samaa tyyppiä (JANSON ym. 1965).

Vehnän juovamosaiikki on esiintynyt

U.S.A:ssa runsaana ja haitallisena seuduilla, joissa juovamosaiikkiviruksella ja sen vektoripunkilla, *A. tulipae*, on ollut keskeytyksettä heinäkasveja ravintokasveina, esim. syysviljojen jälkeen kevätiljoja tai maissia (SLYKHUIS 1967 b). Suurilla viljelylakeuksilla ovat vektoripunkit voineet levitä tuulen mukana helposti seudulta toiselle (SLYKHUIS 1955, PADY 1955). Samalla tavoin on juovamosaiikilla teoreettisesti hyvät mahdollisuudet säilyä ja esiintyä runsaana Turkissa seuduilla, joilla viljellään kesäisin maissia. Lisäksi monivuotinen luonnonvarainen heinä, *Cynodon dactylon*, joka on lähes ainoa koko kesän vihreänä pysyvä heinäkasvi Turkissa (vrt. POLUNIN ja HUXLEY 1967), on juovamosaiikille altis (BREMER 1971) ja lienee merkityksellinen viruksen säilyttäjä. Turkissa ei ole tutkittu juovamosaiikkiviruksen vektoreita, mutta koska siellä esiintyvä juovamosaiikkivirus ei näytä ominaisuuksiltaan suuresti poikkeavan muualla todetuista juovamosaiikkiviruksista (BREMER 1973 b), se lienee Turkissakin punkkilevintäinen kuten läheisissä maissakin Jordaniassa (SLYKHUIS ja BELL 1963), Romaniassa (POP 1962) ja Jugoslaviassa (TOŠIĆ 1971). Turkin tuulinen ilmasto, helmi—kesäkuun välisenä aikana on keskim. 13 päivänä kuukaudessa vallinnut vähintään 5 boforin tuuli (Yilik meteorologi bülteni 1970), voisi helposti levittää punkkeja viljelykseltä toiselle.

Turkissa todettua siemenlevintäistä ohran juovamosaiikkivirusta esiintynee pääasiallisesti viljelyksillä, joilla käytetään samaa, omilta viljelyksiltä peräisin olevaa siementä (BREMER 1972), ja viruksen määrä vähentynee yhä siementarkastustoiminnan tehostuessa.

Monien kasvitautien on todettu olevan peräisin joko niiden isäntäkasvilajin geenikeskuksesta tai sen läheisyydestä (VAVILOV 1949—1950, ZHUKOVSKY 1965). Tällaisella seudulla ovat patogeeni ja isäntäkasvi olleet kauan toistensa yhteydessä, ja luonnollisen valinnan seurauksena on viljelykasvista syntynyt geenikeskukseen ja sen lähetyville resistenttejä lajeja ja kantoja (HARLAN ja ZOHARY 1966, LEPPIK 1970). Vehnän geenikeskus on Keski-

Idässä, Kaukasuksen — Persian — Itä-Turkin seuduilla (vrt. PETERSON 1967, LEPPIK 1970). Tältä sekä kauempaakin Turkin alueelta on löydetty eräille sienitaudeille kestäviä vehnäkantoja (vrt. FLOR ym. 1932, PETERSON 1967, LEPPIK 1970, WOLFE 1972). Vanhat vehnäkannat joutuvat kuitenkin viljelyksestä pois lyhytkortisten meksikolaisten vehnälajikkeiden tullessa niiden tilalle. Sen vuoksi alettiin selvittää Turkista geenipankkiin kerätyn vehnäaineiston virustautien kestävyyttä, etenkin vehnän juovamosaiikkiviruksen, joka näyttää melko yhtenäiseltä ja pysyväisluonteiselta virukselta. Joitakin kestäviä yksilöitä näyttäisi löytyvän etenkin Itä-Turkista kerätystä aineistosta (BREMER 1973 c). Tällainen työ täytyisi

kuitenkin suorittaa paljon laajemmassa mitassa.

Suoritettujen kokeiden ja havaintojen perusteella ilmenee, että myös näillä Euroopan viljanviljelyn äärialueilla esiintyy viljan virustauteja, osittain samojakin tauteja. Eri taudit näyttävät kuitenkin olevan merkityksellisiä Suomessa ja Turkissa. Suomessa samoin kuin muissakin Pohjoismaissa näyttävät kirva- ja kaskaslevintäiset taudit olevan runsaimpia ja haitallisimpia, kun taas Turkissa sääolot vähentävät vektorikirvojen ja kaskaiden runsautta ja samalla myös niiden levittämien tautien esiintymistä. Lisäksi viljelykierto on sellainen, ettei se edistä taudinaiheuttajien ja niiden vektorien säilymistä kasvukaudesta toiseen.

## KIRJALLISUUTTA

- ABBOTT, E. V. & TIPPET, R. L. 1964. Additional hosts of sugarcane mosaic virus. *Pl. Dis. Rep.* 48: 443—445.
- ALLIOT, B. & SIGNORET, P. A. 1972. La «maladie à enations de la lucerne» une maladie nouvelle pour la France. *Phytopath. Z.* 64: 69—73.
- ANON. Tarim istatikleri özeti 1966. (Summary of Agricultural statistics). Publ. 526. 1967. Ankara.
- BANCROFF, J. B., ULLSTRUP, A. J., MESSIEHA, M., BRACKER, C. E. & SNAZELLE, T. E. 1966. Some biological and physical properties of a mid-western isolate of maize dwarf mosaic virus. *Phytopath.* 56: 474—478.
- BANTTARI, E. E. 1965. Occurrence of aster yellows in barley in the field and its comparison with barley yellow dwarf. *Phytopath.* 55: 838—843.
- BENADA, J., KVIČALA, B. A. & SCHMIDT, H. B. 1964. Die Roststreifigkeit des Sorghum und das Streifenmosaik des Maizes, eine für die ČSSR neue Viruskrankheit. *Zentralbl. Bakt. II Abt.* 117: 683—691.
- BIRAGHI A. 1952. Ulteriore contributo alla conoscenza del «nanismo ruvido» del mais. *Ann. Sper. Agric. N.S.* 6: 1043—1053.
- BLATTNY, C. 1957. Virus papillosity of the leaves of lucerne. *Folia Microbiol.* 4: 212—215.
- BODENHEIMER, F. S. 1947. Studies on the physical ecology of the woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*) and its parasite *Aphelinus mali* in Palestine. *Bull. Agric. Exp. Sta.* 41. 20 p. Rehovot.
- & SWIRSKY, E. 1957. The *Aphidoidea* of the Middle East. 378 p. Jerusalem.
- BRČÁK, J. & KRALÍK, O. 1969. Mycoplasma-like micro-organism and virus particles in the leafhopper *Javesella pellucida* (F.) transmitting the oat sterile dwarf disease. *Biol. Plantarum* 2: 95—96.
- , KRALÍK, O. & VACKE, J. 1972. Virus origin of the oat sterile dwarf disease. *Biol. Plantarum* 14: 302—304.
- BREMER, K. 1964. Agropyron mosaic virus in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 3: 324—333.
- 1965. Characteristics of the barley yellow dwarf virus in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 4: 105—120.
- 1971. Wheat streak mosaic virus in Turkey. *Phytopath. Mediter.* 10: 280—282.
- 1972. Barley stripe mosaic virus identified in Turkey. *Phytopath. Mediter.* 11: 200—201.
- 1973 a. The brome grass mosaic virus as a cause of cereal disease in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 12: 207—214.
- 1973 b. Comparison of four virus isolates of wheat streak mosaic from Turkey. *Phytopath. Mediter.* 12: 67—71.
- 1973 c. Resistance of native wheat (*Triticum aestivum* L.) populations collected in Turkey to the wheat streak mosaic virus. *Phytopath. Mediter.* 12: 116—117.
- 1974. Occurrence of the brome grass mosaic and Agropyron mosaic viruses in 1971—1973 in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 13: 1—4.
- & RAATIKAINEN, M. 1974. Cereal diseases transmitted or caused by aphids and leafhoppers in

- Turkey. Ann. Acad. Fenn. A, IV Biologica 203: (Painossa.)
- BROADBENT, L. & HOLLINGS, M. 1951. The influence of heat on some aphids. Ann. Appl. Biol. 38: 577—581.
- BRUEHL, G. W. 1961. Barley yellow dwarf. Monograf. 1 Amer. Phytopath. Soc. 1961.
- CATHERALL, P. L. 1970. Oat sterile dwarf. Pl. Path. 19: 75—78.
- DAVIS, R. E. & WHITCOMB, R. F. 1971. Mycoplasmas, Rickettsiae, and Chlamydiae: Possible relation to yellows diseases and other disorders of plants and insects. Ann. Rev. Phytopath. 9: 119—154.
- DIJKSTRA, J. & GRANCINI, P. 1960. Serological and electron microscopical investigations of the relationship between Sorghum red stripe virus and sugar cane mosaic virus. Tijdschr. Plantenziekt. 66: 295—300.
- ESLICK, R. F. 1953. Yield reductions in Glacier barley associated with a virus infection. Pl. Dis. Rep. 37: 290—291.
- EVENHUIS, H. H. 1958. Investigations on a leafhopperborne virus. Proc. 3rd Conf. Potato Virus Diseases, Lisse Wageningen 1957: 251—254.
- FELLOWS, H. 1949. A survey of the wheat mosaic disease in western Kansas. Pl. Dis. Rep. 33: 356—358.
- FENNAH, R. G. 1963. New genera of *Delphacidae* (*Homoptera*, *Fulgoroidea*). Proc. Roy. Ent. Soc. London (B) 32: 15—16.
- FLOR, H. H., GAINES, E. F., SMITH, W. K. 1932. The effect of bunt on yield of wheat. J. Am. Soc. Agron. 24: 778—784.
- FORD, R. E. & TOŠIĆ, M. 1972. New hosts of maize dwarf mosaic virus and sugarcane mosaic virus and a comparative host range study of viruses infecting corn. Phytopath. Z. 315—348.
- FRITSCH, R., KARL, E., LEHMAN, W. & PROESELER, G. 1972. Tierische Vektoren pflanzenpathogener Viren. 521 p. Stuttgart.
- FUKUSHI, T. 1934. Studies on the dwarf disease of rice plant. J. Fac. Agric. Hokkaido Univ. 37: 41—164. (Ref. Rev. Appl. Mycol. 14: 468—469.)
- GOLD, H. A., SUNESON, C. A., HOUSTON, B. R. & OSWALD, J. W. 1954. Electron microscopy and seed and pollen transmission of rodshaped particles associated with the false stripe disease of barley. Phytopath. 44: 115—117.
- GORTER, G. J. M. A. 1953. Studies on the spread and control of the streak disease of maize. S. Afr. Dep. Agr. Forest. Sci. Bull. 341.
- HARLAN, J. R. & ZOHARY, D. 1966. Distribution of wild wheats and barley. Science 153: 1074—1080.
- HARPAZ, I. 1953. Ecology, phenology, and taxonomy of the aphids living on graminaceous plants in Israel. Thesis, Hebrew Univ. 141 p. English Summary 15 p. Jerusalem.
- 1959. Needle transmission of a new maize virus. Nature, Lond., 184: 77—78.
- 1972. Maize rough dwarf. A planthopper virus disease affecting maize, rice, small grains and grasses. 251 p.
- & KLEIN, M. 1965. Occurrence of barley yellow dwarf virus (BYDV) in Israel. Pl. Dis. Rep. 949: 34—35.
- HEIKINHEIMO, O. 1957. Über die Wiesenzirpe *Delphacodes pellucida* (F.) (*Homoptera-Auchenorrhyncha*) als Haferschädling in Finnland. Verhandl. IV Intern. Pfl. schutzkongr. Hamburg I: 795—798.
- & IKÄHEIMO, K. 1962. Havaintoja viljakaskaan, *Calligypona pellucida* F. levittämien virustautien esiintymisestä kaurassa v. 1961. Maatal. ja Koetoin. 16: 111—120.
- HERD, G. W. 1956. Maize diseases during the 1954—55 season. Rhodesia Agr. J. 53: 525—537.
- IKÄHEIMO, K. 1960. Two cereal virus diseases in Finland. Maatal.tiet. Aikak. 32: 62—70.
- 1961. A virus disease similar to oat sterile-dwarf in Finland. Maatal.tiet. Aikak. 33: 81—87.
- 1964. Host plants of wheat striate mosaic virus and oat sterile-dwarf virus. Ann. Agric. Fenn. 3: 133—138.
- & RAATIKAINEN, M. 1961. *Calligypona obscurella* (Boh.), a new vector of the wheat striate mosaic and oat sterile-dwarf viruses. Maatal.tiet. Aikak. 33: 146—152.
- & RAATIKAINEN, M. 1963. *Dicranotropis hamata* (Boh.) (*Hom. Araeopidae*) as a vector of cereal viruses in Finland. Ann. Agric. Fenn. 2: 153—158.
- INOUYE, T. 1962. Studies on barley stripe mosaic in Japan. Ber. Ohara Inst. Agric. Biol. 11: 413—496.
- IYRIBOZ, N. & ILERI, M. 1941. Hububat hastalıkları Izmir. 182 p.
- JAMALAINEN, E. A. 1957. Virustaudeista ja virustautien kaltaisista kasvitaudeista Suomessa. Valt. Maatal.koetoin. Julk. 158: 1—58.
- & MURTOMAA, A. 1956. Viljan virustautien viljelyteknilliset torjuntakeinot. Maatal. ja Koetoin. 20: 159—166.
- JANSON, B. F., WILLIAMS, L. E., FINDLEY, W. R., DALLINGER, E. J. & ELLETT, C. W. 1965. Maize dwarf mosaic: New corn virus disease in Ohio. Ohio Agr. Exp. Sta. Res. Circ. 137. 16 p.
- KANERVO, V., HEIKINHEIMO, O., RAATIKAINEN, M. & TINNILÄ, A. The leafhopper *Delphacodes pellucida* (F.) (*Hom.*, *Auchenorrhyncha*) as the cause and distributor of the damage to oats in Finland. Valt. Maatal.koetoin. Julk. 160. 56 p.
- KASSANIS, B. & SLYKHUIS, J. T. 1959. Some properties of barley stripe mosaic virus. Ann. Appl. Biol. 47: 254—263.

- KISIMOTO, R. & WATSON, M. A. 1965. Abnormal development of embryos induced by inbreeding in *Delphacodes pellucida* Fabr. and *Delphacodes dubia* Kirschbaum (*Araeopidae*, *Homoptera*) vectors of European wheat striate mosaic virus. *J. Invertebrate Path.* 7: 297–305.
- KOBEL, F. 1960. Über das Vorkommen der Gelberverzweigung des Getreides (*Hordeumvirus nanescens*) in der Schweiz. *Phytopath. Z.* 40: 366–372.
- KOLKKI, O. 1966. Tables and maps of temperature in Finland during 1931–60. *Suppl. Meteor. Vuosik. Finl.* 65: 1–42.
- LÄL, S. B. 1957. Strains of wheat streak mosaic virus and their combinations of barley stripe and bromegrass mosaic viruses. *Diss. Abstr.* 27: 2781.
- LEPPIK, 1970. Gene centers of plants as sources of disease resistance. *Ann. Rev. Phytopath.* 8: 323–344.
- LINDSTEN, K. 1959. A preliminary report of virus diseases of cereals in Sweden. *Phytopath. Z.* 35: 420–428.
- 1961. Studies on virus diseases of cereals in Sweden. *Kungl. Lantbr.högsk. Ann.* 27: 137–271.
- 1962. Investigations on the possible occurrence of different races of *Calligypona pellucida* (F.) as regards ability to transmit oat dwarf tillering virus. *Kungl. Lantbr.högsk. Ann.* 28: 135–140.
- 1964 a. Investigations on the occurrence and heterogeneity of barley yellow dwarf virus in Sweden. *Lantbr.högsk. Ann.* 30: 581–600.
- 1964 b. Praktiska bekämpningsåtgärder mot dvärgskottsjukan. *Växtskyddsnot.* 28: 10–15.
- , GERHARDSON, B. & PETERSON, J. 1973. Cereal tillering disease in Sweden and some comparisons with oat sterile-dwarf and maize rough dwarf. *Stat. Växtskyddsanst. Medd.* 15: 371–397.
- LOVISOLO, O. & ACIMOVIC, M. 1961. Sorghum red stripe disease in Yugoslavia. *Pl. Prot. Bull. F.A.O.* 9: 99–102.
- , VIDANO, C. & CONTI, M. 1966. Transmission of maize rough dwarf virus to *Avena sativa* L. by *Laodelphax striatellus* Fallen. *Atti Accad. Sci. Torino* 100: 351–358.
- McKINNEY, H. H. 1937. Mosaic diseases of wheat and related cereals. *Circ. U.S. Dep. Agric.* 442.
- 1944. Descriptions and revision of several species of viruses in the genera Marmor, Fractilinia, and Galla. *J. Wash. Acad. Sci.* 34: 322–329.
- 1951. A seed-borne virus causing false stripe in barley. *Phytopath.* 41: 536: 564.
- 1953. Virus diseases of cereal crops. *Yb. U.S. Dept. Agric. 'Plant Diseases'*: 350–360.
- & FELLOWS, H. 1951. Wild and forage grasses found to be susceptible to the wheat streak mosaic virus. *Pl. Dis. Rep.* 35: 441–442.
- McKINNEY & GREELEY, L. W. 1965. Biological characteristics of barley stripe mosaic virus strains and their evolution. *Techn. Bull. U.S. Dept. Agric.* 1324.
- McNEAL, F. & ATANASIEV, M. M. 1955. Transmission of barley stripe mosaic through the seed in 11 varieties of spring wheat. *Pl. Dis. Rep.* 39: 460–462.
- MARAMOROSCH, K. 1953. A new leafhopper-borne plant disease from Western Europe. *Pl. Dis. Rep.* 37: 612–613.
- MARKKULA, M. & LAUREMA, S. 1964. Changes in the concentration of free amino acids in plants induced by virus diseases and the reproduction of aphids. *Ann. Agric. Fenn.* 3: 265–271.
- MÜHLE, E. & KEMPIAK, G. 1971. Zur Geschichte Ätiologie, und Symptomatologie der Blauverzweigung des Glatthaferes (*Arrhenatherum elatius* (L.)) I et Presl. *Phytopath. Z.* 72: 269–278.
- MURTOMAA, A. 1966. Aster yellows-type virus infecting grasses in Finland. *Ann. Agric. Fenn.* 5: 324–333.
- NITZANY, F. E. 1970. Virus diseases of annual crops in Israel. *Scient. Publ. of Volcani Inst. Agric. Res., Virus Res. Unit.* Bet. 71 p. Dagan.
- & KENNETH, R. 1959. The identification of barley stripe mosaic virus in Israel. *F.A.O. Pl. Prot. Bull.* 8: 31–32.
- & GERECHTER, K. 1962. Barley stripe mosaic virus host range and seed transmission tests among *Gramineae* in Israel. *Phytopath. Mediter.* 1962: 11–19.
- NUORTEVA, P. 1958. On the nature of the injury to plants caused by *Calligypona pellucida* (F.) (*Hom. Araeopidae*). *Ann. Ent. Fenn.* 24: 49–59.
- 1962. Studies on the cause of the phytopathogenicity of *Calligypona pellucida* (F.) (*Hom., Araeopidae*). *Ann. Zool. Soc. 'Vanamo'* 23: 1–58.
- OSWALD, J. W. & HOUSTON, B. R. 1951. A new virus disease of cereals transmissible by aphids. *Pl. Dis. Rep.* 35: 471–475.
- & THUNG, T. H. 1955. The barley yellow dwarf virus disease on cereal crops in the Netherlands. *Phytopath.* 45: 695.
- OU, S. H. 1972. Rice diseases. *Commonw. Mycol. Inst.* 368 p. Kew.
- PADY, S. M. 1955. The occurrence of the vector of wheat streak mosaic, *Aceria tulipae*, on slides, exposed in the air. *Pl. Dis. Rep.* 39: 296–297.
- PETERSON, R. F. 1965. *Wheat.* 422 p. New York.
- PHATAK, H. C. & SUMMANWAR, A. S. 1967. Detection of plant viruses in seeds and seed stocks. *Proc. Int. Seed. Test. Assoc.* 32: 625–631.
- POLUNIN, O. & HUXLEY, A. 1967. *Flowers of Mediterranean.* 257 p. London.

- POP, I. 1962. Die Strichelvirose des Weizens in der Rumänischen Volksrepublik. *Phytopath. Z.* 43: 325—336.
- & TUSA, C. 1966. Influence of maize mosaic on the growth and yield of some maize hybrids. p. 170—174. *Viruses of Plants: Proceedings of an International Conference on plant viruses, Wageningen, 1965.* New York.
- PRŮŠA, V. 1958. Die sterile Verzweigung des Hafers in der Tschechoslowakischen Republik. *Phytopath. Z.* 33: 99—107.
- , JERMOLJEV, E. & VACKE, J. 1959. Oat sterile-dwarf virus disease. *Biol. Plantarum* 1: 223—224.
- & VACKE, J. 1960 a. Wheat striate virus. *Biol. Plantarum* 2: 276—286.
- & VACKE, J. 1960 b. Transmission of wheat striate virus by the eggs of the vector, *Calligypona pellucida* Fabr. *Biol. Plantarum* 2: 325—334.
- RAATIKAINEN, M. 1967. Bionomics, enemies and population dynamics of *Javesella pellucida* (F.) (Hom., *Delphacidae*). *Ann. Agric. Fenn.* 6, Suppl. 2: 1—149.
- & TINNILÄ, A. 1959. Viljakaskaan (*Calligypona pellucida* F.) aiheuttaman kaurantuhon vaikutus kauran viljelyalaan ja satoihin Suomessa. *J. Scient. Agric. Soc. Finl.* 31: 49—66.
- RADEMACHER, B. & SCHWARZ, R. 1958. Die Rotblättrigkeit oder Blattröte des Hafers — eine Viruskrankheit (*Hordeumvirus nanescens*). *Z. Pfl. krankh.* 65: 642—650.
- RAZYAZKINA, G. M., KAPLAKOVA, E. A. & BELYAN-CHIKOVA, Y. V. 1963. [Venäjäksi] Wheat streak mosaic virus. *Zashch. Rast. Mosk.* 8: 54—55.
- ROCHOW, W. F. 1961. The barley yellow dwarf virus disease of small grains. *Adv. Agron.* 13: 217—248.
- 1963. Latent periods in the aphid transmission of barley yellow dwarf virus. *Phytopath.* 53: 355—356.
- 1969. Specificity in aphid transmission of a circulative plant virus. p. 175—198. Ed. Karl Maramorosch. »Viruses, vectors and vegetation.» 666 p. New York.
- SCHMIDT, H. B., FRITSCHKE, R. & LEHMANN, W. 1963. Die Übertragung des Weidelgrasmosaik-Virus durch Nematoden. *Nat.wiss.* 50: 386.
- SCHUMANN, K. 1966. Nachweis des Queckenmosaik-virus (Agropyron mosaic virus) in der Deutschen Demokratischen Republik. *Arch. Pfl.schutz.* 3: 83—87.
- 1969. Untersuchungen zur Charakterisierung des Queckenmosaik-virus (Agropyron mosaic virus). *Phytopath. Z.* 64: 258—275.
- SHEPHARD, R. J. 1965. Properties of a mosaic virus of corn and Johnson grass and its relation to the sugarcane mosaic virus. *Phytopath.* 55: 1250—1256.
- SHUKOV, K. S., VOVK, A. M. & GREBENNIKOV, S. D. 1941. Reports on »Zakuklivanie» (pseudo-rosette) of cereals in the U.S.S.R. *Plant virus diseases and their control.* Trans. conf. Pl. Virus Dis. Moscow 1940. [Ref. Rev. Appl. Mycol. 23: 210—219].
- SIGNORET, P. A. 1971. Studies of a mechanically transmissible virus isolated from Sorghum in Southern France. *Pl. Dis. Rep.* 55: 1090—1093.
- SILL, W. H. Jr. & CONNIN, R. V. 1953. Summary of the known host range of the wheat streak mosaic virus. *Trans. Kans. Acad. Sci.* 56: 411—417.
- , FELLOWS, H. & KING, C. L. 1955. Kansas wheat situation 1953—1954. *Pl. Dis. Rep.* 39: 29—30.
- SLYKHUIS, J. T. 1952. Virus diseases of cereal crops in South Dakota. *Tech. Bull. S. Dak. Agric. Exp. Stat.* 11.
- 1955. *Aceria tulipae* Keifer (*Acarina: Eriophidae*) in relation to the spread of wheat streak mosaic. *Phytopath.* 45: 116—128.
- 1962. Agropyron mosaic as a disease of wheat in Canada. *Can. J. Bot.* 40: 1439—1447.
- 1967 a. Virus diseases of cereals. *Rev. Appl. Mycol.* 46: 401—429.
- 1967 b. Mites as vectors of plant viruses. *Viruses, vectors and vegetation.* Ed. K. Maramorosch. 666 p. New York.
- 1967 c. Agropyron repens and other perennial grasses as hosts of brome grass mosaic virus from the U.S.S.R. and the United States. *Pl. Prot. Bull. F.A.O.* 15: 65—66.
- 1969. Transmission of Agropyron mosaic virus by the eriophyid mite, *Abacarus hystrix*. *Phytopath.* 59: 29—32.
- & WATSON, M. A. 1958. Striate mosaic of cereals in Europe and its transmission by *Delphacodes pellucida* (Fab.). *Ann. Appl. Biol.* 46: 542—553.
- & BELL, W. H. 1963. New evidence on the distribution of wheat streak mosaic virus and the relation of isolates from Rumania, Jordan and Canada. *Phytopath.* 53: 236—237.
- & BELL, W. H. 1965. Differentiation of Agropyron mosaic, wheat streak mosaic, and hitherto unrecognized Hordeum mosaic virus in Canada. *Can. J. Bot.* 44: 1191—1208.
- SORAUER, P. 1957. Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen. 2 Teil. 577 p. Berlin.
- STONER, W. N. 1968. Recently described maize viruses. 1st Intern. Congr. Plant Path. 193 p. London.
- ŠUTIĆ, D. & TOŠIĆ, M. 1966 a. A significant occurrence of maize mosaic virus on Johnson grass (*Sorghum halepense* Pers.) as a natural host plant. *Rev. Roum. de Biol. Bot.* 11: 218—224.

- ŠUTIĆ, D. & TOŠIĆ, M. 1966 b. Transmission of mosaic virus by barley seeds. *Adv. Front. Pl. Sci.* 17: 205–208.
- TAKATA, K. 1895. [Japaniksi] *J. Japan. Agric. Soc.* 171: 1–4 [Käännös Katsura, S. 1936. *Phytopath.* 26: 887–895.]
- TOKO, H. V. & BRUEHL, G. W. 1959. Some host and vector relationships of strains of the barley yellow dwarf virus. *Phytopath.* 49: 343–347.
- TOŠIĆ, M. 1971. Virus diseases of wheat in Serbia. I. Isolation and determination of the wheat streak mosaic virus and brome mosaic virus. *Phytopath. Z.* 70: 145–162.
- ULLSTRUP, A. J. 1972. The impacts of the southern corn leaf blight epidemics of 1970–1971. *Ann. Rev. Phytopath.* 10: 37–50.
- VACKE, J. 1962. Contribution to study of vectors of oat sterile dwarf virus. *Plant Virology, Proc. 5th Conf. Czech. Plant Virologists, Prague (1962):* 335–338.
- 1964. Barley yellow dwarf virus in Czechoslovakia. *Tsekin. Rostl. Vър.* 10: 859–868.
- 1967. Studium agrotechnických způsobů boje proti sterilní zakrslosti ovsu. Summary: Investigation of agrotechnical methods for the control of oat sterile dwarf virus disease. *Rostl. Vър.* 50: 213–225.
- & PRŮŠA, V. 1961. Host range of wheat striate virus. *Biol. Plantarum* 3: 277–284.
- VAPPULA, N. A. 1962. Suomen viljelykasvien tuholäinlajisto. [Pests of cultivated plants in Finland.] *Ann. Agric. Fenn.* 1, Suppl. 1: 1–275.
- VAVILOV, N. I. 1949–1950. The origin, variation, immunity, and breeding of cultivated plants. Transl. from Russian. *Chron. Bot.* 13. 364 p.
- VLASOV, YU., ARTEM'eva, N. & LARINA, E. 1965. Virusnoe zabolevanie zlakov. Summary: Virus diseases of cereals. *Zashch. Rast. Vredet. Bolez.* 10: 43–44. [Ref. Rev. Appl. Mycol. 47: 211].
- WATSON, M. A. 1959. Cereal virus diseases in Britain N.A.A.S. q Rev. 43: 93–116.
- WATSON, M. A. & SINHA, R. C. 1959. Studies on the transmission of European wheat striate mosaic virus by *Delphacodes pellucida* Fabricius. *Virology* 8: 139–163.
- & MULLIGAN, T. 1960. The manner of transmission of some barley yellow dwarf viruses by different aphid species. *Ann. Appl. Biol.* 48: 711–720.
- WILLIAMS, E. & ALEXANDER, L. J. 1965. Maize dwarf mosaic, a new corn disease. *Phytopath.* 55: 802–804.
- WOLFE, M. S. 1972. The forced evolution of cereal diseases. *Outlook on Agric.* 7: 27–31.
- Yillik meteorologi Bülteni 1970. T.C. Publ. 443. Ankara 1972.
- ZHUKOVSKY, P. M. 1965. Main gene centers of cultivated plants and their wild relatives within the territory of the U.S.S.R. *Euphytica* 14: 177–188.
- ÖDEN, T., TEMIZER, A. & ALTINYAR, G. 1965. Arpa yaprak bitine (*Diuraphis noxius*) karşı laboratuvar ilaç denemeleri. *Bitki Koruma Bulteni* 5: 65–76.
- ÖHMANN-KREUTZBERG, G. 1962. Ein Beitrag zur Analyse der Gramineenvirosen in Mitteldeutschland. I Das Streifenmosaikvirus der Gerste. *Phytopath. Z.* 45: 260–288.
- 1963. Ein Beitrag zur Analyse der Gramineenvirosen II. Das Weidelgrasmosaikvirus. *Phytopath. Z.* 47: 1–18.

Saapunut 8. 10. 1974

Painettu 27. 12. 1974

Katri Bremer

Maatalouden tutkimuskeskus

Kasvitautilien tutkimuslaitos

01300 Vantaa 30

## SUMMARY

### Virus diseases of Gramineae-plants in Finland and in Turkey

KATRI BREMER

Agricultural Research Centre, Institute of Plant Pathology, Finland

This review reports on studies carried out at the Institutes of Plant Pathology of the Agricultural Research Centre and of the University of Helsinki, in Finland, and at the Institute of Phytopathology and Agricultural Botany of the Ege University, on Bornova-Izmir, Turkey. The aim of these studies was to investigate the occurrence, characteristics and importance of the virus diseases of gramineous plants in Finland and Turkey.

The following six virus diseases are known to occur in Finland: oat-sterile dwarf which is transmitted by the leafhoppers, *Javesella pellucida*, *J. obscurella* and *Dicranotropus hamata*, wheat striate mosaic, transmitted by *J. pellucida* and *J. obscurella*, barley yellow dwarf transmitted by the aphids, *Rhopalosiphum padi*, *Macrosiphum avenae*, and *M. dirbodum*, brome grass mosaic and *Agropyron* mosaic, which both are sap-transmissible.

In addition to the present work, Phleum green stripe, transmitted by the leafhopper *Megadelphax sordidulus*, was reported to occur in Finland, too. Aster yellows disease, caused by a mycoplasma and transmitted by the leafhopper *Macrostelus laevis*, also infects cereals in Finland.

The following cereal virus diseases were found in Turkey: the sap transmissible wheat streak mosaic, the sap- and seed-transmissible barley stripe mosaic, the sap- and aphid-transmissible by aphids, the wheat striate mosaic transmitted by a leafhopper, and what is probably a new virus or mycoplasma disease, barley yellow stripe virus, transmitted by the leafhopper *Euscelis plebejus*. A disease similar to aster yellows, transmitted by *E. plebejus*, occurs in Turkey, too.

Agropyron mosaic and brome grass mosaic occur commonly in southern Finland, but they have not constituted any serious problem. Oat sterile-dwarf and barley yellow dwarf have caused great losses of oat yields in Finland in some years.

In Finland leys and pastures are grown abundantly. Especially in western Finland, large areas consist of monocultures of oats and leys. This kind of cultivation seems to favour survival and reproduction of *J. pellucida*, the vector of oat sterile-dwarf and wheat striate mosaic viruses.

*J. pellucida* hibernates mainly in the first years leys sown under cereals. Next summer they move on to

cereal fields. The maximum quantities of *J. pellucida* occurring on oat fields were found towards the end of June or in early July. In June and in early July spring cereals in Finland have not reached the heading stage and are very susceptible to virus infection.

For several years the early summer has been relatively warm in southern Finland and cereal aphids, mainly *R. padi* have reproduced early and abundantly. Grasses infected with barley yellow dwarf virus grow on the edges of the fields and leys and so *R. padi* can easily carry the virus from them to cereals. When cereals are infected with the virus before the heading stage (in June), the disease is severe.

In Turkey no severe epidemics caused by cereal viruses are known to have occurred in recent years.

The barley yellow dwarf and maize mosaic viruses transmitted by aphids species occurred commonly but not abundantly in western and northern Turkey. The diseases transmitted by leafhoppers were scarce.

Cultivation habits and the climate seem to greatly diminish the number of vectors of cereal viruses in Turkey.

In western Turkey the cereals, mainly winter wheat but also barley and oats, are grown in winter between November—May.

Maize and rice, which are grown in summer are not cultivated abundantly in western Turkey. There are very few leys. The hot weather and lack of gramineous host plants in summer restricts the reproduction of the aphids and the leafhoppers. The period during winter (January—March) when these cereals are most susceptible to the virus infection is relatively more cold and rainy in western Turkey than the corresponding time (June) in southern Finland.

The density of the leafhoppers was very low in summer and in winter. Aphids were also very sparse in winter.

The wheat streak mosaic virus which has caused severe epidemics in wheat in the U.S.A. might also be of some potential importance in Turkey, in districts where cereals are grown continuously, eg. maize grown in summer after winter wheat.

It is also possible that in some years the maize mosaic virus occurs more abundantly than has been observed at present.



## THE EFFECT OF HEAVY NITROGEN FERTILIZATION ON THE QUANTITY AND QUALITY OF YIELDS OF MEADOW FESCUE AND COCKSFOOT

SIRKKA-LIISA HIIVOLA, ERKKI HUOKUNA and SIRKKA-LIISA RINNE

HIIVOLA, S.-L., HUOKUNA, E. & RINNE, S.-L. 1974. **The effect of heavy nitrogen fertilization on the quantity and quality of yields of meadow fescue and cocksfoot.** Ann. Agric. Fenn. 13: 149–160.

In experiments conducted with pure stands of meadow fescue and cocksfoot at 18 experimental sites in various parts of Southern and Central Finland, during the years 1967–70, the dry matter yield of the herbage increased steadily from 1 980 kg to 7 910 kg when nitrogen treatments from nil to 300 kg/ha were applied, while with larger quantities of nitrogen, only an insignificant increase in yield was obtained. The highest average yield, 8 350 kg/ha/yr, was obtained with 450 kg nitrogen fertilization. Up to the level of 150 kg N/ha, the dry matter yield response was 27.7 kg DM/kg of N applied and between 150 and 300 kg/ha, 11.9 kg DM/kg N.

The curves showing the quantities of dry matter yields were similar in all cases, if yearly variations are disregarded. There were no significant differences between plant species or soils. The poor resistance of the swards to winter conditions and the maximum quantity of nitrogen applied altered the directions of the curves. Yield level dropped substantially as the age of the ley increased, this was largely due to summers much drier than normal.

The dry matter content of the yield decreased from 26.4 % to 20.2 % when nitrogen fertilization was increased from nil to 200 kg N/ha/cut. On the other hand, the crude protein content of the dry matter increased more or less linearly following the respective treatments, from an average of 11.9 % to 22.3 %.

The highest mean crude protein yield of 1 801 kg/ha/year was obtained with the largest nitrogen treatment (600 kg/ha) and 1 372 kg/ha/year was obtained from the largest amount of nitrogen suitable for application (300 kg/ha).

During the years 1967–70 the Agricultural Research Centre carried out experiments in nitrogen fertilization using treatments of 0, 150, 300, 450 and 600 kg nitrogen/ha/yr. Each quantity was applied in three equal doses. The plants used for the trial were meadow fescue (Tammisto) and cocksfoot (Tammisto). The crop was harvested at silage stage, normally three times during the growing season. Detailed information concerning the test material is given in preceding part (HUOKUNA and HIIVOLA 1974).

## Dry matter content

Dry matter content of the yield was reduced when the dressing per cut was increased from nil to 100 N kg/ha, but differences between treatments receiving doses larger than this were not significant (Table 1). As anticipated dry matter content of the mid-summer yields was significantly higher than in the other yields.

The dry matter content of cocksfoot was on average significantly lower than that of meadow fescue, despite the fact that Tammisto cocksfoot reaches heading stage 3–4 days earlier than Tammisto meadow fescue.

## Dry matter yield

In accordance with the trial plan, the crop was harvested for silage at heading stage. This

criterion could be observed for the first harvest of the summer, but attempts were made to undertake the second and third cuttings at the point when the amount of herbage was approximately the same as at the first cut. Nevertheless, equally large yields were not obtained (Fig. 1); the yields from the first cutting were, on average, the largest and from the third, the smallest.

Weather conditions in 1967, the first year of the experiment, were particularly favourable and growth was abundant. In some cases a fourth harvest was cut at the end the autumn, but during the following years the third harvest could not be reaped at all the experimental sites, owing to severe drought.

The 1967 yields were surprisingly high throughout inland Finland. In eight experimental sites 12 000 kg dry matter were obtained following treatments with 300 kg nitrogen. Yields following treatments with larger dress-

Table 1. Dry matter percentage in the green matter. Averages from 18 trial sites.

NITROGEN FERTILIZATION N kg/ha/cut					F-values of variance analysis. The degrees of freedom are indicated in parentheses.
0	50	100	150	200	
% 26.4 <sup>c</sup>	22.8 <sup>b</sup>	20.9 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	20.2 <sup>a</sup>	76,4*** (4,1574)
CUT no					
I	II	III			
% 20.2 <sup>a</sup>	24.5 <sup>b</sup>	21.7 <sup>c</sup>			84,5*** (2,1576)
LEY YEAR					
1	2	3			
% 20.9 <sup>a</sup>	22.5 <sup>b</sup>	23.0 <sup>b</sup>			20,4*** (2,1576)
SPECIES					
Meadow fescue	Cocksfoot				
% 22.6 <sup>b</sup>	21.7 <sup>a</sup>				10,2** (1,1577)

The TUKEY test (STEELE and TORRIE 1960) was applied to the differences between the averages, a-c:  $P < 0.05$ . Values followed by the same letter do not differ significantly from each other.

Levels of significance:

\*  $P \leq 0.05$   
 \*\*  $P \leq 0.01$   
 \*\*\*  $P \leq 0.001$

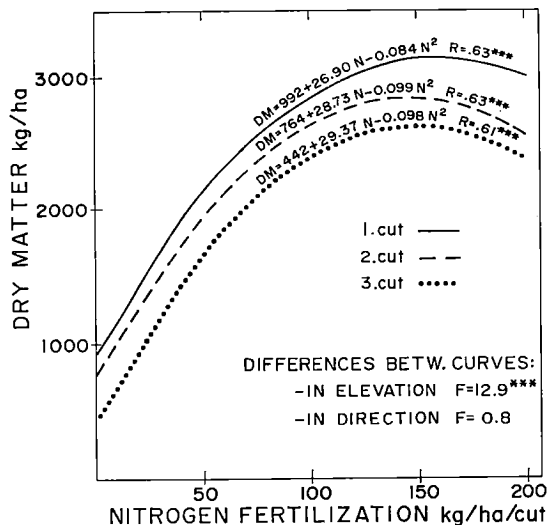


Fig. 1. Regression curves between nitrogen fertilization and dry matter yield for the three cuts (all soils, plants and years). Comparison of regressions have been tested according to SNEDECOR and COCHRAN (1971).

ings of nitrogen were only slightly larger than this.

The trial swards were sown as pure stands but other plant species did, of course, appear

in the stands (HUOKUNA and HIIVOLA 1974). The proportion of these was, however, small and the kilo differences between the crop sown and the total yield at different levels of fertilization were, on average, fairly equal in size, 400–500 kg/ha (Table 2). The difference increased to some extent in the third year.

### Total yield

The dry matter yields for the whole material rose in a highly significant way when the level of nitrogen fertilization was increased from nil to 300 kg N ha/yr (Tables 2 and 3, Fig. 2). There were no significant differences in the dry matter yields between nitrogen treatments greater than that.

A g e. With the increasing age of the sward, average dry matter yields decreased statistically to a significant extent (Table 2). There was a highly significant difference, both in elevation and direction, between the regression curves showing the correlation between nitrogen fertilization and dry matter yield (Fig. 2). Yield level was greatly depressed during the third year of treatment in particular.

Table 2. Dry matter of grasses sown and total DM kg/ha/yr. Averages from 18 trial sites. Effects of fertilizer treatments, species, treatment years and soil types.

	DM of sown grasses kg/ha/yr	Total DM kg/ha/yr
NITROGEN kg/ha/yr		
0	1980 <sup>a</sup>	2400 <sup>a</sup>
150	6130 <sup>b</sup>	6490 <sup>b</sup>
300	7910 <sup>c</sup>	8320 <sup>c</sup>
450	8350 <sup>c</sup>	8790 <sup>c</sup>
600	8240 <sup>c</sup>	8720 <sup>c</sup>
SPECIES		
Meadow fescue	6360 <sup>a</sup>	6780 <sup>a</sup>
Cocksfoot	6630 <sup>a</sup>	7040 <sup>a</sup>
LEY YEAR		
1	7900 <sup>c</sup>	8200 <sup>c</sup>
2	6540 <sup>b</sup>	6830 <sup>b</sup>
3	4940 <sup>a</sup>	5640 <sup>a</sup>
SOILS		
Coarse mineral	6670 <sup>a</sup>	7120 <sup>a</sup>
Fine »	6350 <sup>a</sup>	6740 <sup>a</sup>
Organogenic	6490 <sup>a</sup>	6970 <sup>a</sup>

For meaning of index letters, see Table 1.

Table 3. F-values of variance analysis for dry matter of grasses sown and total DM per year. The degrees of freedom are indicated in parentheses.

	Nitrogen fertilization (4,525)	Species (1,528)	Ley year (2,527)	Soils (2,527)
Dry matter yield of grasses sown	160.9***	0.9	41.6***	0.5
Total DM	183.4***	0.9	31.7***	0.8

**Plant species.** When the total yields were tested by means of variance analyses, no differences appeared between the species. Differences were found, however, upon examination of the yields per cut.

**Soils.** The regression curves between nitrogen fertilization and dry matter yield in diffe-

rent soils did no differ either in elevation or direction in any significant way. The regression between nitrogen fertilization and dry matter yield in different soils is shown by the coefficients in the equation:  $DM \text{ kg/ha} = a + bN + cN^2$ , where  $N = \text{kg nitrogen/ha/year}$ .

	a	b	c	R	df
Coarse mineral soils	2060	31.28	-.0350	.77***	2,201
Fine mineral soils	2460	25.67	-.0280	.69***	2,263
Organogenic soils	1210	33.18	-.0346	.84***	2,57

Difference in elevation between regression curves  $F = 1.9$  (df. 6,521)  
 Difference in direction » » »  $F = 2.1$  (df. 4,521)

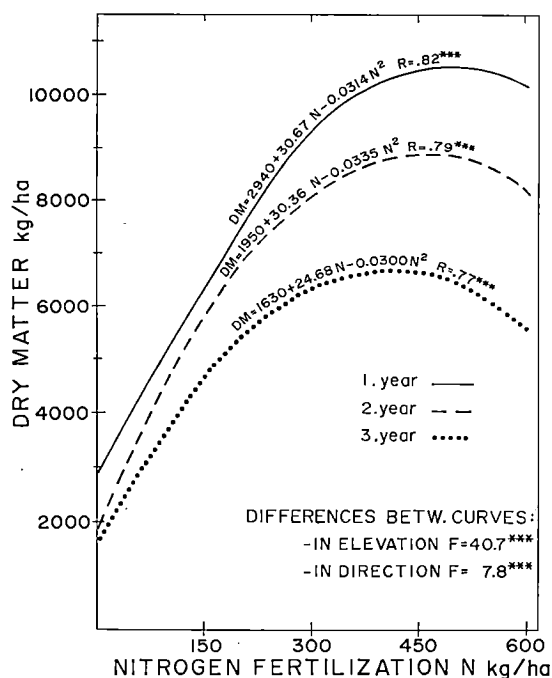


Fig. 2. Regressions between nitrogen fertilization and dry matter yield for the three years (all soils and plants).

### Yield per cut

Differences in direction of the curves (Fig. 1) showing the regression between the levels of fertilization and dry matter yields at different cutting times were not statistically significant, indicating that N fertilization, on average, had effects of a similar nature on the yields of all cuts. The effect of other factors was also similar, as in the total yield (Table 4).

**Species.** Comparison of the yields per cut of the two plant species was made between the second degree regression curves, calculated for DM on nitrogen treatment, both for fine mineral and coarse mineral soils in each yield (Table 5). The only significant difference between species grown on fine mineral soils was in the direction of the regression curves for the yields of the second cuts in the first year; as the level of nitrogen fertilization increased, dry matter yields of meadow fescue increased more sharply than those of cocksfoot. The differences between the species were

Table 4. Average values of the dry matter yields per cut.

						F-values of variance analysis. Degrees of freedom are indicated in parentheses.	
NITROGEN FERTILIZATION N kg/ha/cut							
kg/ha	0	50	100	150	200		
	670 <sup>a</sup>	2020 <sup>b</sup>	2610 <sup>c</sup>	2750 <sup>c</sup>	2170 <sup>c</sup>	240.7***	(4,1594)
SPECIES							
	Meadow fescue	Cocksfoot					
kg/ha	2110 <sup>a</sup>	2190 <sup>a</sup>				2.0	(1,1597)
CUT no.							
	I	II	III				
kg/ha	2420 <sup>c</sup>	2150 <sup>b</sup>	1890 <sup>a</sup>			23.6***	(2,1596)
LEY YEAR							
	1	2	3				
kg/ha	2540 <sup>c</sup>	2210 <sup>b</sup>	1660 <sup>a</sup>			70.2***	(2,1596)
SOILS							
	Coarse mineral	Fine mineral	Organogenic				
kg/ha	2200 <sup>a</sup>	2100 <sup>a</sup>	2200 <sup>a</sup>			1.2	(2,1596)

For meaning of index letters, see Table 1.

greater on coarse mineral soils and in all cases favoured cocksfoot; during the second and third experimental years in the midsummer and autumn harvests the yield level of cocksfoot was higher and the effect of nitrogen on it more efficient than on meadow fescue.

As there were comparatively few cases of significant differences occurring between dry matter yields of the two species (5 yields out of 18), the species have been combined for further analyses of the material.

Soils. When comparing the yields' regressions on nitrogen fertilization separately on

coarse mineral and fine mineral soils in each yield during each year of the experiment, significant differences were found between the soil types (Table 6). In each year of the experiment, the yields from the second cut were on a significantly higher level on coarse mineral soils and the effect of nitrogen more efficient than on fine mineral soils. On the other hand, yield level of the first cut was higher on fine mineral soils than on coarse mineral soils: in the second year to a statistically significant degree ( $P < 0.05$ ), in the third year to a highly significant degree ( $P < 0.001$ ).

Table 5. Differences of the regressions calculated for DM on nitrogen treatment between meadow fescue and cocksfoot in 9 cuts on two soils. Comparisons of regressions have been tested according to SNEDECOR and COCHRAN (1971).

Ley year	Coarse mineral soils						Fine mineral soils					
	Cut											
	I		II		III		I		II		III	
	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns
2	ns	ns	***	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
3	ns	ns	***	*	***	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Table 6. Regressions of dry matter on nitrogen fertilization and differences occurring between coarse and fine mineral soils (DM kg/ha/cut = a + bN + cN<sup>2</sup>, where N = kg nitrogen/ha/cut). Comparisons of regressions have been tested according to SNEDECOR and COCHRAN (1971).

Ley year	Cut no.	Coarse mineral soils				Fine mineral soils				Differences between regression curves in elevation direction	
		a	b	c	R	a	b	c	R		
1	I	1390	25.5	-.073	.82***	1613	18.8	-.056	.44***	ns	ns
	II	929	39.9	-.126	.86***	965	23.3	-.073	.63***	***	***
	III	513	37.9	-.119	.89***	659	37.4	-.120	.63***	ns	ns
2	I	843	29.3	-.095	.66***	1146	31.2	-.095	.68***	*	ns
	II	849	36.8	-.132	.83***	736	20.3	-.074	.60***	***	**
	III	325	28.2	-.094	.75***	336	34.7	-.121	.78***	ns	ns
3	I	480	24.8	-.090	.66***	754	26.5	-.085	.78***	***	ns
	II	482	30.5	-.115	.71***	793	18.5	-.076	.54***	**	**
	III	448	23.4	-.091	.62***	434	19.5	-.071	.47***	ns	ns

### Crude protein content

Crude protein content (total nitrogen × 6.25) for the whole material increased on average from 11.9 % to 22.3 % with the increase in nitrogen fertilization from nil to 200 kg N/cut. The differences between all the treatments were statistically significant (Table 7).

In the first cut, the yield's protein content rose linearly with the increase in level of nitrogen (Fig. 3), whereas for the yields of the second and third harvests, the second degree form of the resp. equation explained significantly better the variation in the protein contents. Comparison between parabolic regression equations indicated that only the

Table 7. Content of crude protein. Averages of 18 trial sites. Per cent of the dry matter.

NITROGEN FERTILIZATION, N kg/ha/cut						F-values of variance analysis. The degrees of freedom are indicated in parentheses.	
	0	50	100	150	200		
%	11.9 <sup>a</sup>	13.8 <sup>b</sup>	18.0 <sup>c</sup>	20.8 <sup>d</sup>	22.3 <sup>e</sup>	751.8***	(4,1594)
CUT no.							
	I	II	III				
%	16.8 <sup>a</sup>	16.1 <sup>a</sup>	19.0 <sup>b</sup>			55.3***	(2,1596)
LEY YEAR							
	1	2	3				
%	16.6 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	18.2 <sup>b</sup>			13.4***	(2,1596)
SOILS							
	Coarse mineral	Fine mineral	Organogenic				
%	17.2 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>			0.3	(2,1596)
SPECIES							
	Meadow fescue	Cocksfoot					
%	17.4 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>				0.1	(1,1597)

For meaning of index letters, see Table 1.  
a-e: P < 0.05

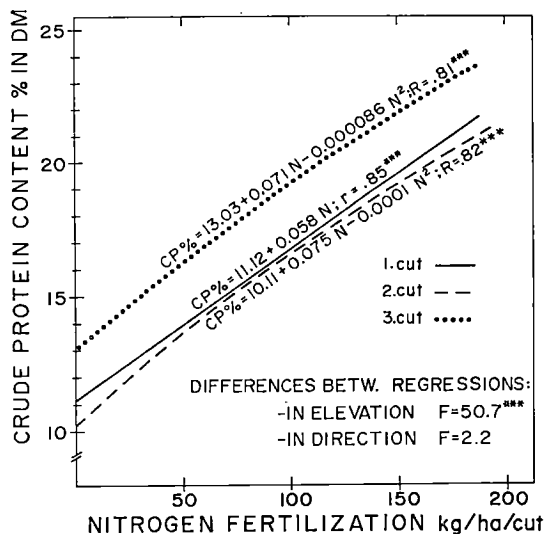


Fig. 3. Regressions between nitrogen fertilization and crude protein content in DM for the three cuts (all soils, plants and years).

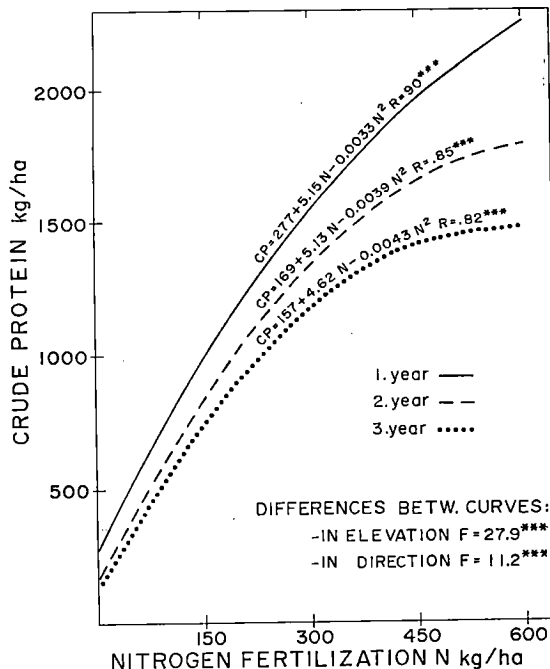


Fig. 4. Regressions between nitrogen fertilization and crude protein yield for three years (all soils and plants).

difference in elevation between the curves was significant: protein content in the third cut was higher than in the others.

There were no significant differences in protein content between plant species or between soils (Table 7). From the first to the third year, the yield's protein content increased highly significantly.

### Crude protein yield

#### Total yield

The average values of crude protein yield (Table 8) showed a statistically significant increase in protein yield between treatments, at any rate up to 450 kg N/ha. The difference between the two greatest treatments (450 and 600 kg N/ha/yr) was no longer significant. The difference in elevation between the curves

(Fig. 4) showing the regression between nitrogen fertilization and crude protein yield in different years was not as great as that of dry matter yield on nitrogen, because the yield's nitrogen content rose sharply both with the increase in nitrogen level and the age of the ley. Neither did protein yield decrease at the highest nitrogen levels as did the dry matter yield.

In the crude protein yields, the differences both between plant species and soils types were insignificant (Table 8). The constants (a) of the regression equations, the coefficients (b, c) and differences between regressions calculated for nitrogen fertilization and protein yield were as follows for the different soils:

	a	b	c	R
Coarse mineral soils	183	5.15	-.0039	.87***
Fine mineral soils	237	4.79	-.0038	.78***
Organogenic soils	93	5.14	-.0035	.89***

Difference in elevation between regression curves F = 1.1  
 Difference in direction » » » F = 1.3

Table 8. Crude protein yield kg/ha/yr<sup>1</sup>). Averages of 18 trial sites.

						F-values of variance analysis. The degrees of freedom are indicated in parentheses.	
NITROGEN FERTILIZATION							
	0	150	300	450	600		
kg/ha	222 <sup>a</sup>	810 <sup>b</sup>	1372 <sup>c</sup>	1691 <sup>d</sup>	1801 <sup>d</sup>	291.3***	(4,525)
LEY YEAR							
	1	2	3				
kg/ha	1381 <sup>b</sup>	1175 <sup>ab</sup>	940 <sup>a</sup>				
SOILS							
	Coarse mineral	Fine mineral	Organogenic				
kg/ha	1191 <sup>a</sup>	1161 <sup>a</sup>	1161 <sup>a</sup>				
SPECIES							
	Meadow fescue	Cocksfoot					
kg/ha	1154 <sup>a</sup>	1186 <sup>a</sup>					

For meaning of index letters, see Table 1.

<sup>1</sup>) Calculated from DM of grasses sown.

### Yield per cut

Crude protein yield decreased to a highly significant degree from the first to the second and third cut (Table 9). On the other hand, there were no significant differences in average values between the second and third cut, des-

pite the significant differences in dry matter yields. Protein yield was higher in the third than in the second harvest whereas in relation between dry matter yields, the situation was reversed. This was due the high protein content of the autumn yields.

The equations and curves showing the reg-

Table 9. Average values of protein yields per cut.

						F-values of variance analysis The degrees of freedom are indicated in parentheses.	
NITROGEN FERTILIZATION, N kg/ha/cut							
	0	50	100	150	200		
kg/ha	75 <sup>a</sup>	267 <sup>b</sup>	454 <sup>c</sup>	556 <sup>d</sup>	593 <sup>d</sup>	458.2***	(4,1594)
CUT no.							
	I	II	III				
kg/ha	429 <sup>b</sup>	359 <sup>a</sup>	375 <sup>a</sup>				
LEY YEAR							
	1	2	3				
kg/ha	444 <sup>c</sup>	397 <sup>b</sup>	315 <sup>a</sup>				
SOILS							
	Coarse mineral	Fine mineral	Organogenic				
kg/ha	393 <sup>a</sup>	382 <sup>a</sup>	393 <sup>a</sup>				
SPECIES							
	Meadow fescue	Cocksfoot					
kg/ha	382 <sup>a</sup>	393 <sup>a</sup>					

For meaning of index letters, see Table 1.



Table 10. Differences of the regressions calculated for protein yield on nitrogen treatment between meadow fescue and cocksfoot in 9 cut on two soils. Comparisons of regressions have been tested according to SNEDECOR and COCHRAN (1971).

Ley year	Coarse mineral soils						Fine mineral soils					
	Cut						Cut					
	I		II		III		I		II		III	
	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D
1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns
2	ns	ns	**	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
3	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns

D = difference in direction  
E = difference in elevation

ression between nitrogen fertilization and protein yield in the different cuts are given in Fig. 5. The regression curves differ significantly both in elevation and in direction. In the first harvest the increase in protein yield with the increase in nitrogen level continued sharply up to the highest nitrogen treatment, because protein content rose linearly. The regression curve showing the protein yield of the third cut also rose sharply but remained at a lower level due to the smaller dry matter yield.

As the differences in protein content between the plant species were very small, differences in crude protein yield were in the same yields

the same as differences in dry matter yields (Table 10). Small differences occurred only in the significances of the differences. Differences between soil types in the crude protein yields were also almost the same as those in the dry matter yields.

#### Contents of crude fibre, fat, ash and N-free extracts

In order to establish the value of the yields as fodder, the crude fibre, crude fat, ash and N-free extracts were measured from the samples. There were statistically significant differences in fibre content of the yields between treatments (Tables 11 and 12), but differences were nevertheless small and no clear direction could be observed. The most significant differences were found between the species. The fibre content of meadow fescue's was significantly lower than that of cocksfoot, the difference being, on average, 1.6 per cent unit.

With regard to crude fat, there was a significant increase (from 3.4 % to 3.9 %) with the increase in nitrogen fertilization from nil to 100 kg/cut. The cocksfoot yield had a significantly higher fat content than that of meadow fescue. Also, the yield's fat content increased slightly towards the autumn.

The percentage of ash in the yields varied between 10–11 %. Variations appeared to be small and only the differences between cuts seemed to be systematic; ash content increased from the first to the third harvest.

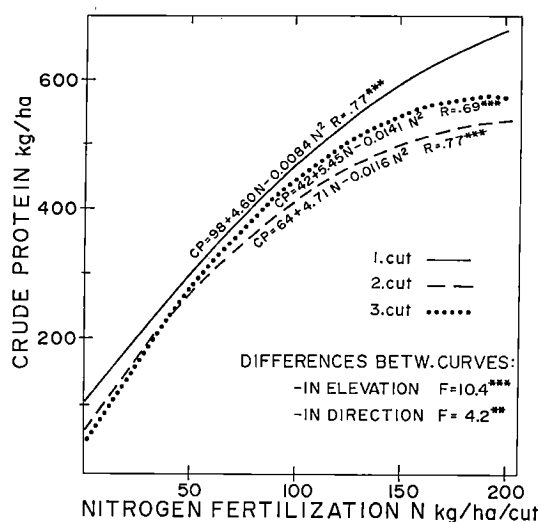


Fig. 5. Regressions between nitrogen fertilization and crude protein yield for three cuts (all soils, plants and years).

Table 11. Effects of nitrogen fertilization, cutting time, species, age of ley and soils on the content of crude fibre, crude fat, ash and nitrogen-free extracts, % in DM.

	Crude fibre	Crude fat	Ash	Nitrogen-free extract
NITROGEN FERTILIZATION				
kg/ha/cut				
0	25.4 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>	48.0 <sup>e</sup>
50	25.8 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	10.4 <sup>a</sup>	46.3 <sup>d</sup>
100	25.8 <sup>b</sup>	3.9 <sup>c</sup>	10.3 <sup>a</sup>	41.9 <sup>c</sup>
150	25.4 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>c</sup>	10.4 <sup>a</sup>	39.4 <sup>b</sup>
200	25.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>c</sup>	10.4 <sup>a</sup>	38.2 <sup>a</sup>
CUT no.				
I	25.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	44.5 <sup>c</sup>
II	26.7 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	10.5 <sup>b</sup>	43.1 <sup>b</sup>
III-IV <sup>1</sup>	24.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>c</sup>	11.2 <sup>c</sup>	40.9 <sup>a</sup>
SPECIES				
Meadow fescue	24.7 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	43.9 <sup>b</sup>
Cocksfoot	26.3 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	10.6 <sup>a</sup>	41.7 <sup>a</sup>
LEY YEAR				
1	26.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	11.5 <sup>c</sup>	41.8 <sup>a</sup>
2	25.4 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	10.3 <sup>b</sup>	43.4 <sup>b</sup>
3	24.8 <sup>c</sup>	3.8 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	43.2 <sup>c</sup>
SOILS				
Coarse mineral	26.6 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	10.1 <sup>a</sup>	42.3 <sup>a</sup>
Fine »	24.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	11.0 <sup>b</sup>	43.2 <sup>b</sup>
Organogenic	26.5 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	42.9 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>) Cut no IV was made at only two sites

For meaning of the index letters, see Table 1. a-e: P < 0.05.

Table 12. F-values of variance analysis for crude fiber, crude fat, ash and nitrogen-free extracts. The degrees of freedom are indicated in parentheses.

	Nitrogen fertilization (4,1594)	Species (1,1597)	Cut	Ley year (2,1596)	Soils
Crude fibre	3.9**	129.2***	66.7***	29.1***	103.2***
Crude fat	44.4***	350.3***	85.5***	2.0	37.3***
Ash	16.8***	0.0	55.0***	128.7***	36.3***
Nitrogen-free extract	360.2***	63.7***	62.7***	12.9***	4.6*

On the other hand, there were definite differences in the content of nitrogen-free extracts. With the increase in nitrogen fertilization, the amount of extract gradually decreased. Differences between species were also significant. Content was higher in meadow fescue than in cocksfoot. There were also differences between harvests, content being smaller in the autumn yield.

## Discussion

The decrease observed in the dry matter content of grass harvested at silage stage following nitrogen dressings of from nil to 300 kg/ha and subsequent levelling out when quantities higher than this were applied is supported by the research work of STEEN (1968), in which dry matter content of herbage

between N fertilization treatments 0—375 was depressed from 27 % to 25 %, after which, when the quantities of nitrogen were increased from 375 to 500, content rose slightly. In STEEN's second research series (1972), there was a continuous drop in dry matter content (from 26.5 to 21.9 %) following nitrogen treatments 0—120 kg/ha/cut. The dry matter contents in STEEN's study were distinctly higher than those in the present material. According to RAININKO (1968), the dry matter contents of both meadow fescue and cocksfoot were between them about as high and on the same level as in this research. The increase in water content is a considerable drawback. It leads to losses in preservative properties in fresh silaging and adds to the cost of drying.

Dry matter yields in these trials were on the same level as those obtained in other equivalent experiments. The best yields in the first year were even on a par with Central European yields of 12 000—14 000 kg/ha/yr and the middle yields were on the same level as those encountered in neighbouring countries (STEEN 1972). The yearly variations in dry matter yields were great. Yields in the first year were normally high but the level dropped appreciably in the second and third years. This was partly due to weather conditions: during the years 1968—70 many experimental sites suffered more severe drought than usual.

A highly significant with regard to heavy nitrogen treatment was the sward's poor resistance to winter conditions, resulting in substantial thinning and even complete destruction. The cause of this have been discovered in subsequent research, together with methods to prevent it (HUOKUNA 1971).

In certain cases potassium deficiency was also found to limit the growth of dry matter

yield in the second and particularly the third harvests. Potassium fertilization was applied once only in the spring of each year and, on coarse mineral soils especially, the first yield drained this amount so completely that the later growth, particularly of swards with heavy treatments of nitrogen, clearly suffered from a deficiency in potassium (JOY et al. 1973).

In this study, meadow fescue and cocksfoot were shown to be equivalent. A more accurate statistical breakdown of the material revealed a few differences.

On coarse mineral soils cocksfoot was more efficient in utilizing of nitrogen, whereas there were no essential differences between species on fine mineral soils. One reason for this may be that on the fine mineral soils cocksfoot sustained greater winter damage than meadow fescue (15.8 % and 6.7 % resp.) whereas on the coarse mineral soils differences were not so large (24.4 % and 20.5 % resp.).

The minor differences between soils were also due to the fact that fine mineral soils, often clay soils with poor humus, were more sensitive to drought than the coarse mineral soils.

The yield curve already sloped appreciably more gently in the region of 300 kg/ha of nitrogen fertilization although the theoretical maximum yield was not obtained until about 450 kg. The response of dry matter yield to N up to 150 kg N/ha was 27.7 kg DM/kg N applied, and between 150 and 300 kg/ha each additional kg of applied nitrogen gave 11.9 kg DM. The increase in yield on nitrogen treatments higher than this was insignificant. Taking into consideration the winter risk and decrease in nitrogen utilization, 300 kg/ha is the largest quantity which can be recommended for swards grown under Finnish conditions.

## REFERENCES

- HUOKUNA, E. 1971. Runsaan typpilannoituksen saaneiden nurmien talvehtiminen. *Karjalous* 47: 92—93.
- & HIIVOLA, S.-L. 1974. The effect of heavy nitrogen fertilization on sward density and winter survival of grasses. *Ann. Agric. Fenn.* 13: 88—95.
- JOY, P., LAKANEN, E. & SILLANPÄÄ, M. 1973. Effects of heavy nitrogen dressings upon release of potassium from soils cropped with ley grasses. *Ann. Agric. Fenn.* 12: 172—184.
- RAININKO, K. 1968. The effects of nitrogen fertilization, irrigation and number of harvestings upon leys established with various seed mixtures. *Acta Agr. Fenn.* 112: 1—137.
- SNEDECOR, G. W. & COCHRAN, W. G. 1971. *Statistical methods*. 393 p. Ames, Iowa.
- STEELE, R. G. & TORRIE, J. H. 1960. *Principles and procedures of statistics*. 481 p. New York.
- STEEN, E. 1968. Inverkan av kvävegödsling på kvaliteten hos fyra vallgräs på betesstadiet. Summary: Influence of nitrogen fertilization on the quality of four grasses at the grazing stage. *Lantbr.högsk. Medd. A* 92: 1—27.
- 1972. Stigande mängder kväve till fem vallgräsarter skördade tre gånger per säsong. Summary: Increasing amounts of nitrogen to five grass species cut three times per season. *Lantbr.högsk. Medd. A* 176: 1—43.
- MS received 10 June 1974*
- Sirkka-Liisa Hiivola  
Agricultural Research Centre  
Institute of Plant Husbandry  
SF-01300 Vantaa 30, Finland
- Erkki Huokuna  
Agricultural Research Centre  
South Savo Experiment Station  
SF-50600 Mikkeli 60, Finland
- Sirkka-Liisa Rinne  
Agricultural Research Centre  
Institute of Soil Science  
SF-01300 Vantaa 30, Finland

## SELOSTUS

### Runsaan typpilannoituksen vaikutus nurminadan ja koiranheinän satoihin

SIRKKA-LIISA HIIVOLA, ERKKI HUOKUNA ja SIRKKA-LIISA RINNE

Maatalouden tutkimuskeskus

Vuosina 1967—70 18 koepaikassa eri puolilla Etelä- ja Keski-Suomea suoritetuissa puhtaiden nurminata- ja koiranheinänurmien typpilannoituskokeissa ruohon kuiva-ainesto nousi voimakkaasti 300 kg N/ha saakka, mutta tämän yli menevillä määrillä saatiin vain mitätön sadonlisäys. Ilman typpilannoitusta kuiva-ainesato oli 1980 kg/ha, typpimäärällä 300 kg/ha vastaavasti 7910 kg/ha. Korkein kolmen vuoden keski-sato, 8350 kg/ha, saavutettiin 450 kg:n typpilannoituksella. Typpikiloa kohti saatiin välillä 0 N—150 N 27.7 kg ja välillä 150 N—300 N 11.9 kg kuiva-ainetta.

Kuiva-ainesadon määrää kuvaavat käyrät olivat vuotuisia vaihteluita lukuun ottamatta kaikissa tapauksissa samansuuntaiset. Kasvilajien ja maalajien välillä ei

ollut merkitseviä eroja. Käyrän suuntaa muuttivat nurmien heikko talvehtiminen ja suurin typpimäärä. Satotaso laski voimakkaasti nurmen iän mukana, mikä johtui osaksi tavallista kuivemmista kesistä.

Sadon kuiva-ainepitoisuus laski 26.4 %:sta 20.2 %:iin typpilannoituksen noustessa 0 kg:sta 200 kg:aan N/ha niittoä kohti. Sen sijaan kuiva-aineen raakavalkuaispitoisuus nousi vastaavalla lannoituksella jokseenkin suoraviivaisesti keskimäärin 11.9 %:stä 22.3 %:iin.

Korkein keskimääräinen raakavalkuissato 1801 kg/ha/v saavutettiin suurimmalla (600 kg/ha) typpimäärällä, ja suurimmalla käyttökelpoisella typpimäärällä (300 kg/ha) raakavalkuissato oli 1372 kg/ha/v.

GRAIN YIELD OF SPRING WHEAT AND OATS AS  
AFFECTED BY POPULATION DENSITY

TIMO MELA and JUHANI PAATELA

MELA, T. & PAATELA, J. 1974. Grain yield of spring wheat and oats as affected by population density. *Ann. Agric. Fenn.* 13: 161—167.

The relation between the grain yield and density was parabolic in shape. The highest grain yields were harvested at stand densities of 40 to 75 plants per metre row (320 to 600 plants per square metre), depending on the yield level. The higher the yield level, the sparser was the stand in which the maximum grain yield was reached and the more pronounced was the maximum.

Spring wheat and oat plants only partly compensated the decrease of stand density by new tillers. In addition, the number of grains per ear of the secondary tillers was much lower than that of the primary tillers. It is apparently unwise to rely on the tillering of spring wheat and oats, even under the most favourable conditions; the maximum yield was harvested when the number of secondary tillers was low.

Stand density affected the grain size of spring wheat and oats and the hull content of the grains of oats, and had a slight effect on the weight per unit volume of the grains of both cereals, but no apparent effect on the nitrogen content of their grains.

The present paper presents the results of research on the effect of wide variations in the density of spring wheat and oat populations. The development of the cereal populations will be described in a second paper on the same material.

### Material and methods

In 1966, 1967 and 1968 three field experiments were conducted at the Institute of Plant Husbandry, University of Helsinki, Finland (60°N), to compare the growth and yield of the spring wheat variety Svenno (Weibulls-

holm Plant Breeding Station, Sweden) and the oat variety Sisu (Hankkija Plant Breeding Station, Finland) at seeding rates of 25, 50, 100, 200, 400, 800, and 1600 kg/ha. In 1966 irrigation (0 and 2 × 30 mm) and nitrogen fertilization (0 and 60 kg/ha N) treatments were included in the experiment. The split-plot design was used; the area of the plots was 12.5 m<sup>2</sup>, the number of replicates was four and the row width was 12.5 cm.

The experimental results presented in the present study represent ripened cereal stands and harvested grain yield. The density values of the stand at harvesting are used. The densities of the spring wheat and oat stands ranged

from 10 to 300 plants per metre row (from 80 to 2400 plants per square metre), depending on the seeding rates and conditions for germination and establishment. The range of the crowding coefficient ( $\text{m}^2/\text{plant}$ ) was  $125 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-4}$ .

The main part of the results are presented as smoothed curves, for the sake of visual clarity. Each curve is drawn according to the results of 28 different determinations.

The temperature conditions were about normal in the growing periods of 1966, 1967 and 1968. The average monthly temperatures (averages of monthly means for the period 1931 to 1960) of May, June, July and August are 9, 14, 17 and 16°C in Helsinki.

The growing period of 1966 was drier than normal throughout. In 1967, June and July were exceptionally dry, whereas the precipitation in August was double the normal amount. In 1968, precipitation was somewhat greater than normal. The normal precipitation for May, June, July and August is 41, 50, 73 and 71 mm. The soil type was loamy clay in each experiment.

## Results and discussion

### Grain yield

The relation between the grain yield and the density of the stands was parabolic in shape (Fig. 1). HOLLIDAY (1960) also demonstrated that the reproductive parts of the yield (i.e. the grains and seeds) showed a parabolic relationship to density. The sparsest stands did not make full use of the space for the reproductive yield and an increase in density at first caused the grain yield to rise very sharply, the rise then diminishing progressively towards the maximum.

In 1967, stand densities of 40 to 50 plants per metre row (from 320 to 400 plants per square metre) gave the highest grain yield for both spring wheat and oats. In 1967, when the grain yields were higher than in 1966 and

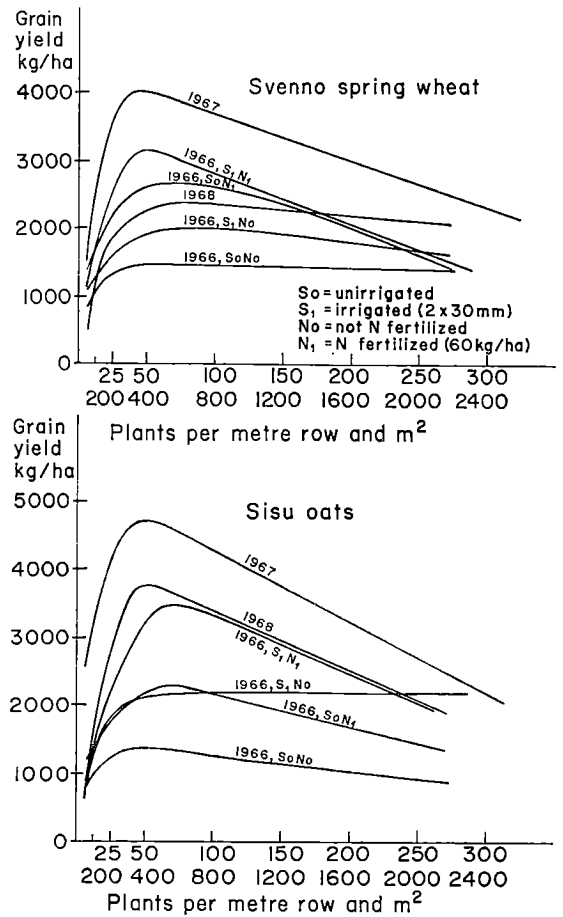


Fig. 1. Grain yield (kg/ha) of Svenno spring wheat and Sisu oats at different stand densities (plants per metre row and  $\text{m}^2$ ).

1968, the maximum grain yield was harvested from a less dense stand than in the two other years. Similarly, in 1966 the higher the yield level in the different nitrogen fertilization and irrigation treatments, the sparser was the stand in which the maximum grain yield of spring wheat was reached.

According to the results of several scientists, the optimum density of a cereal stand is lower under good than under poorer conditions of growth (MORRISON 1956, JALKANEN 1960, ANTTINEN 1963, PAPADAKIS 1968). HUDSON (1941) came to the opposite result; he found that with low rainfall and poor fertility, the optimum seed rates were lower than with high rainfall and high fertility. BENGTON and

OHLSSON (1966) also found that with a high yield level and varieties with good strength of straw the seeding rates should be raised. According to BENGTON (1972), the seeding rate should fit the yield level; higher seeding rates should be used when high yields are expected. The last-mentioned conclusions rest on the view that larger supplies of moisture and nutrients can support a higher plant population.

MORRISON'S (1956) explanation of those conflicting results was that in general (in Scotland), where soils have been improved by the addition of lime and phosphate, it should be possible to make a substantial reduction in seed rate. On the other hand, where the lime and phosphate contents are satisfactory, it may be possible, when more nitrogen is used, to obtain an increase in yield by a small increase in seed rate.

PENDLETON and DUNGAN (1960) found that winter wheat varieties differed in their yield response to seeding rates and rates of nitrogen application. Although the varieties differ in their relation to density, it may be expected to influence the yield in the same direction.

### Tillering

The spring wheat and oat plants produced rather few tillers, with the exception of the sparsest stands, in 1967 and 1968 (Fig. 2). Tillering corresponded to that previously found by VALLE and MELA (1965). A noteworthy feature was the very sharp decrease of the number of tillers per plant with an increase in density at the lower end of the density range. The primary tillers constituted as much as 80 to 90 % of the total tillers at the optimum stand density.

The decrease in stand density was only partly compensated by the formation of new tillers. In addition the number of grains per ear of the second and third tillers was much lower than that of the first tillers (Fig. 3). This indicates that it is unwise to rely on the tillering of these spring cereals even when condi-

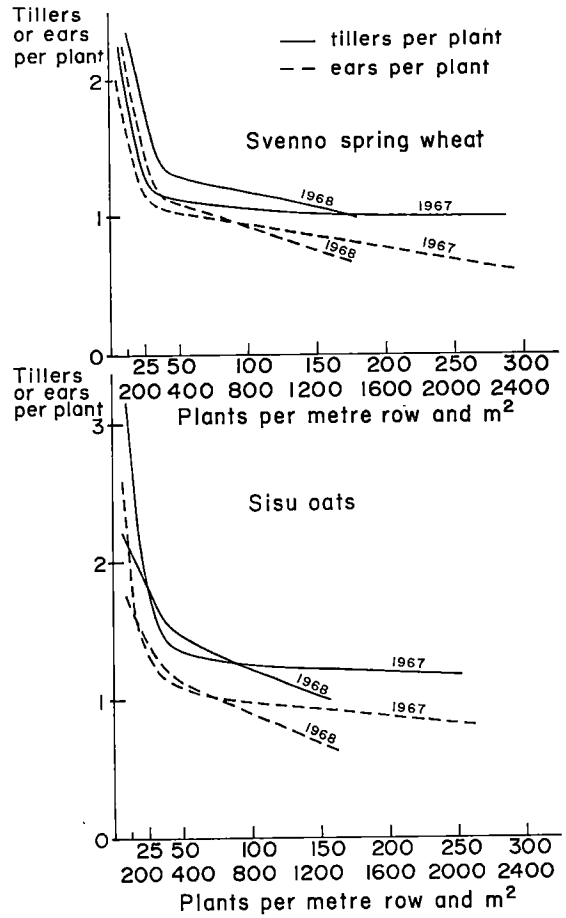


Fig. 2. Number of tillers and ears per plant.

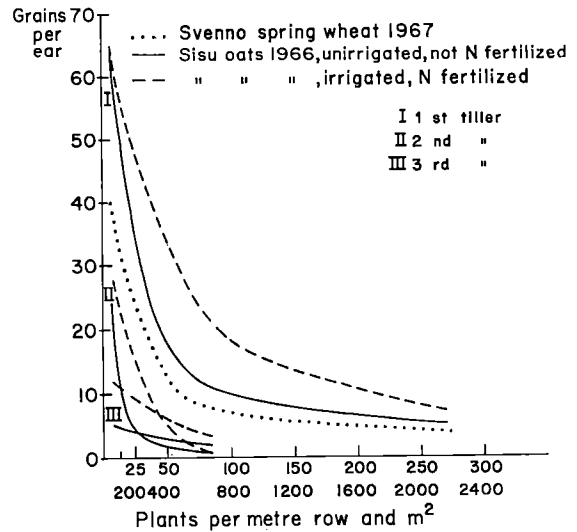


Fig. 3. Number of grains per ear.

tions are most favourable for growth, because the secondary tillers use space less advantageously than the primary tillers from the point of view of the grain yields.

In 1967, when conditions were more favourable for growth, the number of tillers in the densest and sparsest oat stands was higher than in the corresponding stands in 1968. The sharp decrease in the number of tillers with increasing density in 1967 showed that competition was most powerful when the plants grew vigorously. A larger number of plants could develop a second tiller in the densest stands in 1967 than in 1968. PAPADAKIS (1968) also found that rich soils produce a greater number of tillers. With the exception of the densest stands, the number of tillers of the spring wheat plants was higher in 1967 than in 1968 at the corresponding densities.

In addition to differing between species, the tillering of cereals can depend on the variety. BALLA (1971) found that poorly tillering varieties gave the highest yields at the closest spacing. According to SINGH et al. (1972), a dwarf wheat variety had better ability to tiller than a tall variety.

A part of the tillers was earless in all the spring wheat and oat stands. The proportion of earless tillers increased with increasing density. From a density of 75 plants per metre row, an increasing proportion of the plants was earless. The number of the earless tillers increased slower under the more favourable conditions of 1967 than in 1968.

Similarly, HOLMES and TAHIR (1957) found that the proportion of ear-bearing tillers was lower in dense than in sparse winter wheat stands. On the other hand, their finding that spacing produced a highly significant linear response in the number of ears per plant applies only to the stands that were denser than optimum, in the present results.

#### *Ear size*

Increasing competition between the plants affected the number of grains per ear in the

same manner as the number of ears and tillers per plant (Fig. 3). Nitrogen fertilization and irrigation increased the number of grains per ear at corresponding stand densities. The size of the ears depended closely on their age, as SINGH et al. (1972) also found. The secondary tillers had fewer grains per ear than the primary tillers.

With increasing closeness the difference in ear size between the second and third tillers diminished. At a density of about 300 plants per square metre the ears were equal in size, but measured only about 1/6 of the ears of the primary tillers. At this density the primary tillers contributed about 10 % of the total ears. PUCKRIDGE (1968) showed in his pot experiments that the number of spikelets was controlled by competition among the plants for assimilates and nitrogen. The number of fertile spikelets per ear was influenced by competition at a very late developmental stage, and could be increased by transfer to low-density stands during a long period preceding the emergence of the ear.

KAMEL (1959) also proved in his extensive studies that the number of ears per plant and grains per ear as well as the length of the ear increased with diminishing density.

According to WILLEY and HOLLIDAY (1971), the number of grains per ear is the chief variable accounting for the decline in grain yield in above-optimum populations. In the present results this is evident from the fact that the relative decrease in grain number (Fig. 3) is larger than that in grain weight (Fig. 4).

#### *Grain size*

The relationship of grain weight to closeness differed from that of the number of ears per plant and grains per ear. Instead of showing sharp decline with increasing density at the lower end of the scale, the relationship was almost a straight line. Interest attaches to the strong effect of competition on the grain weight of oats under the favourable condi-



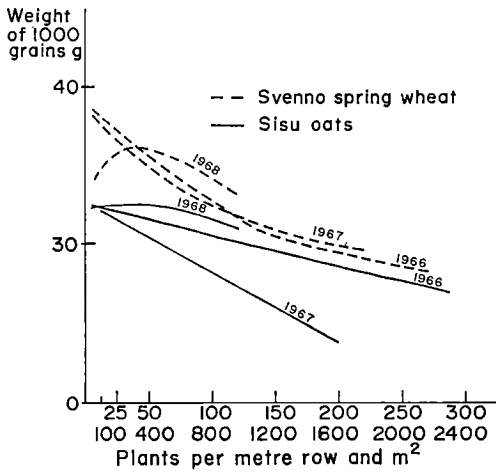


Fig. 4. Weight of grain (1000 grains, g).

tions of 1967. In 1968 the sparse stands produced late secondary tillers, which had not ripened by harvest time and lowered grain weight.

The distribution of the grain yields by grain size groups differed between the spring wheat and oats (Fig. 5). The proportion of small grains (< 2.50 mm) decreased and that of large grains (> 2.50 mm) increased with increasing closeness in the sparser (< 100 plants per metre row) spring wheat stands (Fig. 5). In the denser stands the distribution of the grain yields remained unchanged or resembled that of the sparser stands.

In the oat stands the effect of density on the distribution of the grains by size groups was the opposite of that of the spring wheat. In 1967 the proportion of small grains (< 2.50 mm) increased and that of large grains (> 2.50 mm) decreased as the density increased to 100 plants per metre row. In 1968 increasing density affected the proportion of small grains only slightly but in the sparser stands the size group 2.50–2.75 mm was smaller and the size groups > 2.75 mm larger than in the denser stands.

#### Quality of grain yield

The value of the grain yield of oats is greatly affected by its hull content. The hull content

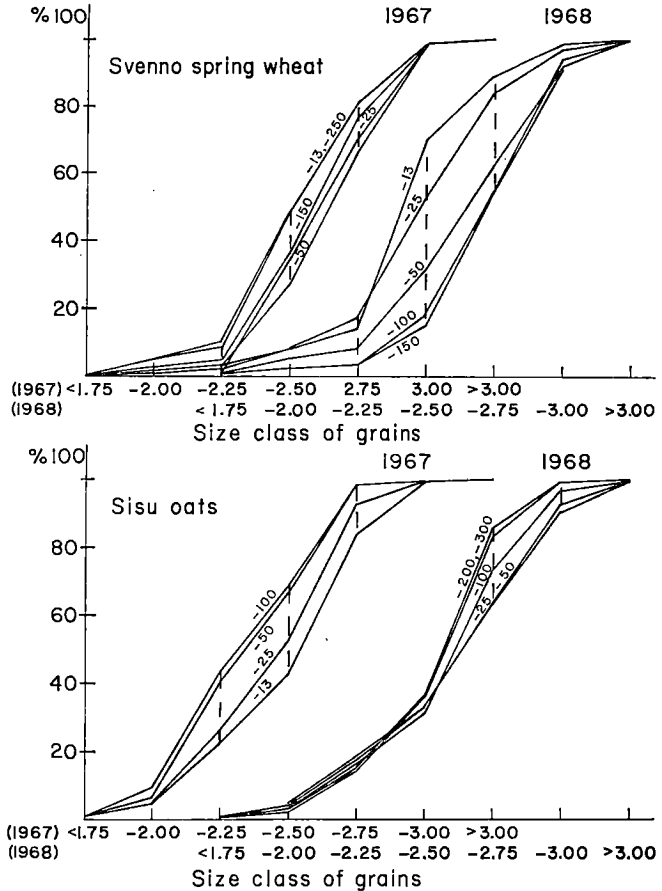


Fig. 5. Distribution by grain size of grain yields of stands of different density classes. Density classes, plants per metre row: 1—13, 14—25, 26—50, 51—100, 101—150, 151—200, 201—250.

of the total grain yield and the different size groups depended on the stand density and grain size (Fig. 6). The hull content of the total grain yield diminished up to a density of 75 plants per metre and then levelled out. The smaller the grains were, the larger was the change in hull content with increasing density. The difference between the hull content of the largest and the smallest grains varied from 11 to 20 % units at the different stand densities. However, it should be noticed that only a few grains were smaller than 1.75 mm.

The weight per unit volume of the grains increased slightly with increasing density of

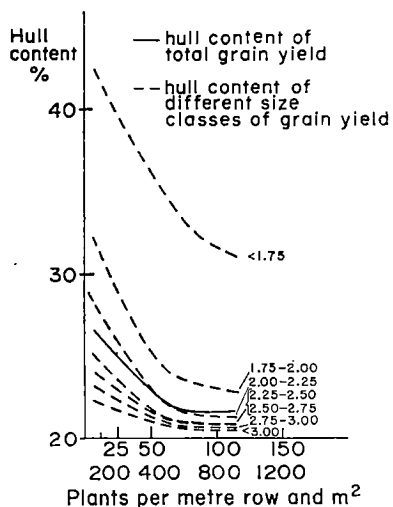


Fig. 6. Hull content (%) of grain yields of Sisu oats in 1968.

the stands. When the sparsest stands were excepted, the amplitude of the variation in the hectolitre weight of spring wheat and oats was less than 2 kg. In the sparsest stands the grains of the unripened secondary tillers greatly reduced the hectolitre weights. KIESELBACH (1926) also reported that the seeding rate had only a slight effect on the hectolitre weight of cereals.

Stand density had no apparent influence on the nitrogen content of oats. On the other hand, HOLMES and TAHIR (1957) found that the nitrogen content of wheat was lower in a sparse stand than in a dense stand.

## REFERENCES

- ANTTINEN, O. 1963. Kevätviljojen kylvösiemenmäärstä. *Koetoin. ja Käyt.* 20: 9–10.
- BALLA, L. 1971. Study of wheat varieties grown with different spacing. *Acta Agron. Acad. Scient. Hungaricae* 20: 411–415.
- BENGTSSON, A. & OHLSSON, I. 1966. Utsädesmängdsförsök med vårsäd. *Lantbr.högsk. Medd. A.* 43: 1–35.
- 1972. Radavstånd och utsädesmängd för vårvete och korn. *Lantbr.högsk. Medd. A.* 51: 1–28.
- HOLLIDAY, R. 1960. Plant population and crop yield. *Field Crop Abstr.* 13: 159–167.
- HOLMES, J. C. & TAHIR, W. M. 1957. The effect of some factors on growth, development and yield of winter wheat. *J. Agric. Sci.* 48: 115–123.
- HUDSON, H. G. 1941. Population studies with wheat. III. Seed rates in nursery trials and field plots. *J. Agric. Sci.* 31: 138–143.
- JALKANEN, P. J. 1960. Viljalajien rivietäisyys- ja kylvö- määräkokeista Hämeen koasemalla. *Maatal. ja Koetoin.* 14: 45–50.
- KAMEL, M. S. 1959. A physiological study of shading and density effects on the growth and the efficiency of solar energy conversion in some field crops. *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen* 59: 1–101.
- KIESELBACH, T. A. 1926. The relation of seeding practices to crop quality. *J. Amer. Soc. Agron.* 18: 661–684.
- MORRISON, D. 1956. Fertility levels and seed rates. *Scott. Agric.* 36: 148–152.
- PAPADAKIS, J. 1968. Growth retardants and fertilizers. 20 p. Buenos Aires.
- PENDLETON, J. W. & DUNGAN, G. H. 1960. The effect of seeding rate and rate of nitrogen application on winter wheat varieties with different characteristics. *Agron. J.* 52: 310–312.
- PUCKRIDGE, D. W. 1968. Competition for light and its effect on leaf and spikelet development of wheat plants. *Austr. J. Agric. Res.* 19: 191–201.
- SINGH, R. D., CHATTERJEE, B. N. & SANYAL, S. N. 1972. Tillering pattern in tall and dwarf wheat varieties under different levels of nitrogen and spacing. *Ind. J. Agric. Sci.* 42: 42–47.
- VALLE, O. & MELA, T. 1965. Heikosti itävien kevätviljojen kylvösiemenarvosta. Summary: The value of poorly germinating spring cereals as seeding stock. *Ann. Agric. Fenn.* 4: 121–133.
- WILLEY, R. W. & HOLLIDAY, R. 1971. Plant population, shading and thinning studies in wheat. *J. Agric. Sci.* 77: 453–461.

MS received 4 October 1974

Timo Mela and Juhani Paatela  
Agricultural Research Centre  
Institute of Plant Husbandry  
SF-01300 Vantaa 30, Finland

## SELOSTUS

### Kasvutiheyden vaikutus kevätvehnän ja kauran jyväsatoon

TIMO MELA ja JUHANI PAATELA

Maatalouden tutkimuskeskus

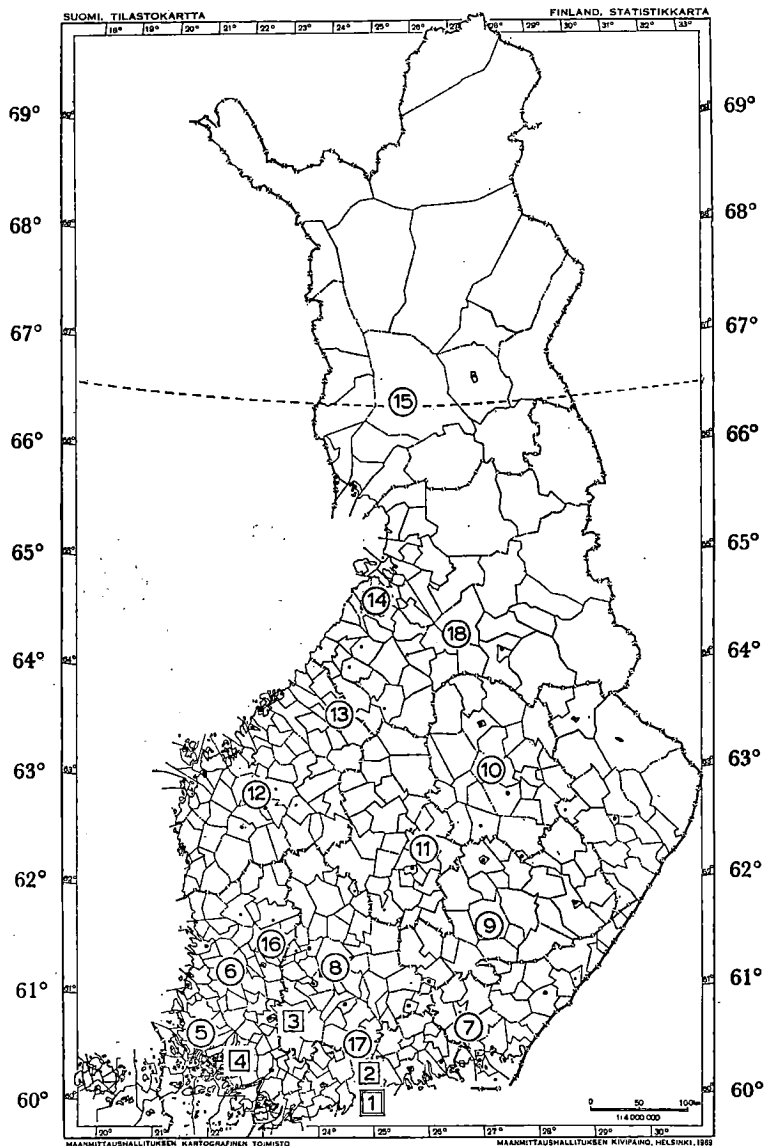
Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitoksella suoritettiin vuosina 1966, 1967 ja 1968 tutkimus, jossa selviteltiin kasvutiheyden vaikutuksia Svenno-kevätvehnän ja Sisu-kauran kehitykseen ja jyväsatoon.

Kylvömäärillä 25, 50, 100, 200, 400, 800 ja 1600 kg/ha saatiin viljakasvustot, joiden tiheys vaihteli 10–300 yksilöön rivimetriä eli 80–2400 yksilöön neliometriä kohti. Kasvutilaa oli kunkin viljayksilön käytettävissä vastaavasti  $125 \times 10^{-4}$ – $4 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>.

Jyväsadon muutosta tiheyden lisääntyessä kuvaavan käyrän muoto oli paraabeli (kuva 1). Suurimmat jyväsadot saatiin kevätvehnä- ja kaurakasvustoista, joiden tiheys vaihteli 40–75 yksilöä rivimetriä eli 320–600 yksilöä neliometriä kohti. Mitä korkeampi oli satotaso, sitä harvempi viljakasvusto antoi maksimisadon ja sitä jyrkemmin jyväsato nousi tai laski kasvuston tiheyden muuttuessa.

Kevätvehnän ja kauran versonmuodostus kompensoi vain osittain kasvuston tiheyden vähenemisen (kuva 2). Lisäksi sivuversojen tähkien ja röyhyjen jyväluku oli pienempi kuin pääversojen (kuva 3). Tulosten perusteella voidaan päätellä, että kylvösiemenmäärää valittaessa ei tule luottaa versonmuodostukseen suotuisissakaan kasvuoloissa. Suurimmat jyväsadot saadaan viljakasvustoista, jotka pääosaltaan koostuvat pääversoista.

Kasvutiheys vaikutti kevätvehnän ja kauran jyväkokoon (kuva 4), kauran jyväsadon kuoripitoisuuteen (kuva 5) ja jonkin verran myös jyväsadon hehtolitranpainoon. Jyväsadon typpipitoisuuteen tiheydellä ei sen sijaan ollut selvää vaikutusta.



### INSTITUTES, EXPERIMENT STATIONS AND BUREAUX OF THE AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE IN FINLAND

1. Office of the Director General, Administrative Bureau, Bureau for Local Experiments (HELSINKI) — 2. Institutes of Soil Science, Agricultural Chemistry and Physics, Plant Husbandry, Plant Pathology, Pest Investigation, Animal Husbandry and Animal Breeding; Isotope Laboratory, Pesticide Regulation Unit, Computing Service (TIKKURILA) — 3. Inst. of Plant Breeding (JOKIOINEN) — 4. Inst. of Horticulture (PIIKKIÖ) — 5. South-West Finland Exp. Sta. (HIETAMÄKI) — 6. Satakunta Exp. Sta. (PEIPOHJA) — 7. Kymenlaakso Exp. Sta. (ANJALA) — 8. Häme Exp. Sta. (PÄLKÄNE) — 9. South Savo Exp. Sta. (Karila, MIKKELI) — 10. North Savo Exp. Sta. (MAANINKA) — 11. Central Finland Exp. Sta. (VATIA) — 12. South Pohjanmaa Exp. Sta. (PELMA) — 13. Central Pohjanmaa Exp. Sta. (LAITALA) — 14. North Pohjanmaa Exp. Sta. (RUUKKI). — 15. Arctic Circle Exp. Sta. (ROVANIEMI) — 16. Pasture Exp. Sta. (MOUHIJÄRVI) — 17. Swine Research Sta. (HYVINKÄÄ) — 18. Frost Research Sta. (PELSONSUO)

## SISÄLLYS – CONTENTS

BREMER, K. Gramineae-kasvien virustaudit Suomessa ja Turkissa .....	125
Summary: Virus diseases of Gramineae-plants in Finland and Turkey .....	148
HIIVOLA, S.-L., HUOKUNA, E. & RINNE, S.-L. The effect of heavy nitrogen fertilization on the quantity and quality of yields of meadow fescue and cocksfoot .....	149
Selostus: Runsaa typpilannoituksen vaikutus nurminadan ja koiranheinän sa- toihin .....	160
MELA, T. & PAATELA, J. Grain yield of spring wheat and oats as affected by population density .....	161
Selostus: Kasvutiheyden vaikutus kevätvehnän ja kauran jyväsatoon .....	167