

TERVEEN JA SAIRAA SIEMENPERUNAN JA SIEMENEN
PEITTAUKSEN VAIKUTUS PERUNASADON PHOMA-TARTUNTAAN

Paavo Ahvenniemi
Helsingin Yliopisto
Kasvipatologian laitos
Vuonna 1979

TIIVISTELMÄ

Helsingin yliopiston Kasvopatologian laitoksella järjestettiin kesällä 1977 kenttäkoe *Phoma*-sairauden tutkimiseksi. Siemenmateriaalina käytettiin *Phoma*-mätäisestä perunaerästä valittuja terveen ja sairaan näköisiä mukuloita. Osalle siemenmukuloista suoritettiin juuri ennen istutusta mekaaninen vioittaminen ja/tai peittauskäsittely tiraamalla (kuivapeittaus, 80 %:sta jauhetta 0,25 g/mukula) tai benomyylillä (upotus 15 min 0,1 %:essa torjunta-aineen vesiliuoksessa). Kokeessa seurattiin käsittelyjen vaikutusta kasvuston kehitykseen, sadon suuruuteen sekä sadon *Phoma*-saastunnan määrään. *Phoma*-saastunnan suuruus testattiin Pohjois-Irlannissa kehitetyllä reijitysmenetelmällä.

Terveen näköinen siemen taimistui sairaan näköistä paremmin ja aiemmin, muodosti hieman pitemmin ja tiheämmän varsiston sekä aiheutti kasvustoon vähemmän tyvimätää. Kaikesta edellä olevasta oli seurauksena, että terveen näköinen siemen muodosti sairaan näköistä enemmän mukuloita kasvia kohti ja tuotti selvästi suuremman sadon. Peittauskäsittelyt ja mekaaninen vioittaminen hidastivat hieman kasvuston alkukehitystä, mutta mainittavaa satotuloksiin ulottuvaa vaikutusta niillä ei ollut.

Phoma-sairaus siirtyi kasvukauden aikana tehokkaasti siemenmukuloista uuteen satoon. Terveen näköisen siemenen käytöllä saatiin sadon saastunta jonkin verran alenemaan, samoin Tiraami-peittauksella.

Benomyylipeittauksen edullinen vaikutus oli tilastollisen merkitsevyyden rajoilla. Siemenen mekaanisella vioittamisella ei ollut vaikutusta sadon saastuntaan. Sadon *Phoma*-saastunta todettiin testauksissa noin 90 %:sesti *Phoma exigua* var. *foveata* -sienen aiheuttamaksi.

Sisällys

I JOHDANTO.....	5
II KIRJALLISUUSKATSAUS	7
1. Taudinaiheuttaja	7
2. <i>Phoma exigua</i> -rotujen ominaisuuksien vertailu	8
2.1. Morfologia	8
2.2. Kasvu ravintoalustalla	10
2.3. Biokemialliset ominaisuudet.....	12
2.3.1. Pigmentinmuodostus ja ammoniakkitesti	12
2.3.2. Kiteiden muodostus	13
2.3.3. Kromatografia	14
2.3.4. Antibiootti E	15
2.3.5. Violetti värireaktio.....	17
3. Taudinkuva	18
3.1. Taudin oireet mukulassa	18
3.2.1. Vaikutus varsiston kehitykseen.....	21
3.2.3. Varsipyknidioiden muodostuminen	25
3.3. Vaikutus satoon.....	26
4. <i>Phoma</i> -saastunnan muodostuminen kasvukauden aikana	27
4.1. Varsipyknidioiden merkitys.....	30
4.2. Sairaalla siemenen suora vaikutus <i>Phoma</i> -saastuntaan	31
4.3. Maassa kasvukaudesta toiseen säilyvä <i>Phoma</i> -saastunta	33
4.4. Varsien poiston ja sadonkorjuun ajoituksen vaikutus	34
5. <i>Phoma</i> -infektio.....	36
5.1. <i>Phoma</i> -infektioon liittyvät resistenssimekanismit	37
5.2. Lämpötilan ja kosteuden vaikutus <i>Phoma</i> -infektioon	39
6. Siemenperunan peittäminen torjuntakeinona.....	40
6.1. Elohopeapitoiset torjunta-aineet.....	40
6.2. Systemiset ja niihin verrattavat torjunta-aineet.....	42
6.3. 2-aminobutaanikaasutus.....	48
III OMAT TUTKIMUKSET	50
1. Materiaali ja menetelmät	50

1.1. Kokeessa käytetty siemenmateriaali	50
1.2. Käsittelyt.....	50
1.2.1. Terveen ja sairaan näköisen siemenen valikointi	50
1.2.2. Sienenmukuloiden mekaaninen vioittaminen.....	51
1.2.3. Siemenmukuloille suoritetut peittauskäsittelyt	51
1.2.3.1. Tiraamipeittaus	51
1.2.3.2. Benomyylipeittaus	52
1.3.Koejärjestelyt ja kenttäkokeen hoito.....	53
1.4. Mittaukset kasvukauden aikana	55
1.4.1. Taimistuminen.....	55
1.4.2. Taimistumisnopeus	55
1.4.3. Varsiston pituus.....	55
1.4.4. Tyvimätäisyys	56
1.4.5. Varsien lukumäärä	56
1.4.6. Mukuloiden lukumäärä sadossa	57
1.4.7. Sadon suuruus.....	57
1.5. Sadon Phoma-saastunnan suuruuden määrittäminen	58
1.5.1. Mukuloiden vioittaminen.....	58
1.5.2. Phoma-vioittumien laskeminen.....	59
1.5.3. Mätälajien sienilajiston selvittäminen	60
2.Tulokset.....	62
2.1.Taimistuminen.....	62
2.2.Taimistumisnopeus	63
2.3.Varsiston pituus.....	65
2.4.Varsien lukumäärä	68
2.5.Tyvimätäisyys	70
2.6.Sadon suuruus.....	73
2.7.Sadon Phoma-saastunta	75
2.8.Mätälajien sienilajisto	76
3.Tulosten tarkastelu	83

I JOHDANTO

Perunan varastotauteja aiheuttavien *Phoma*- ja *Fusarium*-lajien merkitys on 1970-luvulla nopeasti lisääntynyt lähes koko Euroopassa ja ne ovat olleet erittäin vilkkaan tutkimuksen kohteena. Esimerkiksi Isossa Britanniassa *Phoma*-mätä on nykyään pahin perunan varastotaudeista (LOGAN 1970 a). Suomeen perunan patogeeneit kulkeutuvat yleensä ulkomailta tuotetun siemenperunan mukana. Uutta patogeenista *Phoma*- ja *Fusarium*-mätää aiheuttavaa sienimateriaalia tuli maahamme esimerkiksi vuonna 1975 siemenperunan normaalia suuremman tuonnin seurauksena (SEPPÄNEN & HYTÖNEN 1977).

Phoma-mätävioituksen muodostumisessa perunanmukulaan on kaksi toisistaan lähes täysin erillistä vaihetta. Ensimmäinen vaihe on sienien leviämisyksiköiden, pääasiassa itiöiden, kulkeutuminen mukuloiden pinnalle kasvukauden aikana (FOX & DASHWOOD 1969, 1971). Toinen vaihe on mukulan mekaaninen vioittuminen noston, varastoinnin ja erilaisten käsittelyjen yhteydessä, jolloin mukulan pinnalla olevat leviämisyksiköt pääsevät aiheuttamaan infektion taudinarkoihin solukoihin (TODD & ADAM 1967; GRIFFITH 1970 b).

Mukulan pinnalle muodostuvan *Phoma*-saastunnan lähteitä ja keinoja saastunnan muodostumisen estämiseksi päästiin tehokkaasti tutkimaan sen jälkeen, kun LOGAN (1967 c) oli kehittänyt menetelmän, jolla mukulan pinnalla olevan saastunnan määrä

pystytään määräämään. Sen jälkeen on innokkaasti tutkittu mm. varsien poiston ja sadonkorjuun ajoituksen, terveen näköisen siemenen valikoinnin sekä siemenperunan peittauksen vaikutusta sadon *Phoma*-saastuntaan. Joitakin tuloksia on myös *Phoma*-mätäisen siemenen käytön vaikutuksesta taimistumiseen, varsien lukumäärään, tyvimätäisyyteen sekä satomukuloiden lukumäärään ja sadon suuruuteen.

Helsingin yliopiston Kasvipatologian laitoksella järjestettiin kesällä 1977 kenttäkoe, jossa tutkittiin siemenperunan *Phoma*-mätäisyyden vaikutusta perunan kehitykseen ja satoon.

II KIRJALLISUUSKATSAUS

1. Taudinaiheuttaja

Nykyisen käsityksen mukaan *Phoma*-mätää aiheuttaa perunan mukuloissa kaksi *Phoma exigua* Desm. -sienen rotua (LOGAN & KHAN 1969; BOYD 1972), jotka eivät ole morfologisesti erotettavissa toisistaan (DENNIS 1946; MALCOLMSON 1958 a,b; BOEREMA 1967; BOEREMA & HÖWELER 1967, LOGAN & KHAN 1969). Ylivoimaisesti suurimman osan, yli 90 % (LOGAN 1967 a; TODD & ADAM 1967; FOX & DASHWOOD 1967, 1968), kaikista *Phoma*-mätävioituksista mukuloissa aiheuttaa *Phoma exigua* Desm. var. *foveata* (Foister) Boerema, synonyymejä *Phoma foveata* Foister, *Phoma exigua* f.sp. *foveata* (Foister) Malcolmson & Gray ja *Phoma solanicola* f. *foveata* (Foister) Malcolmson (BOEREMA 1976). Rodulle on tunnusomaista sen kasvualustaan erittämä ruskea antrakininipigmentti (MALCOLMSON 1958 a; BICK & RHEE 1966; BOEREMA 1967; LOGAN & KHAN 1969).

Phoma exigua var. *foveata* on eristetty sekä perunan mukulasta (ALCOCK & FOISTER 1936; MALCOLMSON 1958 b), perunan varsista (MALCOLMSON 1958 b; TODD 1963; LOGAN 1967 a, 1970 a; KHAN & LOGAN 1968), maasta (FOISTER ym. 1945; MALCOLMSON 1958 b; TODD 1963; KHAN & LOGAN 1968) että satunnaisesti joiltakin muilta isäntäkasveilta, kun ne ovat kasvaneet maassa, jossa on edellisenä vuonna viljelty perunaa (FOX ym. 1970; ADAM & TODD 1974). TODDin ja ADAMin (1967) mukaan sieni pystyy asuttamaan maaperän lyhytaikaisesti, mutta ei kuitenkaan ole varsinainen maasieni.

Toinen perunalta tavattava *Phoma exigua* -sienen rotu,

Phoma exigua var. *exigua* ei muodosta antrakininipigmenttiä (MALCOLMSON 1958 a; MAAS 1965; BOEREMA 1967; LOGAN & KHAN 1969). Sille synonyymejä ovat mm. *Phoma tuberosa*, *Phoma solanicola* ja *Phoma exigua* f.sp. *exigua* Malcolmson & Gray (BOEREMA 1976), sekä yli sata muista kasveista eristettyä lajia (BOEREMA & DORENBOSCH 1973). *Phoma exigua* var. *exigua* on siis yleinen maasieni, jolla on laaja isäntäkasvilajisto (BOEREMA 1976). Perunan mukuloille se ei ole yhtä patogeeninen kuin var. *foveata* -rotu (TODD 1963; TODD & ADAM 1967; LOGAN & KHAN 1969; LANGERFIELD 1977). Molemmat rodut muodostavat kasvukauden lopulla pyknidioita kuihtuviin perunanvarsiin (MALCOLMSON 1958 b; LOGAN 1957 a; TODD & ADAM 1967).

Phoma eupyrema on kolmas perunakasvista löytyvä *Phoma*-laji (DENNIS 1946; LOGAN & KHAN 1969; BOEREMA 1976). Se ei ole patogeeninen perunan mukuloille eikä varsille (LOGAN & KHAN 1969), vaikka saattaa löytyäkin perunanmukulan *Phoma*-mätäläikusta (FOISTER 1952; KRANZ 1963). Sieni eroaa sekä morfologiansa että biokemiallisten ominaisuuksiensa puolesta selvästi *Phoma exigua* -lajin molemmista roduista. (DENNIS 1946; LOGAN & KHAN 1969).

2. *Phoma exigua* -rotujen ominaisuuksien vertailu

2.1. Morfologia

Phoma exigua var. *foveata* ja *Phoma exigua* var. *exigua* eivät

eroa morfologisesti toisistaan. Molempien pyknidiot ovat tavallisesti pyöreähköjä, harvemmin pullomaisia tai täysin pyöreitä. Koko vaihtelee huomattavasti samallakin kasvualustalla ja varsinkin erilaisten alustojen välillä. Perunan varsiin muodostuvat pyknidiot ovat huomattavasti pienempiä (läpimitta yleensä alle 200 μ) kuin perunan mukulaan (350–400 μ) tai ravintoalustalle muodostuvat (kaura-agarilla 400–450 μ). Pyknidion seinän rakenne riippuu rihmaston kasvutavasta: runsaan kasvun seurauksena seinä on prosenkymaattinen, niukan kasvun seurauksena pseudoparenkymaattinen (LOGAN & KHAN 1969). Ostiolit ovat huomaamattomia, sisäpuolelta värittömien, nystymäisten solujen reunustamia. Pyknidiot voivat yhtyä myös suuremmiksi stromamaisiksi rakenteiksi (BOEREMA & HÖWELER 1967).

Pyknidioiden muodostus ravintoalustalla on yleensä heikkoa. Molemmat rodut muodostavat kuitenkin runsaasti pyknidioita Czapex-agarilla, jossa sakkaroosi on korvattu tärkkelyksellä tai mannitolilla, sekä 3-%:sella Quakerin kaura-agarilla (LOGAN & KHAN 1969). Jotta pyknidioita muodostuisi Czapex- agarilla, täytyy sen olla vähintään 0,8–0,9 cm:n syvyinen (ENTWISTLE 1971). Mallasagarilla pyknidioita ei yleensä muodostu, mutta seuraavalla menetelmällä niitä voi saada aikaan: Kahden viikon ikäinen sienien mallasagariviljelmä homogenisoidaan 0,25-%:sessa Ringerin liuoksessa viiden minuutin ajan ja 0,5 ml homogenanttia levitetään tasaisesti tuoreen mallasagarin pinnalle. Runsaasti pyknidioita muodostuu inkuboitessa seitsemän vuorokautta 20°C:ssa (LOGAN & KHAN 1969).

Phoma exigua -sienen pyknosporit ovat yleensä yksi-, harvemmin kaksisoluisia, soikeita tai ellipsinmuotoisia. Ne ovat yksittäin värittömiä; itiömassan väri vaihtelee likaisen harmaasta lohenpunaiseen. Yksisoluisen itiön koko on (4-)5–7(-8,5) x (2-)2,5–3(-3,5) μ kaksisoluisen (7-)7,5–10(-12) x (2,5-)3–3,5(-4) μ. Ravintoalustan laatu ei vaikuta mainittavasti kuromien kokoon. Optimilämpötila var. *foveata* -rodun itiöiden itämiselle on 22°C ja var. *exigua* -itiöille 25°C. Var. *foveata* -itiöiden itäminen estyy lämpötilan noustessa yli 25°C: en (LOGAN & KHAN 1969).

2.2. Kasvu ravintoalustalla

Phoma exigua var. *foveata* ja *Phoma exigua* var. *exigua* ovat erotettavissa toisistaan ravintoalustalla viljelmän ulkonäön perusteella. Ero kasvustoissa näkyy parhaiten 2-% mallasagarilla, jonka pH on säädetty 4,5:ksi.

Phoma exigua var. *foveata* muodostaa mallasagarilla kolmena ensimmäisenä päivänä siirrostopuksesta valkoista rihmastomattoa. Tällöin kasvuston keskusta alkaa saada kellanruskeaa värisävyä. Väri voimistuu ja tummenee kasvuston iän lisääntyessä. Seitsemän vuorokauden kasvun jälkeen koko rihmastomatto muuttuu oliivinruskeaksi johtuen kellanruskeiden helposti diffuntoituvien antrakininipigmenttien muodostumisesta. Joissakin viljelmissä pigmentit kiteytyvät vihertävänkeltaisiksi kiteiksi. Kymmenen vuorokauden kuluttua pigmentti on levinnyt koko ravintoalustaan ja

ulottuu maljan reunoilla kasvuston ulkopuolelle. Eri isolaattien pigmentin muodostus vaihtelee ja yleensä vähenee usean peräkkäisen siirrostuksen seurauksena. Kypsien pyknidioiden muodostuminen mallasagarilla on harvinaista. Kasvuston läpimitta 2-% mallasagarilla optimilämpötilassa (22°C) on seitsemän vuorokauden kasvun jälkeen 6,0 cm (LOGAN & KHAN 1969). BOEREMAN (1976) mukaan kasvuston läpimitta kaura-agarilla seitsemän vuorokauden pituisen inkuboinnin jälkeen 20–22 °C:ssa vaihtelee 5,5:n ja 7,5:n cm:n välillä.

Phoma exigua var. *exigua* muodostaa mallasagarilla viiden ensimmäisen vuorokauden ajan valkoista rihmastomattoa, minkä jälkeen kasvuston keskusta saa harmaan värisävyn. Verrattuna var. *foveata* -rotuun kasvuston reuna on selvästi nyhälaitainen ja ilmarihmasto tiheämpää. Seitsemän vuorokauden kuluttua kasvuston keskustan väri muuttuu oliivinharmaaksi, ainoastaan kapean reuna-alueen jäädessä valkoiseksi. Vanhoissa viljelmissä kasvuston reuna on hyvin epäsäännöllinen. Rihmasto vaikuttaa tällöin alta katsottuna mustalta ja päältä tumman oliivinharmaalta. Mitään kasvualustaan diffuntoituvaa pigmenttiä ei muodostu, ja kypsien pyknidioiden muodostuminen on harvinaista. Kasvuston läpimitta mallasagarilla optimilämpötilassa (24°C) on seitsemän vuorokauden kuluttua siirrostuksesta 6,2 cm (LOGAN & KHAN 1969). BOEREMAN (1976) mukaan kasvuston läpimitta kaura-agarilla seitsemän vuorokauden pituisen inkuboinnin jälkeen 20–22 °C:ssa vaihtelee 2:n ja 8,5:n cm:n välillä.

2.3. Biokemialliset ominaisuudet

2.3.1. Pigmentinmuodostus ja ammoniakkitesti

Phoma exigua var. *foveata* muodostaa rihmastossaan ruskeaa väriainetta, joka diffuntoituu herkästi ravintoalustaan. Pigmentin runsaus vaihtelee eri isolaattien välillä ja sen muodostuminen vähenee tai loppuu kokonaan uudelleensiirrostuksen seurauksena (MALCOLMSON 1958 a). LANGERFIELDin (1977) mukaan on jatkuvasti selvittämättä, esiintyykö värittämiä isolaatteja mätäläikusta suoritettun ensisiirrostuksen tuloksena. Erilaisilla ravintoalustoilla pigmentoituminen on erilaista siten, että se tehostuu hiilihydraattien suhteellisen osuuden kasvaessa (MALCOLMSON 1958 a). Pigmentin muodostuminen on runsainta mallas- (MALCOLMSON 1958 a; LOGAN & KHAN 1969) ja PDA-alustalla (MALCOLMSON 1958 a). BRICK ja RHEE (1966) ovat tutkineet pigmentin koostumusta ja todenneet, että se koostuu useista antrakinonijohdannaisista, kuten pachybasinista, chrysophanolista, emodinista ja phomarinista.

Antrakinonin muodostumiseen perustuva ammoniakkitesti on käyttökelpoinen ja nopea menetelmä var. *foveata* ja var. *exigua* -rotujen erottamiseksi toisistaan. Kun pala mallasagarilla kasvanutta var. *foveata* -kasvustoa laitetaan ammoniakkihöyryyn, antrakinoniyhdisteet reagoivat välittömästi ja antavat rihmastolle ja agarille vaaleanpunaisen

värisävyn. Reaktio tapahtuu jo kolmesta neljään päivää vanhoissa viljelmissä, vaikka pigmentti on tällöin vain vaivoin havaittavissa paljain silmin.

Ammoniakkitesti on erityisen käyttökelpoinen pienten pigmenttimäärien havaitsemisessa heikosti pigmentoituvista isolaateista (LOGAN & KHAN 1969).

BOEREMAN (1967) mukaan myöskään ammoniakkitesti ei toimi usean uudelleensiirrostuksen seurauksena värittömiksi muuttuneissa isolaateissa.

LANGERFIELDIN (1974) mukaan värireaktio tapahtuu PDA-alustalla myös värittömiksi muuttuneissa isolaateissa. Joka tapauksessa värireaktio on

toistaiseksi osoittautunut täysin spesifiseksi var. *foveata*-rodulle (LOGAN & KHAN 1969).

2.3.2. Kiteiden muodostus

MALCOLMSON (1958 a) havaitsi, että pigmenttiä muodostavien *Phoma exigua* isolaattien ravintoalustaan alkoi kasvuston vanhetessa muodostua vihertävän keltaisia kiteitä. Niitä muodostui yleensä vanhimman rihmaston kohdelle, joskus niin runsaasti, että keltainen väri tuli vallitsevaksi kasvustossa. MALCOLMSONIN mukaan kiteiden runsaus vaihtelee samoista syistä kuin pigmentin määrä.

TICHELAAR (1974) on kehittänyt kiteiden muodostumista

hyväksikäyttävän menetelmän, jolla var. *foveatan* ja var. *exiguan*

rodut voidaan nopeasti erottaa toisistaan. Kiteiden muodostuminen nimittäin nopeutuu ja lisääntyy, kun ravintoalustaan juuri ennen agarin jähmettymistä lisätään 25 ppm metyyliitiofanaattia (Topsin). Tällaisella alustalla var. *foveata* -rodun kasvustoon muodostuu jo viikon kuluessa siirrosta niin runsaasti kiteitä, että se voidaan erottaa var. *exigua*-rodusta pelkästään niiden perusteella. Ravintoalustaa voi TICHELAArin mukaan käyttää myös maassa olevan var. *foveata* -saastunnan toteamiseen.

2.3.3. Kromatografia

Phoma exigua var. *foveata* -rodun muodostamat antrakininipigmentit voidaan tunnistaa myös ohutlevykromatografiaa hyväksikäyttäen. Tällä alun perin Hollannissa kehitetyllä menetelmällä pystytään var. *foveata*-rodun aiheuttamat vioitukset perunan mukulassa erottamaan kaikkien muiden patogeenien aiheuttamista (MOSCH & MOOI 1975).

Pieniä paloja mädäntynyttä mukulan kudosta laitetaan kloroformiin yön yli. Seuraavana aamuna kloroformi haihdutetaan pienissä puhtaissa astioissa. Jäljelle jäävä keltainen pulveri liuotetaan uudelleen muutama tippaan kloroformia ja liuosta tiputetaan ohutkerroslevylle. Noin 50 minuutin mittaisen kromatofoinnin jälkeen tolueenissa ja asetonissa levyt luetaan UV-valossa. Var. *foveata* -rotua edustava värilaikku on helposti tunnistettavissa (BÅNG 1976 b).

MOSCH ja MOOI (1975) pystyivät tunnistamaan kromatografialla huomattavasti useampia var. *foveata* -rodun aiheuttamia mätälaikkuja kuin vastaavista ravintoalustalle suoritetuista siirrostuksista kasvuston ulkonäön perusteella. BÅNGin (1976 b) mukaan *Phoma*-sienen kasvu ravintoalustalla saattaa estyä, jos mätälaiikussa on mukana useita muita parasitteja tai saprofyyttejä. Väriaine on kuitenkin pysyvä ja voidaan havaita kromatofoinnilla muista organismeista huolimatta. Työmäärä on BÅNGin mukaan kromatografiamenetelmällä hieman pienempi kuin ravintoalustalle siirrostuksessa, edellyttäen kuitenkin, että levyt ostetaan valmiina. Ajan säästö on kuitenkin hänen mukaansa huomattava.

2.3.4. Antibiootti E

Kaikki *Phoma exigua* var. *exigua* -isolaatit ja noin 50 % *Phoma exigua* var. *foveata* -isolaateista muodostavat aineenvaihduntatuotetta 'E', joka puolestaan hapettuu herkästi pigmenteiksi α ja β (LOGAN & KHAN 1969; LOGAN & O'NEILL 1970). Pigmentti α on purppuranpunainen, kun pH < 10,5 ja sinivihreä, kun pH > 12,5. Pigmentti β on keltainen, kun pH < 3,5 ja punainen, kun pH > 5,5. 'E'-substanssin muodostuminen on runsainta mallasagarilla (BOEREMA & HÖWELER 1967).

Käytännössä 'E' voidaan todeta kätevästi sijoittamalla pala sieniviljelmää agareineen jollakin emäksellä (esim. NaOH:lla) kostutetun filtteripaperin päälle. Jos sieni muodostaa

'B'-ainetta, pala muuttuu noin viiden minuutin kuluessa sinivihreäksi ('E' muuttuu pigmentti α :ksi) ja tunnista puoleentoista tämän jälkeen punaiseksi (pigmentti α muuttuu pigmentti β :ksi) (LOGAN & KHAN 1969; BOEREMA & HÖWELER 1967). Var. *foveata* -isolaatit reagoivat hieman edellisestä poikkeavasti. Agar muuttuu nimittäin niillä välittömästi emäslisäyksen jälkeen vaaleanpunaiseksi, eikä jää värittömäksi kuten var. *exigua* -rodulla. Värireaktio sinivihreäksi tapahtuu kuitenkin myös 'E'-ainetta tuottavilla var. *foveata*- isolaateilla viiden minuutin kohdalla, ja siitä eteenpäin molempien rotujen reaktiot kulkevat samalla tavoin (LOGAN & KHAN 1969).

Laboratoriokokeet osoittavat, että kaikilla var. *exigua*- isolaateilla ja var. *foveata* -isolaateista niillä, jotka muodostavat 'E'-ainetta, on antibioottisia ominaisuuksia. Edelleen on havaittu, että var. *foveata* rodun 'E'+ ja 'E'- isolaatit eroavat toisistaan sekä kasvussa ravintoalustalla että antrakinonipigmenttien muodostuksessa. 'E'- isolaatit alkavat muodostaa mallasagarilla 20°C:een lämmössä kellanruskeaa väriä viljelmän keskusta kolmen vuorokauden kuluttua siirrosta, 'E'+ -isolaatit sen sijaan vasta neljän tai viiden vuorokauden kuluttua.

'E' isolaatit muodostavat myös runsaammin ilmarihmastoa kuin 'E'+ isolaatit. Kymmenen vuorokauden kuluessa ero värjäytymisessä lähes häviää, mutta ilmarihmaston määrä pysyy erilaisena (LOGAN & O'NEILL 1970). 'E'+ ja 'E'- iso-

laateilla on myös erilainen virulenssi ja niiden taudinkuvat perunan mukulassa poikkeavat toisistaan (LOGAN & WOODWARD 1971; ROGERS & STEWART 1974).

2.3.5. Violetti värireaktio

LANGERFIELD (1974) on kehittänyt vielä yhden *Phoma exigua*- rotujen tunnistusmenetelmän. Se perustuu havaintoon, että kasvatettaessa var. *foveata* ja var. *exigua* -isolaatteja rinnakkain samalla ravintoalustalla kasvustojen väliin muodostuu violetin värinen juova. Vastaavanlaista juovaa ei muodostu saman rodun eri isolaattien välillä. LANGERFIELDin mukaan reaktio on PDA-alustalla nopeampi kuin Czapek-alustalla ja vähemmän riippuvainen kasvuston kyvystä muodostaa antrakininipigmenttiä.

2.4. Patogeenisuus

ALCOCK ja FOISTER (1936) havaitsivat, että *Phoma foveata* pystyy aiheuttamaan infektion perunanmukulan vioittumattoman pinnan läpi. TODDin ja ADAMin (1967) mukaan var. *foveata*- rodun agarviljelmästä tehtyyn sienisuspensioon kastettuihin mukuloihin muodostuu muutamassa viikossa *Phoma*-mätälaiikkuja silmujen ja korkkihuokosten kohdalle ja myös aivan terveennäköiseen pintaan. Inokuloitaessa var. *exigua* -rodulla mätälaiikkuja muodostuu selvästi vähemmän (ADAM & TODD 1957; LOGAN & KHAN 1969).

Huolimatta siitä, että *Phoma*-infektio saattaa joskus tapahtua suoraa terveen mukulan pinnan läpi, *Phoma exigua*- rodut ovat heikkoja patogeeneja ja pystyvät yleensä aiheuttamaan infektion vain mekaanisen vioittuman kautta (TODD & ADA 1967). Perunan pintaan tehtyyn vioittumaan inokuloitaessa var. *foveata* aiheuttaa laajemman ja syvemmän mätälaiikon kuin var *exigua*. Perunan varsiin inokuloituina molemmat rodut ovat yhtä patogeenisia ja niiden taudinkuva on samanlainen (LOGAN & KHAN 1969).

Var. *foveata* rodun isolaatit eroavat toisistaan patogeenisuudessa sen mukaan, tuottavatko ne aineenvaihduntatuotetta 'E'. 'E'+ isolaatin aiheuttama mätälaiikka on kehityksen alkuvaiheessa 'E'- isolaatin aiheuttamaa suurempi, mutta ero häviää yleensä vioittuman suuretessa. 'E'- isolaatin aiheuttama vioittuma on puolestaan 'E'+ isolaatin aiheuttamaa syvempi. Var. *exigua* -rodun aiheuttama mätälaiikka perunanmukulassa muistuttaa ulkonäöltään ja rakenteeltaan 'E'+ isolaattien aiheuttamaa, mutta on pienempi läpimitaltaan ja huomattavasti matalampi (LOGAN & WOODWARD 1971).

3. Taudinkuva

3.1. Taudin oireet mukulassa

Phoma-mätäsymptomit mukulassa vaihtelevat huomattavasti riippuen perunalajikkeesta, mukulan iästä, infektion iästä (ALCOCK & FOISTER 1936) sekä *Phoma exigua* -rodusta

ja var. *foveata* rodun isolaatista ('E'+ tai 'E'-) (LOGAN & WOODWARD 1971).

Ensimmäisenä merkinä sairaudesta mukulan pintaan muodostuu aivan pieni, pyöreä ja matala painuma. Sairauden edetessä painuman koko suurenee tuuman tai parin kokoon asti. Vioittuman reuna on yleensä selvästi erottuva kaikissa kehitysvaiheissa. Suuret peukalonpainallusta muistuttavat painumat muistuttavat pahaksi onneksi myös *Fusarium*-sienten aiheuttamaa kuivamätää. Joillakin lajikkeilla sairaus saattaa edetä mukulan sisuksissa hyvinkin laajaksi ennen kuin pintaan muodostuu mätälaike tai mukulan rakenne romahtaa.

Pitkälle kehittyneessä taudissa mukulan pinta muuttuu ryppyiseksi samaan tapaan kuin *Fusarium*-sienten aiheuttaessa vioittuman. Ryppyisyys on kuitenkin *Phoma*-mädässä hajanaisempaa ja harvoin yhtä selvästi erottuvaa kuin *Fusarium*-mädässä. Poimut eivät myöskään ole *Phoma*-vioittumassa samalla tavoin kehinä vioittuman keskuksen ympärillä, vaan epämääräisenä verkostona yli koko painuman. Poimuja ei aina muodostu, ja usein saattaa vanhankin mätälaikeun pinta olla kiinteä ja sileä (ALCOCK & FOISTER 1936). Näin tapahtuu varsinkin silloin, kun *Phoma*-mätä kehittyy kosteissa olosuhteissa (SALZMANN & KELLER 1969). Kuoren rypistyminen on merkki pinnanalaisten kudosten luhistumisesta eikä niinkään yksittäisen sienitaudin symptomiksi. Tässä tapauksessa se saattaa kuitenkin antaa vihjeen aiheuttajastaan.

Vioittuman kehittymisen alkuvaiheessa sairas kudos on heikosti vaalean ruskeaa, hieman vetistä ja jauhomaista. Sairautta ei tällöin pysty erottamaan *Fusarium*-sienten aiheuttamasta. Myöhemmin sairaan kudoksen väri tummenee harmahtavan lohenpunaiseksi, ja kudos alkaa kuivua. Tässä vaiheessa sairaaseen kudokseen muodostuu usein pieniä onteloita, joita reunustaa heikko valkoinen tai harmaa rihmasto. Mikroskoopilla katsottaessa kudos on täynnä väliseinällistä, väritöntä tai heikosti värjäytyntä, enimmäkseen intersellulääristä rihmastoa. Sienirihmaston paksuus vaihtelee ja usein muodostuu solmuja tai paksuja rihmastojänteitä, jotka voi erottaa jo suurennuslasilla.

Myöhemmin sairas kudos on kuivaa ja murenevaa, väriltään tummanharmaan vaaleanpunaista tai jopa mustaa. Kaikki solut ovat tässä vaiheessa tuhoutuneet, mutta tärkkelysjyväset ovat jäljellä tummanruskeaksi muuttuneen ja runsaasti väliseinällisen sienirihmaston löyhästi yhteen pitäminä. Ontelot ovat suurentuneet ja käsittävät usein koko sairaan osan mukulasta. Onteloiden reunaa kattaa paksu, väriltään valkoinen tai harmaa rihmastomatto, johon muodostuu sienen mustia pyknidioita.

Myös vioittuman pinnalle ilmestyy subkutikulaarisia pyknidioita, joiden muodostuminen onkin varmin tuntomerkki, jolla *Phoma*-mätä voidaan erottaa *Fusarium*-määdästä. Kypsät pyknidiot sisältävät runsaasti pyknosporeja, jotka

riittävässä kosteudessa vapautuvat ostiolin kautta (ALCOCK & FOISTER 1936). Kuollutta solukkoa ja sienirihmastoja on lopulta onkalon reunoilla hyvin ohuena, mustana ja terveestä solukosta jyrkästi erottuvana kerroksena (BOYD 1972).

FOISTERin (1952) mukaan myös toinen perunanmukulan tautityyppi, niin kutsuttu pintanekroosi (skin necrose) on *Phoma*-lajien aiheuttama.

Pintanekroottiset laikut ovat nimensä mukaisesti hyvin pinnallisia, tummia ja epäsäännöllisen muotoisia ja muistuttavat jonkin verran perunaruton symptomeja. Laikut ovat yleensä laajoja. Terveen ja sairaan solukon raja on terävä, ja solukon pinta on usein epäsäännöllinen. Sairaassa solukon pintaan muodostuu usein *Phoma foveata* tai *Phoma eupyrena* -pyknidioita, ja usein myös silloin, kun pyknidioita ei muodostu, jompi kumpi sieni voidaan eristää sairaasta solukosta.

3.2. Taudin ilmeneminen kasvukauden aikana

3.2.1. Vaikutus varsiston kehitykseen

Phoma-mätäisen siemenperunan käyttäminen hidastaa pintaan tuloa (GRIFFITH ym. 1974; MALCOLMSON & GRAY 1968 a) ja aiheuttaa aukkoisuutta kasvustossa (GRIFFITH ym. 1974; SEPPÄNEN 1977; FØRSUND ym. 1976), varsinkin, jos olosuhteet maassa ennen pintaan tuloa ovat epäedulliset (MALCOLMSON & GRAY 1968 a; BOYD 1971; LOGAN 1974 b). BOYDin ja LOGANin

(1967) mukaan *Phoma*-mädän vaikutus varsien pintaan tuloon

riippuu luonnollisesti mätälaikeun koosta ja sen sijainnista mukulassa sekä maan olosuhteista. GRIFFITHin ym. (1974) mukaan taimistuminen alenee yli 10 % vain, kun yli 90 % siemenestä on *Phoma*-mätäistä. Sairaasta siemenestä valittu terveennäköinen siemen ei yleensä aiheuta aukkoisuutta. Samat tutkijat toteavat, että *Phoma*-violetus suurenee mukulassa sen ollessa maassa ja saattaa tuhota kaikki silmut ja idunalut ennen kuin niistä ehtii kehittyä maanpintaan asti ulottuvia varsia. Myös märkämätäbakteerit mädättävät siemenmukuloita maassa (FARSUND ym. 1976) ja myös *Phoma*-mätäisestä siemenestä kasvaneessa varsistossa runsaana esiintyvä tyvimätä lisää aukkoisuutta (BOYD 1971; GRIFFITH ym. 1974; FØRSUND ym. 1976).

Phoma-mätäisestä siemenmukulasta muodostuu silmujen runsaasta itämisestä ja itujen haarautumisesta johtuen keskimääräistä runsaammin varsia (KHAN & LOGAN 1968; HIRST ym. 1970; GRIFFITH ym. 1974).

Kohtuullisesti *Phoma*-mätäisistä mukuloista muodostuu eniten varsia.

Phoma-mätä ehtii tällöin luultavasti tappaa vain muutamia silmuja ja jäljelle jää useita, joiden itäminen ja itujen haarautuminen stimuloituu (GRIFFITH ym. 1974). *Phoma*-mädän stimuloimat lisävarret ovat normaalivarsia heikkokasvuisempia ja kuihtuvat kasvukauden lopulla noin viikkoa aikaisemmin kuin terveet varret (LOGAN 1967 a; KHAN & LOGAN 1968).

FØRSUNDin ym. (1976) mukaan *Phoma*-mätäisestä siemenestä muodostuu usein huomattavasti tavallista vähemmän varsia, joiden määrää lisäksi tyvimätä vähentää kasvukauden aikana. Heidän mukaansa *Phoma*-mätäisestä siemenestä kasvaneet kasvit ovat heikkokasvuisia, ja niissä on varsien vähäisyyden takia vähän perunanaiheita. LOGANin (1974 b) mukaan *Phoma*-mädän vaikutus varsien lukumäärään vaihtelee vuodesta toiseen.

3.2.2. Latentti varsi-infektio

Phoma-mätäisestä siemenestä kasvaneessa perunakasvissa ei ole näkyvissä *Phoma*-mädän symptomeja niin kauan kuin kasvu jatkuu (LOGAN 1967 a; KHAN & LOGAN 1968). KHANin ja LOGANin (1968) mukaan *Phoma exigua* var. *foveata* voidaan kuitenkin eristää varren tyviosasta säännöllisesti jo kolmen viikon kuluttua istutuksesta ja siitä eteenpäin koko kasvukauden ajan, sekä var. *exigua* satunnaisesti yhdessä var. *foveata* -rodun kanssa. Heidän mukaansa latentti infektio saattaa ulottua maavarsiin, mutta ei juuriin.

Kasvihuonekokeissa latentti infektio on havaittu myös terveistä siemenperunoista kasvaneissa varsissa, kun maa on istutushetkellä inokuloitu var. *foveata* -suspensiolla (FOX ym. 1970) sekä ohran, brysselinkaalin, kaalin, kukkakaalin, lantun, sokerijuurikkaan, kauran, vehnän ja herneen juurista, varsista ja lehdistä jopa kolmen kuukauden

kuluttua juurien nopeasta kastelusta sienisuspensioon.

Sen lisäksi var. *foveata* on eristetty 12 rikkakasvista, joiden siemenet on kylvetty sienisuspensiolla saastutettuun maahan (FOX ym. 1971).

Latentti varsi-infektio on keskittynyt varren tyveen (KHAN & LOGAN 1968; FOX ym. 1970). FOX ym. (1970) havaitsivat infektoituneen perunanvarren tyviosasta maanpinnan alta väritöntä soluväleissä kulkevaa rihmastoja, joka pystyi tunkeutumaan johtosolukkorenkkaan läpi, mutta ei putkiloihin.

Joissakin tapauksissa infektio oli systeeminen ja rihmastoja löytyi jopa 50 cm korkeudelta varresta. Tällöin rihmasto oli värjäytynyttä ja paksuseinäistä ja kulki sekä inter- että intraselluläärisesti. Varren uloin kuorisolukko värjäytyi systeemisen infektion seurauksena ruskeaksi. TODDin ja ADAMin (1967) mukaan infektio on rajoittunut varren tyviosaan niin kauan, kuin varret ovat vihreitä, mutta laajenee systeemiseksi varsien kuihtuessa.

FOXin ym. (1971) mukaan var. *foveata* näyttää olevan heikko parasiitti myös muilla isäntäkasveilla. Sellaisten kasvinosien mikroskopointi, joista sieni on pystytty eristämään ravintoalustalle, paljastaa harvoin sienen olemassaolon. Sienirihma, jos sitä on, ei pysty mainittavasti vaikuttamaan ympärillä olevaan isäntäkasvin soluksoon. On mahdollista, että pyknosporit kulkeutuvat haihtumisvirtauksen mukana ja antavat systeemisen infektion vaikutelman eristettäessä

sieni ravintoalustalle. FOXin ym. (1970) mukaan pyknosporit voivat nousta vuorokaudessa 60 cm:n matkan vartta ylös.

Varsi-infektion syntytavasta ei olla vielä täysin selvillä. Joka tapauksessa WILSONin ja DASHWOODin (1974) mukaan sairaasta siemenperunasta infektio etenee suoraan ituihin ja edelleen muodostuviin varsiin. Toisaalta myös sienisuspensiolla perunan istutuksen aikaan inokuloitu maa pystyy aiheuttamaan latentin infektion (TODD & ADAM 1967; FOX ym. 1970). Maassa olevien pyknosporien kykyä infektoida vioittumattomia nuoria varsia tai maavarsia ei kuitenkaan ole pystytty todistamaan, vaikka näiden kasvinosien onkin todettu olevan heikosti parasiittisen sienirihmaston kattamia (FOX & DASHWOOD 1970). ENTWISTLEN (1971) mukaan havainto, että varsisaastunta lisääntyy lisättäessä keinotekoisesti maasaastunnon määrää antaa aiheen olettaa, että perunakasvin infektoituminen kasvukauden aikana saattaa tapahtua maasta käsin. Hänen mukaansa maan kautta ja suoraa siemenestä tapahtuvan infektion suhde on kuitenkin selvittämättä.

3.2.3. Varsipyknidioiden muodostuminen

Eri *Phoma*-lajien pyknidioita muodostuu yleisesti kuoleviin perunanvarsiin kasvukauden lopulla (MALCOLMSON 1958 b; TODD 1963; TODD & ADAM 1967). Pyknidioita on runsaimmin varren tyviosassa, noin 20 cm:n matkalla maan pinnasta ylöspäin. Varren maanalaisissa osissa, juurissa ja maavarsissa

ne ovat harvinaisia. Pyknidiot muodostavat usein varressa olevan vioittuman, esim. lehtiarven ympärille jopa 10 cm:n pituisia, värttinänmuotoisia ryhmiä. Pyknidiorhmiä voi tosin muodostua myös täysin vioittumattomiin varren osiin. Pyknidiot ovat aluksi vihreitä tai kellertäviä, mutta muuttuvat myöhemmin ruskeiksi tai mustiksi. Myöhäisimpään ajankohtaan muodostuneet jäävät vaaleimmiksi. Pyknidiorhmiä on yleensä saman sienilajin tai -rodun muodostama. (TODD & ADAM 1967).

Varsipyknidioiden muodostuminen liittyy läheisesti käytetyn siemenperunan terveydentilaan. Runsaasti pyknidioita syntyy vain käytettäessä *Phoma*-mätäistä siemenperunaa (LOGAN 1967 a; KHAN & LOGAN 1968) tai kun maa on keinotekoisesti saastutettu taudinaiheuttajalla (KHAN & LOGAN 1968; ENTWISTLE 1971). *Phoma*-mätäistä siemenperunaa käytettäessä pyknidiot ovat var. *foveata* -rotua (TODD & ADAM 1967; LOGAN 1967 a; KHAN & LOGAN 1968), muutoin var. *exigua* -pyknidiot ovat yleisempiä (MALCOLMSON 1958 b; TODD 1963; LOGAN 1967 a).

3.3. Vaikutus satoon

Useiden tutkimusten mukaan *Phoma*-mätäisen siemenen käyttö pienentää huomattavasti perunasatoa (GRIFFITH ym. 1974; SEPPÄNEN 1977; FØRSUND ym. 1976). GRIFFITHin ym. (1974) kokeessa pahasti sairas siemen antoi yleensä noin 20 % pienemmän sadon kuin sairaasta erästä valikoitu terve-

näköinen siemen. Pienten mukuloiden suhteellinen osuus lisääntyi muiden lajitteiden kustannuksella, mutta koska kokonaissato pieneni, myös pienten mukuloiden absoluuttinen määrä pieneni. Toisessa kokeessa, jossa verrattiin saastunnan suuruudessa toisistaan poikkeavia sieneneriä, havaittiin, että sato aleni merkittävästi vasta, kun yli 60 % siemenmukuloista oli sairastunut. Sato suureni merkittävästi käytettäessä sairaasta erästä valikoitua terveennäköistä siementä, mutta myös terveennäköisten tuottama sato pieneni sitä enemmän, mitä sairaammasta erästä se oli valikoitu.

FØRSUNDin ym. (1976) mukaan sadonalennus johtuu pääasiassa heikosta taimistumisesta ja vähemmässä määrin mukulakoon pienenemisestä. Perunakasvuston hyvä kompensatiokyky kasvukauden kuluessa pienentää heikon taimistumisen merkitystä sadon alentajana (HIRST ym. 1970, 1973), ja niinpä käytännön viljelyssä sadonalennus jää usein vähäiseksi (GRAY & MALCOLMSON 1966). LOGANin (1974 c) mukaan desinfioidut siemenperunat tuottavat merkittävästi enemmän mukuloita kuin sekä sairaasta siemenestä valikoidut terveennäköiset että *Phoma*-mätäiset siemenet.

4. *Phoma*-saastunnan muodostuminen kasvukauden aikana

Useiden tutkimusten mukaan *Phoma*-saastunta lisääntyy *Phoma*-mätäisestä siemenestä muodostuvien mukuloiden pinnalla ja maassa mukuloiden ympärillä koko kasvukauden ajan (FOX & DASHWOOD 1969, 1971; GRIFFITH 1970 a; MALCOLMSON & CAY 1968 a).

LOGAN (1976) tutki saastunnan leviämistä koealueen keskustan saastuntalähteestä (istutettu sairasta siementä) ympäristön terveestä siemenestä muodostuneeseen kasvustoon. Saastuntalähteen sisältä saatuihin satomukuloihin muodostui vioituksen ja kylmävarastoinnin jälkeen runsaasti var. *foveata* -rodun aiheuttamaa *Phoma*-mätää (1967 94,5 %:iin, 1968 44,6 %:iin ja 1969 51,0 %:iin mukuloista). Jo saastuntalähdettä reunustaneista penkeistä saadun sadon saastunta oli vain murto-osa saastuntalähteen mukuloiden saastunnasta ja väheni edelleen etäisyyden saastuntalähteestä pidetessä. Var *exigua*- rodun aiheuttamia vioituksia ei ollut lainkaan saastuntalähteestä saadussa sadossa ja saastuntalähteen ulkopuolella niiden määrä oli riippumaton etäisyydestä saastuntalähteeseen.

Saastuntalähteen sisällä muodostui kuolleisiin varsiin var. *foveata* -pyknidioita 1967 44 %:iin, 1968 32 %:iin ja 1969 28 %:iin varsista, kun vastaavat luvut *exigua*-rodulle olivat 1967 8 %, 1968 6 % ja 1969 8 %. Saastuntalähteen ulkopuolella var. *foveata* -pyknidioita muodostui 1967 vain kahdeksaan 1255:stä tutkitusta varresta, ja kuusi niistä sijaitti saastuntalähdettä reunustavissa penkeissä. 12 löydettyä var. *exigua* -pyknidioita sijaittivat puolestaan satunnaisesti koko koealueella.

ENTWISTLE (1972) tutki samanaikaisesti ilmaasaastuntaa eri puolilla koealuetta ja eri korkeuksilla. Tulokset tukevat LOGANin havaintoa, että var. *foveata* -saastunta on rajoittunut saastuntalähteen välittömään läheisyyteen

ja var. *exigua*- saastunta on joka puolella koealuetta samanlainen.

ENTWISTLEN mukaan ensimmäiset var. *foveata* -itiöt löytyivät ilmasta vasta elokuun alussa, sen jälkeen, kun varret oli tuhottu kemiallisesti. Koska itiöitä löytyi paljon runsaammin 15 cm:n kuin 60 cm:n korkeudelta, ilmaasaastunta on todennäköisesti. sateen aiheuttamaa roiskeasaastunaa. 15 cm:n korkeudessa olleissa itiönvangitsijoissa oli usein maata, mikä antaa aiheen olettaa, että osa saastuntaa oli kiinnittynyt maahiukkasiin. LOGANin (1976) mukaan tulokset osoittavat, että ympäristöolot saattoivat vaikuttaa saastunnan leviämiseen enemmän kuin sairauden määrä saastuntalähteessä.

Sairaana näköisen siemenen käytöllä ja *Phoma*-mädän esiintymisellä on selvä yhteys (GRAY & MALCOLMSON 1966; MALCOLMSON & GRAY 1968 a; LOGAN 1967 b). LOGANin (1967 a) mukaan sairaan siemenen istutuksesta seuraa kaksi saastuntalähdettä kehittyvälle mukulalle: saastunta kasvukauden lopulla muodostuvista varsipyknidioista käsin ja saastunta suoraa siemenmukulan mätäläikusta. Muita mahdollisia saastuntalähteitä ovat maavarsiin ja juuriin muodostuvat pyknidiot (TODD & ADAM 1967; FOX & DASHWOOD 1969, 1972; COPELAND & LOGAN 1976) sekä maassa kasvukaudesta toiseen säilyvä saastunta (LOGAN 1974 b). Var *foveata* -pyknidioita on löytynyt myös joistakin perunapellossa kasvaneista rikkaruohoista, kuten saunakukasta, karheasta pillikkeestä, pihatähtimöstä ja hanhentatarestä (ADAM & TODD 1974).

4.1. Varsipyknidioiden merkitys

Phoma-mätäisestä siemenperunasta muodostuneeseen varsistoon ilmestyy kasvukauden lopulla runsaasti *Phoma*-pyknidioita, joiden sateen maahan huuhtelemat pyknosporit lisäävät mukulasaastunutta. Sairaasta siemenerästä valitut istutushetkellä terveennäköiset siemenperunat eivät aiheuta pyknidioiden muodostumista (LOGAN 1967 a). KHANin ja LOGANin (1968) mukaan varsisaastunnan määrän perusteella voisi jopa ennustaa *Phoma*-mädän määrää varastossa.

Sairaista siemenperunoista kasvaneen perunasadon *Phoma*-mädän määrä riippuu suuresti ennen sadonkorjuuta suoritettavasta varsiston käsittelystä. *Phoma*-mädän määrä alenee merkittävästi, kun varret poistetaan kokonaan, verrattuna varsien leikkaamiseen tai kemialliseen hävittämiseen (LOGAN 1970 a). Varsien kemiallinen hävittäminen tai katkaiseminen nopeuttaa pyknidioiden muodostumista maahan jäävissä kuolevissa kasvinosissa ja siksi usein lisää sadon *Phoma*-saastunutta (LOGAN 1970 a; COPELAND & LOGAN 1976; LOGAN ym. 1976). Sairauden määrän väheneminen poistettaessa varret kokonaan on ilmeisesti nimenomaan seurausta *Phoma*-saastunnan määrän vähenemisestä mukuloiden pinnalla, pikemmin kuin mukulan kypsymisen jouduttumisesta (LOGAN 1970 a).

Varsipyknidioiden muodostuminen ei kuitenkaan ole ehdoton edellytys *Phoma*-mädän muodostumiselle varastossa (COPELAND & LOGAN 1976; GRIFFITH ym. 1974; MALCOLMSON & GRAY 1968 a). COPELANDin ja LOGANin (1976) mukaan pyknidioiden muodostus vaihtelee vuodesta toiseen, ja joinakin vuosina sairautta esiintyy runsaasti, vaikka pyknidioita ei muodostu varsistossa ollenkaan. Heidän mukaansa havainto, että *Phoma*-saastunta saattaa olla mukuloissa suuri jo varsien tuhoamisen aikaan, vaikka terveessä varsistossa ei vielä ole näkyvissä pyknidioita ja lisääntyä varsiston tuhoamisen jälkeen jo viikon kuluessa, vaikka pyknidioita ei vielä ole ehtinyt muodostua kuolleisiin varrenjätteisiin, on osoituksena maanpinnan alapuolella olevista saastuntalähteistä. Samaan viittaa myös se, että varsien poisto kokonaan ennen pyknidioiden muodostumista ei täysin eliminoi sairautta (LOGAN 1970 a, b).

4.2. Sairaan siemenen suora vaikutus *Phoma*-saastuntaan

LOGANin (1967 a) mukaan sairaan siemenen istuttamisesta seuraa kaksi saastuntalähdettä kehittyville mukuloille: saastunta kasvukauden lopulla muodostuvista varsipyknidioista käsin ja saastunta suoraa siemenmukulan mätälläikusta. Hänen mukaansa sairaan siemenen suoran vaikutuksen merkitys on toistaiseksi selvittämättä, vaikka se lisänneekin saastuntaa ainakin hajotessaan noston yhteydessä.

Silmin havaittava mätälaike siemenmukulassa ei ole välttämätön edellytys *Phoma*-saastunnan siirtymiselle siemenestä jälkeläismukuloihin. Myös istutushetkellä terveennäköinen siemen pystyy aiheuttamaan sadon saastumisen, vaikka varsipyknidioitakaan ei muodostuisi (BOYD & LOGAN 1967; MALCOLMSON & GRAY 1968 a; BOYD 1971; LOGAN 1974 b). Patogeeni on tällöin vielä istutushetkellä latenttina siemenmukulan peridermissä tai mukulaan kiinnittyneessä maassa, ja saastunta muodostuu latentin infektion aktivoituessa ja aiheuttaessa mukulan mätänemisen maassa. Saastunta leviää jälkeläismukuloiden pinnalle maassa maaveden välityksellä ja noston yhteydessä mädäntyneiden mukuloiden hajotessa (LOGAN 1974 b). *Phoma*-mätäisestä siemenestä valikoitu terveennäköinen siemen on kuitenkin useissa kokeissa selvästi vähentänyt seuraavan sadon *Phoma*-saastuntaa (KHAN & LOGAN 1968; LOGAN 1970 b; BOYD 1971; GRIFFITH ym. 1974; COPELAND & LOGAN 1975).

LAPWOODin ym. (1978) mukaan kesken kasvukauden maasta nostetuissa vanhoissa siemenmukuloissa on usein ruskeaa, vetistä ja hieman alkoholilta tuoksuva mätää. Kun paloja tällaisesta mädäntyneestä mukulasta inkuboitii huoneenlämpöisessä vedessä, niihin muodostui neljän vuorokauden kuluessa mustia pyknidioita, jotka voitiin tunnistaa foveatarodun aiheuttamiksi.

Uudelleeninokulointi toisaalta terveeseen, vastaanostettuun mukulaan ja toisaalta vanhaan siemenmukulaan, joka oli

nostettu maasta kesken kasvukauden ja säilytetty 5°C:ssa, osoitti, että symptomit mukulassa riippuvat suuresti sen fysiologisesta tilasta.

Tuoreeseen mukulaan muodostui tyypillinen kuiva mätälaike ja lisäksi vain alhaisessa lämpötilassa. Maasta nostettuun siemenperunaan muodostui täsmälleen samanlaista ruskeaa ja vetistä mätää kuin siinä mädänneessä mukulassa, josta isolaatti oli saatu. Lisäksi sairauden muodostuminen oli riippumaton lämpötilasta.

Tutkijoiden mukaan oli erittäin mielenkiintoista havaita se helppous ja nopeus, millä sairas sienemukula muodosti *Phoma*-pyknidioita vedessä. Jos pyknidioiden muodostus on yhtä tehokasta pellossa, se saattaa olla heidän mukaansa tärkeä perunasadon saastuntalähde.

4.3. Maassa kasvukaudesta toiseen säilyvä *Phoma*-saastunta

Peltomaahan, jossa aikaisemmin ei ole ollut *Phoma exigua* var. *foveata* -saastuntaa, tartunta tulee siemenperunan tai siihen kiinnittyneen maan mukana (UMAERUS 1976). Var. *foveata* -saastunta saattaa säilyä maassa viisi (KHAN & LOGAN 1968) tai jopa seitsemän vuotta (MALCOLMSON & GRAY 1968 a) viimeisen perunasadon jälkeen. Sienen määrä maassa vähenee kuitenkin jo kahden perunasadon välisenä aikana matalalle tasolle (ADAM & TODD 1967; ENTWISTLE 1971), joskin sairaan sadon kasvattaminen edellisellä vuonna

saattaa jättää maahan riittävän määrän saastuntaa seuraavankin sadon saastuttamiseen (LOGAN 1974 b).

Foveata-rodun itiöt säilyvät maassa vain noin kuusi kuukautta, pitemmän ajan määrässä, lyhyemmän kuivassa maassa. Jos sieni säilyy maassa pitempään, se ilmeisesti tapahtuu saprofyyttisenä kasvuna kasvinjätteillä tai paksuseinäisenä kestorihmastona (UMAERUS 1976).

Paitsi pelkkänä rihmastona, sieni saattaa siirtyä kasvukaudesta toiseen myös maahan jääneissä perunoissa sekä tiettyjen rikkaruohojen tai viljelykasvien välityksellä. Var. *foveata* on eristetty perunasatoa seuraavana vuonna mm. pihasauniosta, hanhentattaresta, karheasta pillikkeestä, pihatähtimöstä ja ohrasta (ADAM & TODD 1974).

4.4. Varsien poiston ja sadonkorjuun ajoituksen vaikutus

Phoma-saastunnan määrä sadossa on yleensä pienimmillään, kun sato korjataan samana päivän varsiston tuhoamisen kanssa. *Phoma*-saastunta lisääntyy poikkeuksetta, kun varsiston tuhoamisen ja sadonkorjuun välinen aika pitenee ja on yleensä suurimmillaan kolme viikkoa varsiston hävityksen jälkeen nostetussa sadossa. Jos mukulat jätetään maahan kolmea viikkoa pitemmiksi ajoiksi varsien tuhoamisen jälkeen,

saastunnan määrän muuttuminen voi noudattaa useampaa eri mallia (COPELAND & LOGAN 1976).

Varsiston tuhoamismenetelmä ja -ajankohta sekä aikaväli varsiston tuhoamisesta sadonkorjuuseen vaikuttaa *Phoma*-mädän määrään varastossa muuttamalla sekä mukulan taudinalttiutta että saastunnan määrää mukulan pinnalla. Näiden tekijöiden vuorovaikutus on ilmeisen monimutkainen ja vaikeasti ymmärrettävä sekä vaihtelee vuodesta toiseen. Varsien poisto kokonaan näyttää selvimmin vähentävän *Phoma*-mätää, luultavasti poistaessaan varsista peräisin olevan saastunnan (FOX ym. 1970).

Mitä myöhäisemmäksi varsien hävitys ja sadonkorjuu jätetään ja mitä pitempi on aikaväli varsien tuhoamisesta sadonkorjuuseen, sitä runsaampaa on *Phoma*-mätä varastossa. Jälkimmäinen havainto on hieman yllättävä, koska se sotii sitä yleisesti hyväksytyä periaatetta vastaan, että mukulat kannattaa jättää varsien poiston jälkeen joksikin aikaa maahan kypsymään kuorenvahvistusprosessin edistämiseksi. Kuitenkin mitä pitemmäksi aikaa mukulat jätetään varsien tuhoamisen jälkeen maahan, sitä runsaammaksi muodostuu saastunta kuolevista kasvinosista käsin. Saastunnan lisääntyminen saattaa useissa tapauksissa mitätöidä lisääntyneen haavaresistenssin aiheuttaman hyödyn.

Aikaisin tai heti varsien tuhoamisen jälkeen nostetut mukulat ovat fysiologisesti aktiivisempia kuin myöhään nostetut tai pitkäksi ajaksi varsien

poiston jälkeen maahan kypsymään jätetyt, minkä takia niihin noston yhteydessä muodostuvat vioitukset paranevat nopeammin. Vioitusten paranemista edistää myös aikaiseen nostoon yleensä liittyvä korkea lämpötila (FOX & DASHWOOD 1972).

5. *Phoma*-infektio

Kuten aikaisemmin on jo todettu, *Phoma*-mätää aiheuttava *Phoma exigua* -sieni on heikko patogeeni, joka pystyy aiheuttamaan infektion perunan mukulaan yleensä vain mekaanisen vioittuman kautta (TODD & ADAM 1967; BÅNG 1976 a). Mukulan mekaaninen vioittuminen tapahtuu sadonkorjuun, lajittelun, varastoinnin, istutuksen sekä erilaisten siirtojen yhteydessä (ALCOCK & FOISTER 1935; FOISTER 1952; TODD 1963; MALCOLMSON & GRAY 1968 b; GRIFFITH 1970 b).

Voittamisen seurauksena mukulan pinnassa tai siihen kiinnittyneessä maassa oleva *Phoma*-saastunta pääsee kosketuksiin kuoren alaisten solukkojen kanssa ja aiheuttaa infektion (GRIFFITH 1970 b). *Phoma*-mädän määrä varastossa riippuukin usein enemmän mekaanisten vioitusten määrästä kuin saastunnan runsaudesta mukulan pinnalla (OLOFSSON 1976).

Phoma-sienen sienirihma pystyy tunkeutumaan mukulan kuorisolukkoon jo kasvukauden aikana (MALCOLMSON & GRAY 1968 a; TODD & ADAM 1967; GRIFFITH 1970 a). Mukulan puolustusmekanismit

toimivat kuitenkin tässä vaiheessa tehokkaasti (FOX ym. 1970) ja pystyvät yleensä pysäyttämään sienen etenemisen niin sanotuksi latentiksi infektioksi (TODD & ADAM 1967). Tällainen latentti infektio saattaa mekaanisen vioituksen seurauksena aktivoitua uudelleen ja aiheuttaa näkyvän mätälaikun (UMAERUS 1976).

5.1. *Phoma*-infektioon liittyvät resistenssimekanismit

Koska *Phoma exigua* -sieni on selvä haavaparasitiitti, täytyy mukulan mekaanisen vioittumisen vastustuskykyä pitää eräänlaisena näennäisresistenssinä (BÅNG 1976 a). Mekaanisten vioittumien muodostuminen mukulaan riippuu sen reologisista ominaisuuksista, kuten mukulan elastisuudesta ja plastisuudesta. Useat tutkijat ovat todenneet eroja eri perunalajikkeiden välillä mekaanisen vioittuman muodostumisalttiudessa (WELLWING 1976). *Phoma*-mätää on tavallista runsaammin lajikkeissa, joihin syntyy helposti ruhjevioittumia, toisin sanoen laajoja, *Phoma*-infektiolle alttiita avohaavoja (UMAERUS1976).

Pintasolukkoon rajoittuvat mekaaniset vioittumat tulevat ydinsolukkoon ulottuvia nopeammin sieni-infektion kestäväksi (PIETKIEWICZ & JELLIS 1975). Vioittuman reunoille muodostuu tällöin nopeasti paljain silmin havaittava kerros nekroottista solukkoa, joka pysäyttää sienen kasvun (PIETKIEWICZ & JELLIS 1975; KRANZ 1958).

KRANZin (1958) mukaan perunanmukulan resistenssiä ei voi kuitenkaan kokonaan lukea epäspesifisen haavakorkin ja -peridermin muodostumisen ansioksi. Hänen mukaansa mukulassa tapahtuu myös *Phoma*-sienelle spesifisiä solubiologisia reaktioita. Johtosolukon ulkopuoliseen solukkoon tehdyn vioituksen resistenssin *Phoma*-infektiota vastaan onkin todettu lisääntyvän hyvin nopeasti, jopa vuorokauden kuluessa vioituksesta, toisin sanoen jo ennen kuin haavakorkkia tai -peridermiä on ehtinyt muodostua (PIETKIEWICZ & JELLIS 1975; PATERSON & GRAY 1972).

Perunanmukulan resistenssimekanismien tutkimisessa on huomio kiinnitetty ennen muuta fenoliaineenvaihduntaan (UMAERUS 1976) ja siinä erityisesti klorogeenihapon ja kahvihapon merkitykseen. Fenolien määrä solukossa lisääntyy yleensä sekä mekaanisen vioituksen että patogeenin aiheuttaman infektion seurauksena. Fenolit toimivat tavallaan biokemiallisten komponenttien varastona ja voivat erilaisten hapettumisprosessien tuloksena muuttua esimerkiksi suberiiniksi, ligniiniksi tai quinoneiksi tai muodostaa patogeenille spesifisiä fytoaleksiineja (WELLWING 1976).

5.2. Lämpötilan ja kosteuden vaikutus *Phoma*-infektioon

Optimilämpötila *foveata*-rodun kasvulle ravintoalustalla on 21°C (LOGAN & KHAN 1969). *Phoma*-mätä kehittyy mukuloihin kuitenkin helpoimmin suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa kahden ja kymmenen asteen välillä (MALCOLMSON & GRAY 1968 b; KRANZ 1958; LANGTON 1972; HENRIKSEN 1975). Mukulan resistenssireaktiot, kuten haavakorkin ja -peridermin muodostus, hidastuvat lämpötilan alentuessa. (ARTSCHWAGER 1927; RADATZ 1967). RADATZin (1967) mukaan yli 12°C:een lämpötila yhdessä suuren suhteellisen kosteuden kanssa aiheuttaa niin nopean haavakorkin muodostuksen, että *Phoma*-infektio ei ehdi tapahtua haavan kautta.

LANGERFIELD (1977) havaitsi, että mukulat ovat syksyllä alttiimpia var. *foveata* -infektioille 6°C:ssa kuin 15°C:ssa, mutta keväällä tilanne on päinvastainen. LANGTONin (1971) mukaan käsitys, että var. *foveata* on kylmien olosuhteiden parasiitti, on totta rajoituksitta vain syksyllä, jolloin mukulan resistenssi on suurimmillaan.

Resistenssiä aiheuttavat kemialliset reaktiot infektiokohdan ympärillä ovat syksyllä korkeassa lämpötilassa nopeita ja estävät patogeenin etenemisen. Alhaisissa lämpötiloissa prosessit ovat hitaita, ja vaikka myös patogeenin kasvu on tällöin hidasta, se pystyy kuitenkin ylittämään resistenssimekanismien vaikutuksen ja aiheuttamaan sairauden.

Keväällä taas, kun mukulan resistenssi on alentunut, korkea lämpötila edistää LANGTONin mukaan sienen kasvua enemmän kuin haavan paranemisprosessia ja on siten edullinen *Phoma*-mädän muodostumiselle.

Myös kosteudella on merkitystä *Phoma*-mädän muodostumisessa. Korkea ilman kosteus suosii patogeenia, mutta samalla myös haavojen paranemista. UMAERUKSEN (1976) mukaan on välttämätöntä tehdä jonkinlainen kompromissi, joksi HENRIKSEN (1975) ehdottaa lievästi kuivattavan tuuletusilman käyttöä (70–80 %:n suhteellinen kosteus) kolmen viikon ajan jokaisen käsittelyn jälkeen. Haavojen paraneminen tapahtuu yli 80 %:n suhteellisessa kosteudessa normaalisti, mutta pysähtyy suhteellisen kosteuden laskiessa alle 70 %:n (WIGGINGTON 1974).

6. Siemenperunan peittäus torjuntakeinona

6.1. Elohopeapitoiset torjunta-aineet

Ensimmäiset peittäuskokeet *Phoma*-mädän torjumiseksi elohopeapitoisilla torjunta-aineilla suoritettiin Skotlannissa 1930-luvun lopulla (FOISTER 1940 a). Torjuntakäsittely on yleensä suoritettu GREEVESin ja MUSKETTin (1939) kehittämällä upotusmenetelmällä. Käsiteltävä siemenrä upotetaan tällöin lyhyeksi ajaksi (30–40 sekuntia) torjunta-aineen vesiliuokseen (0,5 % tehoainetta). Ylimääräisen liuoksen annetaan

valua takaisin liuossammioon, minkä jälkeen mukulat ilmakeivataan (LOGAN 1967 c). Skotlannissa on kehitetty myös koneellinen, suurempien siemenerien käsittelyyn soveltuva menetelmä, jossa mukulat upotetaan lajittelun ja pesun jälkeen 12 minuutin ajaksi 70–140 ppm:n vahvuiseen torjunta-aineliuokseen (BOYD 1960).

Heti sadonkorjuun jälkeen suoritettu elohopeapeittäus on lähes poikkeuksetta vähentänyt *Phoma*-mädän määrää varastointikauden aikana (FOISTER 1940 a; BOYD 1960; GRAHAM 1964; LOGAN 1967 c; MALCOLMSON & GRAY 1968 a, b; HIDE ym. 1969; COPELAND & LOGAN 1973; LOGAN 1974 b; COPELAND & LOGAN 1975). Joissakin tapauksissa mukuloihin on kuitenkin torjuntakäsittelystä huolimatta muodostunut jonkin verran *Phoma*-mätää (GRAY & MALCOLMSON 1966; MALCOLMSON & GRAY 1968 a, b; BOYD 1960). Käsittely on tällöin suoritettu liian myöhään (BOYD 1960; GRAY & MALCOLMSON 1966; MALCOLMSON & GRAY 1968 b) tai sitten latentti *Phoma*-infektio on ehtinyt muodostua jo kasvukauden aikana (MALCOLMSON & GRAY 1968 a). Mitä pitempään käsittely viivästyy noston jälkeen, sitä enemmän sienellä on aikaa muodostaa latentti infektio ja ehtiä torjunta-aineen tavoittamattomiin (LOGAN 1974 b).

Siemenen peittäus elohopeapitoisella peittäusaineella heti noston jälkeen on useissa kokeissa vähentänyt *Phoma*-mätää myös seuraavasta sadosta (LOGAN 1967 c; MALCOLMSON & GRAY 1968 a; LOGAN 1974 b, c; COPELAND & LOGAN 1975; BOYD & LOGAN 1967; BOYD 1971).

LOGANin (1974 b) mukaan *Phoma*-määdästä voidaan päästä eroon peittaamalla seuraavan vuoden siemenperuna useamman vuoden ajan elohopeapitoisella peittausaineella heti noston jälkeen ja viljelemällä perunaa vähintään viiden vuoden viljelykierrolla.

Siemenperunan elohopeapeittaus lisää pienten mukuloiden määrää sadossa. (LOGAN 1974 c; HIDE ym. 1969; JENNINGS ym. 1964; BOYD 1960). Tästä seuraa, että ruokaperunakokoa olevien mukuloiden osuus pienenee siemenperunakokoa olevien kustannuksella (JENNINGS ym. 1964; LOGAN 1967 c, 1974 c). Elohopeapeittaus ei kuitenkaan yleensä vaikuta sadon määrään (BOYD 1960; JENNINGS ym. 1964; LOGAN 1974 b, c).

Siemenperunan elohopeapeittaus rajoittaa tyvimädän määrää kasvukauden aikana (BOYD 1971).

6.2. Systemiset ja niihin verrattavat torjunta-aineet

Siemenperunan mukana leviävien perunan sairauksien lisääntyminen Isossa Britanniassa 1960-luvun aikana johti sellaisten torjunta-aineiden kehittelyyn, jotka olisivat elohopeavalmisteita tehokkaampia, mutta samalla vähemmän myrkyllisiä. Tutkimukset johtivat 1960-luvun lopulla systeemisten torjunta-aineiden käyttöönottoon. Ensimmäisissä kokeissa ei saatu yksiselitteisiä tuloksia siemenperunan peittauksen vaikutuksesta seuraavan sadon *Phoma*-saastuntaan, mutta heti noston jälkeen suoritettu peittaus vähensi selvästi

sairauden määrää varastokauden aikana (HIDE ym. 1969; HIRST ym. 1970; HIDE & GRIFFITH 1973).

COPELANDin ja LOGANin (1973) kokeissa pahasti saastuneen perunaerän mukuloiden upotus heti noston jälkeen benomyyli- tai tiabendatsoliliuokseen (0,5 % tehoainetta) vähensi *Phoma*-mädän määrää varastossa alle yhteen prosenttiin. Kuivapeittäus benomyyllillä, tiabendatsolilla tai fuberidatsolilla (5% tehoainetta) tai 50 %:lla tiraamijauheella antoi yhtä hyvän tuloksen. Sen sijaan siemenperunan peittäus sanoilla aineilla joulukuussa tai maaliskuussa ei vaikuttanut seuraavan sadon *Phoma*-saastuntaan.

LOGANin (1974 c) kokeissa benomyyli jauhe (10 % tehoainetta, 4,5 kg/tn mukuloita) sirotettiin istutusvakoon tiputettujen mukuloiden päälle ennen vaon sulkemista. Sadon *Phoma*-saastunta lisääntyi tällaisella käsittelyllä sekä terveennäköisestä siemenestä *Phoma*-sienellä saastutetussa maassa kasvaneissa mukuloissa että *Phoma*-mätäisestä siemenestä saastumattomassa maassa kasvaneissa mukuloissa. Benomyylikäsittely lisäsi myös pyknidioita muodostavien varsien määrää sekä mukuloiden määrää sadossa. Benomyylikäsittely vaikutti mukuloiden määrään kuitenkin vähemmän kuin siemenen syyskäsittely elohopeapitoisilla peittäusaineilla.

LOGANin mukaan benomyylikäsittely lisäisi *Phoma*-saastuntaa estämällä joko maan mikrofloran antagonistisen toiminnan

tai resistenssimekanismien toiminnan kasvin varsissa.

Resistenssimekanismien toiminnan estyessä varsiin muodostui tavallista runsaammin pyknidioita, joiden pyknosporit lisäsivät mukulasaastunutta. Hän huomauttaa myös, että maahan mukuloiden päälle ripoteltu torjunta-ainejauhe ei levinnyt tasaisesti koko mukulan pinnalle ja että osa joutui maahan mukulan lähistölle.

COPELAND ja LOGAN (1975) osoittivat, että benonyylin ja tiabendatsolin lisäksi myös fuberidatsoli estää tehokkaasti *Phoma*-mädän muodostumisen varastossa, kun peittauskäsittely suoritetaan heti sadonkorjuun jälkeen. Heidän mukaansa upotus ja kuivapeittaus ovat yhtä tehokkaita, mutta kuivapeittauksessa täytyy käyttää 10-kertaisia tehoainemääriä upotuspeittaukseen verrattuna. Upotuspeittauksessa liuoksen 0,05-%:n väkevyyden vähensi *Phoma*-mädän määrän matalalle tasolle, mutta vasta 0,5-%:n liuos torjui sairauden täysin. Myös syyskäsittely tiraamalla ja kaptafolilla sekä erilaisilla torjunta-aineyhdistelmillä vähensi *Phoma*-mätää käsittelemättömään verrattuna.

COPELANDin ja LOGANin kokeet osoittavat, että siemenperunan peittaus muillakin kuin elohopeapitoisilla aineilla heti noston jälkeen saattaa vähentää seuraavan sadon *Phoma*-saastunutta. Vuosien 1972–1973 kokeissa siemenperunan syyskäsittely tiabendatsolilla tai benomyylillä vähensi *Phoma*-mätää seuraavasta sadosta merkittävästi. Kuivapeittaus

5-%:n jauheella ja upotuspeittaus 0,5-%:n torjunta-aineen vesiliuokseen antoivat yhtä hyvän tuloksen. Vuosien 1973–1974 kokeissa mukuloiden käsittely yksittäisillä torjunta-aineilla vähensi *Phoma*-mätää vain varastokauden aikana, mutta ei seuraavasta sadosta. Erilaiset torjunta-aineyhdistelmät (1 % tiabendatsolia + 1 % kaptafolia; 1 % kaptafolia + 5 % tiraamia) kuitenkin vähensivät myös seuraavan sadon saastuntaa toisella kokeessa käytetyistä lajikkeista.

HENRIKSEN (1975) suoritti mukuloiden mekaanisen voittamisen ja keinotekoisien *Phoma*-saastutuksen jälkeen eripituisten ajanjaksojen kuluttua peittauksen erilaisilla torjunta-aineilla. Tiabendatsoli, mankotsebi ja tiofanaatti olivat heti inokuloinnin jälkeen tai seitsemän vuorokauden kuluttua annettuna tehokkaita. Ainoastaan tiabendatsoli tehoi, kun peittaus suoritettiin vasta 14 tai 21 vuorokauden kuluttua inokuloinnista, mutta senkin teho laski nopeasti, kun käsittelyä viivytettiin yli seitsemän vuorokautta.

Positiivisia tuloksia erilaisten peittausaineiden vaikutuksesta *Phoma*-mädän määrään varastossa ovat saaneet edellisten lisäksi mm. LOGAN ym. (1975), LOGAN & COPELAND (1975), BÅNG (1976 a), VESTMAN (1976), FØRSUND ym. (1976) ja SEPPÄNEN (1977). FØRSUNDin ym. (1976) kokeissa ainoastaan tiabendatsoli vähensi *Phoma*-sairauden määrää varastossa merkittävästi. Heti noston jälkeen suoritettu siemenperunan peittaus

on vähentänyt seuraavan sadon *Phoma*-saastuntaa myös OLOFSSONin (1976) ja LOGANin ja COPELANDin (1975) kokeissa. Edellisissä kokeissa torjunta suoritettiin kuivapeittauksena ja jälkimmäisissä sumutuspeittauksena.

Pohjois-Irlannista on peräisin käytännön viljelyyn soveltuva peittausmenetelmä, jossa peittausaine levitetään hienojakoisena sumuna käsiteltävän perunaerän mukuloiden pinnalle. Laitteisto koostuu astiasta, jossa torjunta-aineen vesiliuos pidetään jatkuvasti liikkeessä, laitteesta, joka muuttaa liuoksen sumuksi ja sumukammioista, jonka läpi kulkevat perunat saavat sumun tasaisena kerroksena pinnalleen. Laitteisto voidaan liittää tavalliseen perunanlajittelukoneeseen, jolloin sumu ohjataan kuljettimella tai käsivalintatasolla liikkuviin perunoihin (LOGAN ym. 1975).

Kuten muillakin perunan desinfiointimenetelmillä, käsittely tulisi suorittaa viimeistään kolmen viikon kuluttua sadonkorjuusta, koska torjuntateho laskee nopeasti. Käytettäessä tiabendatsoliliuosta (2 % tehoainetta) sopiva liuosmäärä on 2 l/tn perunoita. Sopiva käsittelynopeus saavutetaan säätämällä lajittelun nopeus 50 kg:ksi minuutissa ja laskemalla peittausaineastiasta samaan aikaan 100 ml liuosta (LOGAN 1974 a). Pienen nestemäärän takia perunoiden pinta ei mainittavasti kastu, ja näin vältetään käsittelyn jälkeiseltä mukuloiden kuivaamiselta. Toinen menetelmän etu on se, että koko perunaerä voidaan käsitellä yhtäjaksoisesti

Vaikka sumutuspeittauksen torjuntatulokset ei olekaan yhtä hyvä kuin upotuspeittausta käytettäessä, se on riittävän hyvä, ja juuri menetelmän soveltuvuus käytännön perunanviljelyyn tekee siitä upotuspeittausta suositeltavamman (LOGAN ym. 1975).

AUSTIN ym. (1976) ja HIDE ja CAYLEY (1977 a) havaitsivat, että tiabendatsoli kulkeutui systeemisenä varsipistokkaisiin, joita kasvatettiin tiabendatsolilla käsitellyssä maassa, ja esti *Phoma exigua* -pyknidioiden muodostumisen kuoleviin varsisiin. Varsien, juurien tai itujen käsittely tiabendatsolilla tai joillakin muilla torjunta-aineilla rajoitti varteen suoritettua *Phoma*-inokuloinnin seurauksena muodostuvan laikun kokoa. Varsiin kerääntyvän torjunta-aineen määrä riippui suuresti siitä, minkälaisessa maassa peruna kasvoi.

Torjunta-aine ei sen sijaan kulkeutunut rönsyä pitkin mukulaan riittävässä määrin, jotta *Phoma*-infektio olisi estynyt. Mukulan kiinnityspäähän tehdyn haavan kautta tiabendatsoliliuos kuitenkin levisi mukulaan ja esti *Phoma*-infektioita, kun aineen määrä solukossa oli noussut riittävän suureksi (HIDE CAYLEY 1977 b).

Myös suoraa varsistoon ruiskutettu tiabendatsoliliuos vähensi pyknidioiden määrää kuolevissa varsissa, mutta ei vaikuttanut merkittävästi sadon *Phoma*-saastuntaan. Sen sijaan varsiston käsittely aiheuttaa huomattavan (30 %) sadon pienenemisen (LOGAN ym. 1978).

6.3. 2-aminobutaanikaasutus

GRAHAM ja HAMILTON (1970) tutkivat erilaisten kaasumaisten aineiden vaikutusta varastotauteja aiheuttaviin organismeihin. Osoittautui, että perunaerän kaasutus 48 tunnin kuluessa nostosta sekundäärisellä butylaminilla esti sekä känsäruven että *Phoma*-mädän muodostumisen varastointikauden aikana.

Myöhemmin kehitettiin nestemäistä butylamina kaasuksi muuttava laite sekä erityinen kaasutuskammio, johon mahtui yhdellä kertaa 5 tonnia perunoita. Käytettäessä tehoainetta 200 mg/1 kg perunoita torjuntatulos oli hyvä vielä 14 vuorokauden kuluttua nostosta suoritettussa käsittelyssä. 2-aminobutaani torjui *Phoma*-mätää elohopeapitoisia peittäusaineita tehokkaammin (GRAHAM ym. 1973 a).

GRAHAM ym. (1973 b) osoittivat, että torjuntatulos on hyvä myös suoritettaessa kaasutus laatikkovarastossa. 35 tonnin suuruinen perunaerä kaasutettiin lisäämällä 2-aminobutaani tuuletusilmaan, jota kierrätettiin laatikkokasojen läpi. Kaasu jakautui tasaisesti laatikkokasan eri kerroksiin ja *Phoma*-mädän muodostuminen estyi.

GRAHAM ym. (1975) suorittivat kaasutuskäsittelyn kesken varastointikauden suoritettun lajittelun jälkeen. Lajittelupäivänä suoritettu käsittely ei torjunut *Phoma*-mätää yhtä tehokkaasti kuin 14 päivän sisällä nostosta suoritettu.

Torjuntatulos huononi, kun käsittely suoritettiin vasta viikon kuluttua lajittelusta. Joidenkin erien käsittely heti lajittelun jälkeen antoi kuitenkin erittäin hyvän tuloksen. Torjuntakäsittelyn jatkuvasti huonontuva teho aikavälin nostosta käsittelyyn pidentyessä johtuu ilmeisesti siitä, että mukulat tulevat torjunta-ainetta läpäisemättömiksi; luultavasti sekä haavojen paranemisen että kuoren vahvistumisen vuoksi.

QUINNin ym. (1976) mukaan siemenperunan kaasutus 2-aminobutaanilla ei vaikuta epäsuotuisasti varsiston kasvuun eikä seuraavaan satoon.

Päinvastoin kaasutus saattaa vaikuttaa edullisesti itävien silmujen määrään, pintaan tulevien kasvien määrään, varsien lukumäärään sekä satomukuloiden määrään ja kokoon.

III OMAT TUTKIMUKSET

1. Materiaali ja menetelmät

1.1. Kokeessa käytetty siemenmateriaali

Kokeessa käytetty siemen oli Bintje-lajiketta ja peräisin tämän työn kirjoittajan kotitalalta Lappajärveltä. Siemen oli hankittu tilalle keväällä 1975, ja se oli alkuperältään samoja ulkomailta tuotettuja eriä, jotka SEPPÄSEN ja HYTÖSEN (1977) mukaan toivat maahamme runsaasti uutta, entistä patogeenisempää sienimateriaalia. Sato oli sekä talvella 1975–1976 että talvella 1976–1977 varastoituna asuinrakennuksen alla sijaitsevassa kellarivarastossa, ja siinä havaittiin varsinkin jälkimmäisenä talvena runsaasti *Phoma*-mätää. Varastosta valikoitiin 7.5. 1977 yhteensä noin 100 kg terveennäköisiä ja *Phoma*-mätäisiä mukuloita, jotka kuljetettiin Kasvipatologian laitokselle Helsinkiin. Siemen oli alkanut jo kuljetuksen aikana itää, ja idätystä jatkettiin 11.5. eteenpäin huoneen- lämmössä.

1.2. Käsittelyt

1.2.1. Terveen ja sairaan näköisen siemenen valikointi

Jo Lappajärvellä alustavasti terveen ja sairaan näköiseksi lajitellusta siemenestä valikoitiin 17.5. 1977 kokeessa

tarvittava määrä, 384 kpl, kumpaakin laatua. Terveen näköiseksi valikoiduissa siemenissä ei ollut *Phoma*-sienen eikä minkään muunkaan patogeenin aiheuttamaa vioitusta. Sairaaseen näköiseksi valikoitiin mukuloita, joiden pinnassa oli tyypillinen kuiva, sisään painunut *Phoma*-vioittuma. Vioittuman kokoa ei tarkasti määrätty, mutta kriteerinä yritettiin pitää sitä, että mukulan itämiskyvyn tuli säilyä. Itämiskyvyn määrittäminen tuotti kuitenkin vaikeuksia, koska *Phoma*-mätäisten mukuloiden idunmuodostus oli vielä valikointihetkellä kovin heikko.

1.2.2. Sienenmukuloiden mekaaninen vioittaminen

Puolet, 192 kpl, sekä terveen että sairaaseen näköiseksi lajitelluista siemenistä vioitettiin 17.5. 1977. Vioittaminen suoritettiin taltan terällä, jolla mukulan pintaan vedettiin noin kolmen sentin pituinen naarmu. Työväline steriloitiin alkoholilla joka viidennen naarmun jälkeen. Sairaaseen näköisiin mukuloihin vioittaminen suoritettiin mukulan pinnan terveeseen osaan.

1.2.3. Siemenmukuloille suoritettut peittäuskäsittelyt

1.2.3.1. Tiraamipeittäus

Tiraamipeittäus suoritettiin 17.5. kuivapeittäuksena Pomarsol Forte - jauheella (80 % tehoainetta). Käsittely suoritettiin muovisangossa, johon laitettiin kerralleen neljäsosa (16 kpl)

yhden koejäsenen siemenmukuloista. Tiraamijauhe sirotettiin sankoon mukuloiden päälle ja mukuloita pyöriteltiin käsin, kunnes aine oli tasaisesti jakautunut. Lopuksi torjunta-ainetta vielä lisättiin käsin jokaisen mukulan pintaan niin paljon kuin siinä pysyi. Jauhetta kului kaikkiaan 70 g 256 mukulaa kohti, eli 0,27 g/mukula. Sairaannäköisiin perunoihin tarttui hieman terveennäköisiä runsaammin torjunta-ainetta, koska sairaannäköisen pinta oli *Phoma*-violetuksen vuoksi huomattavan epätasainen. Peittauksen suorittamiseen mennessä terveennäköisiin siemenmukuloihin oli ehtinyt muodostua jo noin sentin pituiset idut, joista osa irtosi suhteellisen kovakouraisen peittauskäsittelyn seurauksena. Sairaannäköisten mukuloiden idunmuodostus oli jäljessä terveennäköisistä, eikä itujen irtoamista niillä havaittu.

1.2.3.2. Benomyylipeittaus

Benomyylipeittaus suoritettiin 18.5., eli mekaanista vioittamista seuraavana päivänä. Peittaus suoritettiin upotuspeittauksena Benlate-kauppavalmisteesta (50 % benomyyliä) valmistetussa 0,1-%:sessa torjunta-aineen vesiliuoksessa. Yhden koejäsenen siemenmukulat (64 kpl) kerrallaan upotettiin sipulisäkissä 15 minuutin ajaksi 10 litraan liuosta. Upotuksen jälkeen erät kuivattiin. Torjunta-aineliuosta ei vaihdettu eikä väkevöitetty erien välillä. Upotuspeittaus ei aiheuttanut samanlaista itujen irtoamista kuin kuivapeittaus.

1.3.Koejärjestelyt ja kenttäkokeen hoito

Yllä esitettyjen kolmen tekijän, siemenmululoiden terveydentilan, mekaanisen voittamisen ja peittauskäsittelyjen, kombinaatioista kokeeseen muodostui seuraavat kaksitoista koejäsentä:

terveen näköinen x voittamaton x peittaamaton

terveen näköinen x voittamaton x tiraami

terveen näköinen x voittamaton x benomyyli

terveen näköinen x voitettu x peittaamaton

terveen näköinen x voitettu x tiraami

terveen näköinen x voitettu x benomyyli

sairaana näköinen x voittamaton x peittaamaton

sairaana näköinen x voittamaton x tiraami

sairaana näköinen x voittamaton x benomyyli

sairaana näköinen x voitettu x peittaamaton

sairaana näköinen x voitettu x tiraami

sairaana näköinen x voitettu x benomyyli

Koe suoritettiin neljänä kerranteena lohkoittain satunnaistettujen ruutujen menetelmällä. Koejäsenten paikat lohkoissa (liite 1) määrättiin satunnaislukujen taulun avulla. Yhden koeruudun muodosti viiden metrin pituinen perunapenkki, johon istutettiin 16 siemenmukulaa 30 cm:n välein. Kahden perunapenkin väli oli 70 cm. Kokeessa ei käytetty suojarivejä.

Istutus suoritettiin 23.5. 1977. Siemenmukulat tiputettiin käsin istutuskoneella ajettuihin mataliin vakoihin, jonka jälkeen vaot ajettiin istutuskoneella umpeen. Maa oli muokattu neljä päivää aikaisemmin joustopiikkiäkeellä ja istutuspäivänä jyrsimellä. Maaperä koealueella oli hyvin savipitoista ja istutushetkellä vielä hieman kosteaa. Traktorilla ajo kahteen kertaan koealan yli aiheutti maan tiivistymistä, mikä saattoi osaltaan vaikuttaa huonoon vedenläpäisykykyyn myöhemmin kesällä runsaiden sateiden alettua.

Penkit mullattiin leveäteräisellä luokalla 22.6. Rikkaruohot poistettiin koko kasvukauden ajan käsin. 25.7. suoritettiin yksi ruttoruiskutus, mutta enemmistä ruiskutuksista luovuttiin, koska olosuhteet pysyivät epäedullisina ruttoepidemian kehittymiselle.

Sadonkorjuu suoritettiin 23.–25.9., sen jälkeen, kun pakkasen oli tuhonnut varsiston. Nosto suoritettiin käsin haarakuokkaa apuna käyttäen, ja se pyrittiin suorittamaan mahdollisimman varovaisesti *Phoma*-saastunnan leviämisen estämiseksi. Kerrannesadot varastoitiin erikseen sipulisäkeissä noin 4°C:een lämpötilaan odottamaan jatkotoimenpiteitä.

1.4. Mittaukset kasvukauden aikana

1.4.1. Taimistuminen

Pintaan tulleiden kasvien määrät eri koeruuduissa laskettiin 4.7. ja 18.8. eli 6 ja 12 viikkoa istutuksen jälkeen. Vaikka joitakin kasveja tuli pintaan vielä 6 viikon kuluttua istutuksesta suoritettua laskennan jälkeen, sen tulokset otettiin lopullisiksi taimistumisluvuiksi, koska runsaana esiintynyt tyvimätä alkoi vähentää kasvien määrää.

1.4.2. Taimistumisnopeus

Taimistumisnopeuden selvittämiseksi pintaan tulleiden kasvien määrät eri koeruuduissa laskettiin taimistumisen alkamisen jälkeen (12.6.) päivittäin viikon ajan. Kun lopullinen taimistuminen oli saatu selville, kunkin koeruudun taimistumisluvut muutettiin prosenteiksi lopullisesti pintaan tulleiden määrästä.

1.4.3. Varsiston pituus

Varsiston pituus mitattiin kasvukauden aikana kolme kertaa: neljän, kuuden ja kahdentoista viikon kuluttua istutuksesta. Viimeisen mittauksen tulokset edustavat lopullista varsiston pituutta. Neljän ja kuuden viikon kuluttua istutuksesta suoritetuissa mittauksissa koeruudun varsiston keskipituus

laskettiin viiden kasvin keskiarvona ja kahdentoista viikon kuluttua kaikkien pintaan tulleiden keskiarvona. Yksittäisen kasvin pituutta edusti pisimmän varren pituus mitattuna maan rajasta varren ylimpään kohtaan.

1.4.4. Tyvimätäisyys

Tyvimätäisten kasvien lukumäärät eri koeruuduissa laskettiin kahdentoista viikon kuluttua istutuksesta. Kriteerinä tyvimädälle pidettiin varren tyven mustuneisuutta, sekä maasta kasvin juurelta löytyneitä kuolleitten varsien jätteitä. Tyvimädän määrään koeruudussa laskettiin myös se kasvien lukumäärän väheneminen, mikä havaittiin joissakin koeruuduissa verrattaessa kuuden ja kahdentoista viikon kuluttua istutuksesta suoritettuja pintaan tulleiden kasvien laskuja toisiinsa. Kasvien määrän väheneminen katsottiin tällöin tyvimädän aiheuttamaksi.

1.4.5. Varsien lukumäärä

Varsien lukumäärät laskettiin kahdentoista viikon kuluttua istutuksesta. Varsien lukumäärään laskettiin mukaan kaikki vihreät varret. Sen sijaan kasvien juurelta usein löytyneitä tyvimädän tappamien varsien jätteitä ei otettu huomioon. Laskenta suoritettiin jokaisen koeruudun jokaisesta kasvista.

1.4.6. Mukuloiden lukumäärä sadossa

Kunkin koeruudun mukuloiden lukumäärät laskettiin noston yhteydessä 23.–25.9. 1977. Laskettaessa mukuloiden lukumäärää kasvia kohti, koeruudun kasvien määränä käytettiin kahdentoista viikon kuluttua istutuksesta suoritettussa laskennassa saatuja lukuja olettaen, että sitä ennen tyvimädän tappamat kasvit eivät olleet ehtineet muodostaa mainittavasti mukuloita.

1.4.7. Sadon suuruus

Ruutusatojen punnitus suoritettiin noston yhteydessä. Koeruutujen tuottamien satojen perusteella laskettiin sekä yksittäisen koeruutuun istutetun siemenmukulan tuottama sato (=koeruudun sato kg/16) että pintaan tulleen kasvin tuottama sato (=koeruudun sato kg/koeruudun kasvien määrä). Jälkimmäisessä laskentatavassa ruudun kasvien määränä käytettiin kahdentoista viikon kuluttua istutuksesta suoritettussa laskennassa saatuja arvoja.

1.5. Sadon *Phoma*-saastunnan suuruuden määrittäminen

1.5.1. Mukuloiden vioittaminen

Sadon *Phoma*-saastunnan suuruuden määrittämiseen käytettiin LOGANin (1967 c) kehittämää vioitusmenetelmää. LOGAN vioitti mukulan vastakkaisille puolille kahteen paikkaan lyömällä mukulaa terävsärmäisen puupalan kulmaa vasten. Esimerkiksi Hollannissa käytetään siemenperunan *Phoma*-saastunnan rutiinimäärityksessä sovellutusta, jossa mukula vioitetaan neljään kohtaan päiden puoliväliin porastatiiviin kiinnitetyllä noin puolen sentin paksuisella teräsneulalla. Pintaan kiinnittyneessä maassa mahdollisesti olevalle saastunnalle annetaan näin tilaisuus aiheuttaa infektiota ja näkyvä mätälaike (BÅNG 1976 b).

Tässä kokeessa mukulan vioittaminen neljään kohtaan suoritettiin 0,6 cm:n paksuisella lasisauvalla, jonka pää oli työstetty rosoiseksi. Lasisauva steriloidiin alkoholilla jokaisen reiän jälkeen ja alkoholi huuhdottiin pois juoksevassa vedessä. Mukulan pinta rikottiin lasisauvalla noin sentin syvyyteen tarkoituksella puhkaista johtosolukkorengas ja saattaa mukulan pinnassa oleva *Phoma*-saastunta kosketuksiin mukulan taudinainan ydinosan kanssa.

Vioittamista varten jokaisen koeruudun sadosta otettiin 25 siemenperunakokoa olevan mukulan satunnaisnäyte. Märkämätä-

bakteerit olivat ehtineet varastoinnin aikana vähentää joidenkin jo muutenkin pienen sadon tuottaneiden kerranteiden käyttökelpoisten mukuloiden määrää siinä määrin, että lähes kaikki voittamisen kannalta riittävän suuret mukulat jouduttiin käyttämään. Vioittaminen suoritettiin välittömästi varastosta oton jälkeen ja vioitetut mukulat varastoitiin vielä samana päivänä uudelleen. Varastointi suoritettiin muovilaatikoissa, joista kuhunkin sopi väliseinien toisistaan erottamina kolme 25 mukulan erää. Varastointilämpötila oli 4°C. Rei'itys suoritettiin 21.–22.11. 1977 ja mukuloita inkuboitiin rei'ityksen jälkeen yhdentoista viikon ajan.

1.5.2. *Phoma*-vioittumien laskeminen

Mekaanisen voittamisen seurauksena syntyneiden *Phoma*-vioittumien määrät laskettiin 7.2. 1978. Laskenta suoritettiin silmävaraisena arviona siten, että kaikki selvät pinnan muuttumat lasisauvan aiheuttaman vioittuman ympärillä katsottiin *Phoma*-määdäksi. Sieni-infektiot yritettiin aluksi laskea myös halkaistusta mukulasta, mutta siitä luovuttiin, kun havaittiin, että se ei antanut lisäinformaatiota pintaan muodostuneiden mätälaikkujen laskuun verrattuna. Käytännössä silmävarainen arvio suoritettiin mukuloiden pesemisen jälkeen, jolloin kaikenlaiset vioittumat vioituskohdan ympärillä erottuivat tummina mukulan vaaleasta pinnasta.

1.5.3. Mätälaikkujen sienilajiston selvittäminen

Mätälaikkujen sienilajiston tutkimiseksi suoritettiin 244 siirrostusta mallasalustalle. Siirrostuksia suoritettiin kaikista kuudesta koejäsenestä, joiden siemenperunoille ei ollut suoritettu mekaanista vioittamista ennen istutusta, noin 40 kustakin. Siirrostuspala leikattiin vioittumien kohdalta katkaistusta mukulasta terveeseen ja sairaan solukon rajalta. Myös sellaisista vioituskohdista, joissa ei havaittu mätälaikkua, suoritettiin joitakin siirrostuksia. Siirrostuspala leikattiin tällöin lasisauvan aiheuttaman vioittuman ruskettuneesta reunasta. Siirrostuksia suoritettiin eri näköisistä ja kokoisista mätälaikuista seuraavanlaisen tilapäisen skaalan mukaisesti:

Vioitustyyppi:

Mukulan pinta mekaanisen vioittuman ympärillä terve. Halkaistun mukulan sisässä laaja mätälaike tai vain lasisauvalla tehdyn reiän reuna kapeasti ruskettunut. (18 kpl)

Reiän läheisyydessä mukulan pinnassa pienikokoinen tumma painuma. (30 kpl)

Tyypillinen, selvästi terveestä pinnasta erottuva *Phoma*-vioittuma. Pinta ryppyinen. (124 kpl)

"Ylikypsä" *Phoma*-vioitus. Vioituskohta pehmeä, sisään painunut. (57 kpl)

Epänormaalisuudet. (15 kpl)

Yht. 244 siirrostusta

Jokaiseen petrimaljaan suoritettiin neljä siirrostusta siten, että siirrostetut palat tulivat neliön muotoon mahdollisimman kauaksi toisistaan, mutta kuitenkin noin sentin etäisyydelle maljan reunasta. Ensimmäisen maljaan siirrostetun palan kohdalle maljan alle tehtiin merkki ja siirrostusta jatkettiin myötöpäivään. Siirrostukset suoritettiin 8.-9. 2. 1978.

Siirrostusten seurauksena muodostuneet sienikasvustot tutkittiin kahdeksan vuorokauden inkubaation jälkeen. *Phoma exigua* var. *foveata* -rodun isolaatit tunnistettiin LOGANin ja KHANin (1969) ammoniakkitestillä, jossa var. *foveata* -rihmasto ja ravintoalusta muuttuvat ammoniakkin vaikutuksesta punaiseksi. Var. *foveata* oli yleensä helppo tuntea myös suoraa viljelmän ulkonäön perusteella kasvualustaan erittyvän ruskean väriaineen ansiosta. *Phoma exigua* var. *exigua* -kasvustot tunnistettiin LANGERFIELDin (1974) kuvaamalla menetelmällä, jossa var. *foveata* ja var. *exigua* -isolaattien väliin muodostuu violetti juova niiden kasvaessa sanalla ravintoalustalla. Ammoniakkitestissä värjäytymättömät kasvustot pyrittiin tunnistamaan suoraa ensimmäisestä siirrostuksesta, mutta jos se ei ollut mahdollista, suoritettiin uudelleensiirrostus käyttäen tällöin itiönmuodostuksen kannalta sopivia ravintoalustoja.

2.Tulokset

2.1.Taimistuminen

Taulukko 1. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus taimistumiseen.

		Varsiston pintaantulo (0-100)				
		Terveen		Sairaan		
		näköinen siemen		näköinen siemen		\bar{x}
Käsittelemätön	A	100	A	64	A	82
	B	98	B	64	B	81
	\bar{x}	99	\bar{x}	64		<u>82</u>
Tiraami	A	100	A	86	A	93
	B	98	B	73	B	86
	\bar{x}	99	\bar{x}	80		<u>90</u>
Benomyyli	A	98	A	67	A	83
	B	98	B	66	B	82
	\bar{x}	98	\bar{x}	67		<u>83</u>
\bar{x}	A	99	A	72	A	<u>86</u>
	B	98	B	68	B	<u>83</u>
		<u>99</u>		<u>70</u>		85
F-arvot:		Siemen	127,71***			
		Peittaus	3,78*		PIE 6	
		Siemen x Peittaus	3,48*		PIE 9	

A = viottamaton siemen

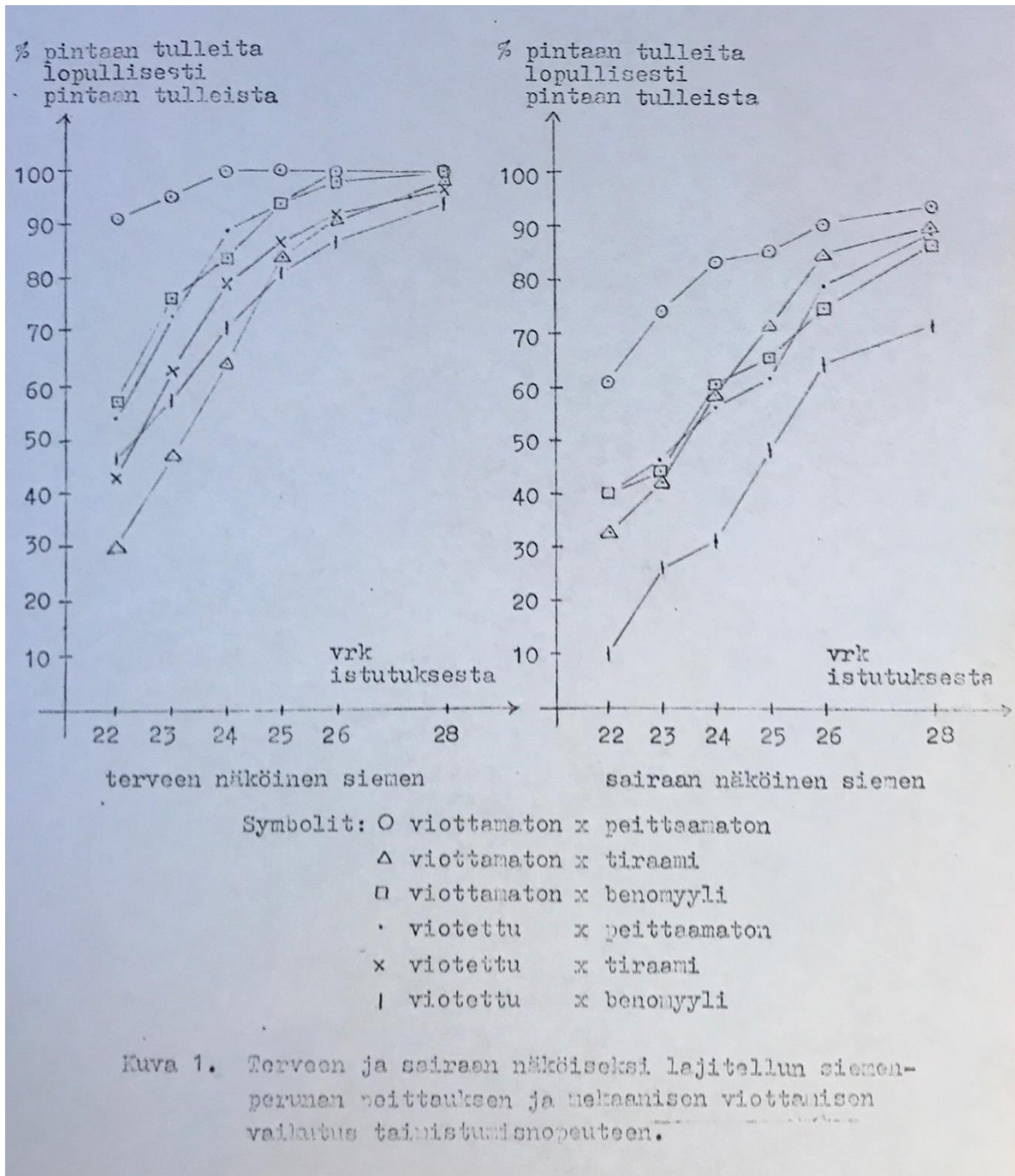
B = viotettu siemen

Terveennäköiseksi valikoitu siemen taimistui kokeessa lähes sataprosenttisesti, suoritettiinpa sille millainen käsittely tahansa (taulukko 1). Sairaannäköiseksi valikoitu siemen sen sijaan taimistui terveennäköiseen verrattuna erittäin merkitsevästi, keskimäärin noin 30 %, huonommin. Peittauskäsittelyistä benomyylikäsittelyllä ei ollut vaikutusta taimistumiseen, mutta tiraamikäsittely paransi sitä lähes merkitsevästi. On huomattava, että tiraanin edullinen vaikutus pääsi näkyviin ainoastaan sairaalla sienellä, mistä myös aiheutui lähes merkitsevä siemenen ja peittauksen yhdysvaikutus. Siemenperunan mekaanisella vioittamisella ei ollut vaikutusta taimistumiseen.

2.2.Taimistumisnopeus

Taimistuminen alkoi 12.6. 1977, eli 20 vuorokauden kuluttua istutuksesta. Tasaisimmin ja nopeimmin taimistui terveennäköinen, käsittelemätön siemen (kuva 1). Kaikki terveennäköiselle siemenelle suoritettut käsittelyt hidastivat pintaan tuloa, eniten tiraamikäsittely. Sairaannäköisen käsittelemättömän siemenen taimistuminen oli terveennäköistä käsittelemätöntä hitaampaa, ja sairaannäköisen siemenen mekaaninen vioittaminen tai peittaus hidastivat taimistumista vielä lisää. Huomattavaa on sairaannäköisen siemenen vioittamisen ja benomyylipeittauksen muita käsittelyjä epäedullisempi vaikutus taimistumisnopeuteen. Kuvan 1 oikeanpuoleisesta osasta on jätetty pois sairas siemen x vioitettu x tiraami

-käsittelyä kuvaava murtoviiva, joka kulkisi käsittelyä sairas siemen x
viottamaton x tiraami kuvaavan murtoviivan lähellä.



2.3. Varsiston pituus

Terveen näköisestä siemenestä kasvanut varsisto oli koko kasvukauden ajan erittäin merkitsevästi sairaan näköistä kasvustoa pitempää (taulukot 2, 3 ja 4).

Taulukko 2. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus varsiston pituuteen 4 viikkoa istutuksen jälkeen.

	Varsiston pituus cm				
	Terveen näköinen siemen		Sairaana näköinen siemen		\bar{x}
Käsittelemätön	A	17,4	A	12,4	A 14,9
	B	12,1	B	10,0	B 11,1
	\bar{x}	14,8	\bar{x}	11,2	<u>13,0</u>
Tiraani	A	9,4	A	8,1	A 8,8
	B	10,3	B	8,1	B 9,2
	\bar{x}	9,9	\bar{x}	8,1	<u>9,0</u>
Benomyyli	A	10,6	A	9,9	A 10,3
	B	9,8	B	7,6	B 8,7
	\bar{x}	10,2	\bar{x}	8,8	<u>9,5</u>
\bar{x}	A	12,5	A	10,1	A <u>11,3</u>
	B	10,7	B	8,6	B <u>9,7</u>
		<u>11,6</u>		<u>9,4</u>	10,5
F-arvot: Siemen				13,86***	
Peittaus				17,39***	DE 1,5
Viottaminen				7,27*	
Viottaminen x Peittaus				4,32*	DE 2,1

A = viottamaton siemen

B = viotettu siemen

Kasvukauden alussa oli myös peittauskäsittelyillä erittäin merkittävästi toisistaan poikkeava vaikutus varsiston kasvuun siten, että käsittelemättömästä siemenestä kasvanut varsisto oli benomyyllillä ja tiraamalla käsitellystä siemenestä kasvanutta pitempää (taulukko 2). Peittauksen negatiivinen vaikutus hävisi kasvukauden myöhemmässä vaiheessa (taulukot 3 ja 4).

Taulukko 3. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus varsiston pituuteen 6 viikkoa istutuksen jälkeen.

	Varsiston pituus cm		
	Terveen näköinen siemen	Sairaana näköinen siemen	\bar{x}
Käsittelenätön	A 36,4	A 27,9	A 32,2
	B 32,0	B 21,9	B 27,0
	\bar{x} 34,2	\bar{x} 24,9	<u>29,6</u>
Tiraami	A 29,9	A 24,2	A 27,1
	B 31,8	B 24,3	B 26,1
	\bar{x} 30,9	\bar{x} 24,3	<u>27,6</u>
Benomyyli	A 31,5	A 26,9	A 29,2
	B 31,9	B 21,8	B 26,9
	\bar{x} 31,7	\bar{x} 24,4	<u>28,1</u>
\bar{x}	A 32,6	A 26,3	A <u>29,5</u>
	B 31,9	B 22,7	B <u>27,3</u>
	<u>32,3</u>	<u>24,5</u>	28,4
F-arvot: Siemen		63,45 ***	
Viotus		5,13 *	
Viotus x Peittaus		3,32 * $PE 3,4$	
A = viottamaton siemen			
B = viotettu siemen			

Myös siemenperunan mekaanisella vioittamisella oli lievä negatiivinen vaikutus varsiston pituuteen. Vaikutus kesti peittauksen vaikutusta pitemmälle (taulukot 2 ja 3), mutta hävisi sekin kasvukauden loppupuolella (taulukko 4).

Taulukko 4. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus varsiston pituuteen 12 viikkoa istutuksen jälkeen.

	Varsiston pituus cm		
	Terveen näköinen siemen	Sairaaseen näköinen siemen	\bar{x}
Käsittelemätön	A 52,6	A 47,6	A 50,1
	B 52,1	B 42,0	B 47,1
	\bar{x} 52,4	\bar{x} 44,8	<u>48,6</u>
Tiraami	A 52,0	A 45,3	A 48,7
	B 52,8	B 45,0	B 48,9
	\bar{x} 52,4	\bar{x} 45,2	<u>48,8</u>
Benomyyli	A 51,5	A 48,1	A 49,8
	B 53,4	B 44,0	B 48,7
	\bar{x} 52,5	\bar{x} 46,1	<u>49,3</u>
\bar{x}	A 52,0	A 47,0	A <u>49,5</u>
	B 52,8	B 43,7	B <u>48,2</u>
	52,4	45,4	48,9

F-arvot: Siemen 19,93 ***

A = viottamaton siemen

B = viotettu siemen

Vioittamisella ja peittauksella oli kasvukauden alkupuolella lähes merkitsevä yhteisvaikutus varsiston kasvuun: käsittelemättömän siemenen vioittaminen pienensi varsiston pituutta vioittamattomaan verrattuna, kun sen sijaan vioittamisen ja tiraami- tai benomyylikäsittelyn yhdistämisellä ei ollut vaikutusta (taulukot 2 ja 3).

2.4. Varsien lukumäärä

Terveen ja sairaan näköinen siemen aiheuttivat erittäin merkitsevän eron varsien lukumäärään (taulukko 5). Terveen näköisestä siemenestä muodostui keskimäärin 1,6 vartta/kasvi enemmän kuin sairaan näköisestä. Siemenperunan tiraami- tai benomyylopeitto tai mekaaninen vioittaminen ei vaikuttanut

Taulukko 5. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen vaikutus varsien lukumäärään.

	Varsien lukumäärä kasvia kohti		
	Terveen näköinen siemen	Sairaana näköinen siemen	\bar{x}
Käsittelemätön	6,2 ¹⁾	4,8	5,5
Tiraami	6,6	4,8	5,7
Benomyyli	6,2	4,4	5,3
\bar{x}	6,3	4,7	5,5

F -arvot: Siemen 41,26^{***}

1) Taulukon luvut ovat vioittamattoman ja vioitetun keskiarvoja



Kuva 2. Varsiston kehitys 6 viikon kuluttua istutuksesta



Kuva 3. Varsiston kehitys 12 viikon kuluttua istutuksesta

2.5. Tyvimätäisyys

Taulukko 6. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus tyvimätäisten kasvien määrään.

	Tyvimätäisten kasvien määrä %		
	Terveen näköinen siemen	Sairaana näköinen siemen	\bar{x}
Käsittelemätön	A 15,7	A 57,9	A 36,8
	B 18,9	B 54,1	B 36,5
	\bar{x} 17,3	\bar{x} 56,0	<u>36,7</u>
Tiraami	A 18,8	A 60,0	A 39,4
	B 4,7	B 42,5	B 23,5
	\bar{x} 11,8	\bar{x} 51,3	<u>31,5</u>
Benomyyli	A 8,1	A 65,0	A 36,6
	B 12,5	B 41,0	B 26,8
	\bar{x} 10,3	\bar{x} 53,0	<u>31,7</u>
\bar{x}	A 14,2	A 61,0	A <u>37,6</u>
	B 12,0	B 45,9	B <u>29,0</u>
	<u>13,1</u>	<u>53,4</u>	33,3
F-arvot: Siemen		139,01 ***	
Viotus		6,35 *	
Siemen x Viotus		3,59 ($F_{0,05}=4,17$)	PIE 9,3
A = viottamaton siemen			
B = viotettu siemen			

Terveen ja sairaan näköinen siemen vaikuttivat erittäin merkitsevästi eri lailla tyvimädän määrään (taulukko 6). Terveen näköisestä siemenestä kasvaneista kasveista oli 13,1 %

ja sairaan näköisistä kasvaneissa 53,4 % tyvimätäisiä. Siemenperunan mekaaninen vioittaminen vähensi tyvimädän määrää lähes merkitsevästi. Vioittaminen ei vaikuttanut terveeseen näköisestä siemenestä kasvaneen varsiston tyvimätäisyyteen, mutta vähensi tyvimätää sairaan näköisellä siemenellä noin 15 %-yksikköä, mikä vähentyminen johtui mekaanisen vioittamisen ja peittauskäsittelyjen yhdistämisestä.

Taulukko 7. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus mukuloiden lukumäärään sadossa.

	Mukuloiden lukumäärä/kasvi				
	Terveen näköinen siemen		Sairaaseen näköinen siemen		\bar{x}
Käsittelemätön	A	14,0	A	13,4	A 13,7
	B	14,9	B	9,6	B 12,3
	\bar{x}	14,5	\bar{x}	11,5	<u>13,0</u>
Tiraami	A	15,7	A	11,8	A 13,8
	B	15,9	B	9,6	B 12,8
	\bar{x}	15,8	\bar{x}	10,7	<u>13,3</u>
Benomyyli	A	14,7	A	11,1	A 12,9
	B	15,7	B	11,6	B 13,7
	\bar{x}	15,2	\bar{x}	11,4	<u>13,3</u>
\bar{x}	A	14,8	A	12,1	A <u>13,5</u>
	B	15,5	B	10,5	B <u>12,9</u>
		<u>15,2</u>		<u>11,2</u>	<u>13,2</u>

F-arvot: Siemen 55,84 ***

A = viottamaton siemen

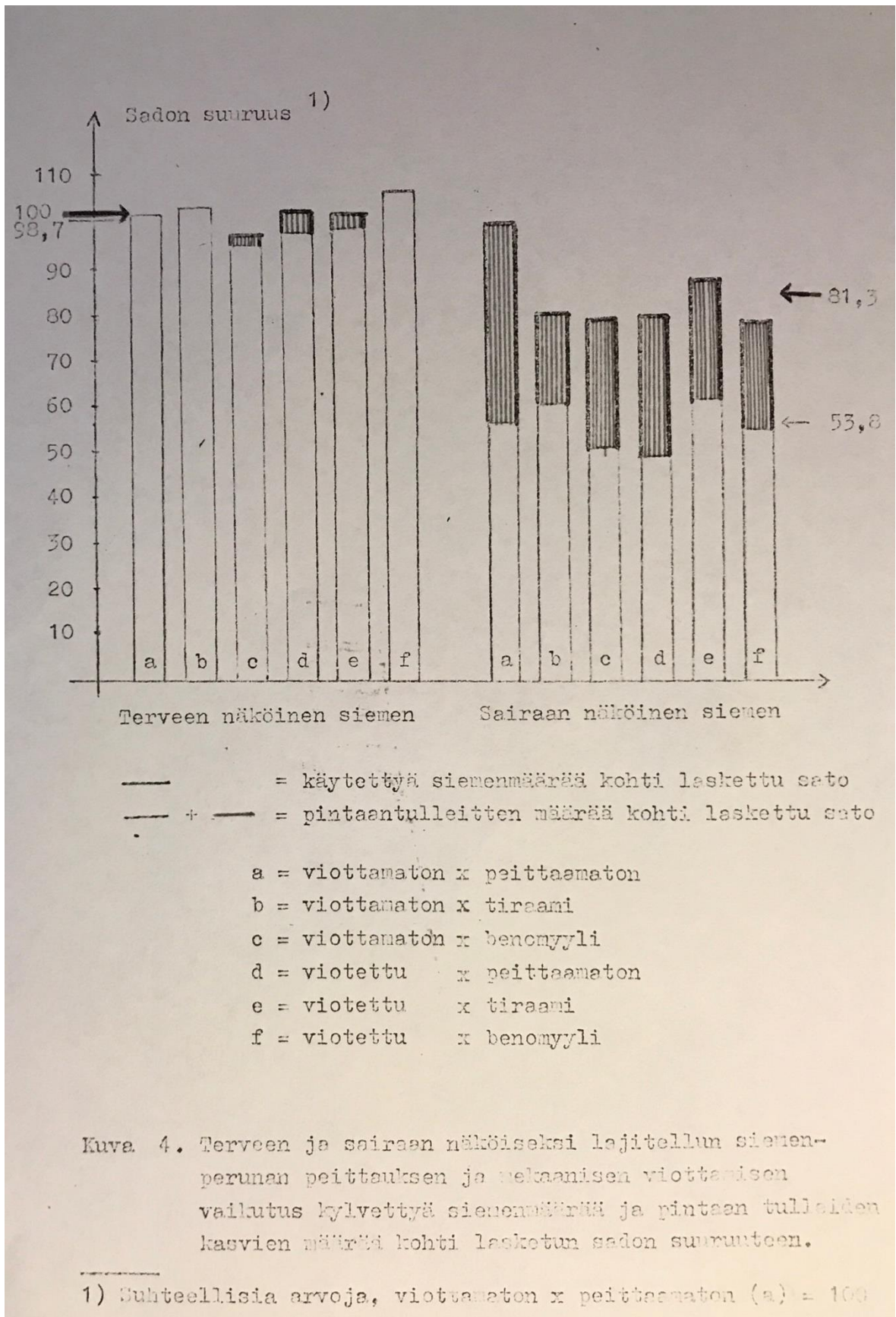
B = viotettu siemen

Terveennäköisen siemenen käytöllä oli sairaannäköiseen verrattuna erittäin merkitsevä positiivinen vaikutus mukuloiden lukumäärään sadossa. Terveen näköinen siemen tuotti noin 25 % enemmän mukuloita kuin sairaan näköinen. Siemenperunan vioittamisella tai peittauksella ei ollut merkittävää vaikutusta mukuloiden lukumäärään.

2.6.Sadon suuruus

Satotulokset on esitetty kuvassa 4 sekä käytettyä siemenmäärää (mustat pylväät) että pintaan tulleiden kasvien määrä (mustat + punaiset pylväät) kohti laskettuna. Mustien pylväiden vertailu osoittaa, että terveennäköinen siemen tuotti lähes kaksinkertaisen sadon sairaan näköiseen siemeneseen verrattuna. Kun aukkoisuuden vaikutus sadon suuruuteen eliminoidaan laskemalla satotulokset pintaan tulleiden kasvien määrää kohti (mustat + punaiset pylväät), nähdään, että terveennäköisestä siemenestä muodostunut kasvi tuotti noin 20 % suuremman sadon kuin sairaannäköisestä muodostunut.

Peittauskäsittelyillä tai mekaanisella vioittamisella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta sadon suuruuteen. Sairaannäköisestä käsittelemättömästä siemenestä muodostunut kasvi tuotti kuitenkin hieman suuremman sadon kuin sairaan näköisesti peittauskäsittelystä tai vioitetusta muodostunut.



2.7.Sadon *Phoma*-saastunta

Siemenperunan kuivapeittaus tiraamalla vähensi selvästi seuraavan sadon *Phoma*-saastunnan määrää (taulukko 8).

Taulukko 8. Terveen ja sairaan näköiseksi lajitellun siemenperunan peittauksen ja mekaanisen viottamisen vaikutus sadon terveydentilaan.

		Sadon <i>Phoma</i> -saastunnan suuruus (0-100)					
		Terveen näköinen siemen		Sairaaseen näköinen siemen			
Käsittelemätön	A	21,8		A	51,0	A	36,4
	B	23,8		B	40,4	B	32,1
	x	22,8		x	45,7		<u>34,3</u>
Tiraami	A	10,5		A	17,0	A	13,8
	B	6,0		B	11,8	B	8,9
	x	8,3		x	14,4		<u>11,4</u>
Benomyyli	A	14,5		A	34,5	A	24,5
	B	24,3		B	20,0	B	22,2
	x	19,4		x	27,3		<u>23,4</u>
\bar{x}	A	15,6		A	34,2	A	<u>24,9</u>
	B	18,0		B	24,1	B	<u>21,1</u>
		<u>16,8</u>			<u>29,2</u>		23,0

F-arvot: Siemen 7,37*
Peittaus 8,51** PER 11,3

A = viottamaton siemen
B = viotettu siemen

Myös benomyylipeittauksella oli lievästi positiivinen vaikutus, kun käsittely suoritettiin sairaan näköiselle siemenelle. On kuitenkin huomattava, että kumpikaan peittauskäsittely ei pystynyt täysin eliminoimaan *Phoma*-saastunutta. Parhaan tuloksen antoi terveen näköisen siemenen tiraamikäsittely, jonka seurauksena vain 8,3 %:iin satomukuloihin suoritetuista vioituksista muodostui *Phoma*-mätälaike.

Terveen näköiseksi lajitellun siemenperunan sadon *Phoma*-saastunutta oli lähes merkitsevästi pienempi kuin sairaan näköisestä siemenestä kasvaneen. Sen sijaan siemenperunan mekaanisella vioittamisella ei ollut vaikutusta sadon *Phoma*-saastunuttaan vioittamattomaan verrattuna.

Myös kokeen lohkojen välillä oli merkitsevä ero *Phoma*-saastunutta määrässä:

A	B	C	D		
18,4 %	35,3 %	11,7 %	26,3 %	F-arvo: 5,08	PME 13,1

Koekentällä vierekkäin sijainneiden lohkojen B ja D sadossa oli *Phoma*-saastunutta enemmän kuin puolestaan vierekkäin sijainneissa lohkoissa A ja C (vrt. liite 1).

2.8.Mätälaikeiden sienilajisto

Suoritetuista siirrostuksista 84,8 %:ssa löytyi *Phoma exigua* -sieni (taulukko 9). Jos jätetään ottamatta huomioon tyyppiä 1

olevat vioitukset, eli tapaukset, joissa lasisauvalla tehdyn reiän ympäristössä mukulan pinnalla ei ollut havaittavissa sieni-infektion merkkejä, *Phoma exigua* eristettiin 89,8 %:sta mätälaikeista. Tyyppiä 1 olleista vioituksista *Phoma exigua* löytyi neljästi; kaksi neljästä eristyksestä suoritettiin perunan sisään muodostuneista *Phoma*-vioituksista, jotka eivät näkyneet pinnalle.

Taulukko 9. *Phoma exigua* -sieni eri tyyppisten mätälaikeiden aiheuttajana.

<u>Vioitustyyppi</u>	<u>Siirrostusten määrä</u>	<u><i>Phoma exigua</i>-kasvustoja</u>
1	18	4
2	30	23
3	124	117
4	57	51
5	15	12
.	Yht. 244	Yht. 207

Vain kaksi yhteensä 207:stä *Phoma exigua* -isolaatista oli var. *exigua* -rotua (taulukko 10). *Phoma eupyrena* -isolaatteja puolestaan löytyi yhteensä viisi kappaletta. Muista perunan sienipatogeeneista tavattiin *Fusarium solani* var. *coeruleum* kuusi kertaa sekä *Fusarium avenaceum* ja jokin tuntematon *Fusarium*-laji kumpikin kerran. Muut mätälaikeista eristetyt sienilajit on esitetty taulukossa 10. Useat sekä ensisiirrostusten että uudelleensiirrostusten seurauksena

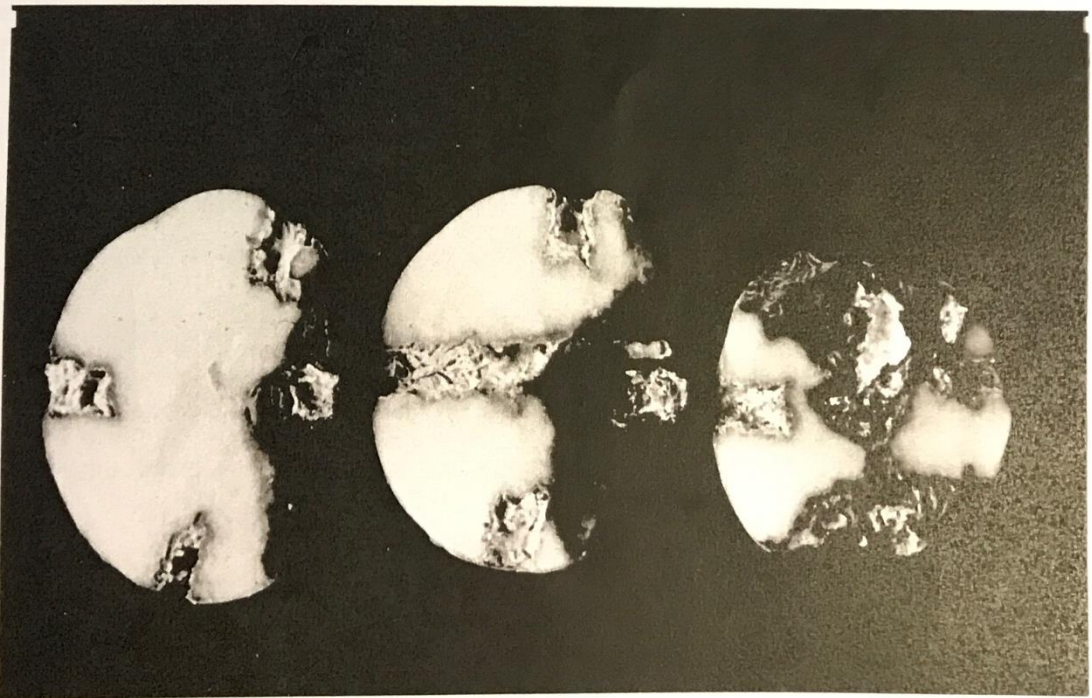
muodostuneet viljelmät olivat sekakasvustoja, minkä vuoksi tunnistettujen isolaattien määrä ei ole sama kuin siirrostusten määrä.

Taulukko 10. Kätäläaikuista eristetyt sienilajit.

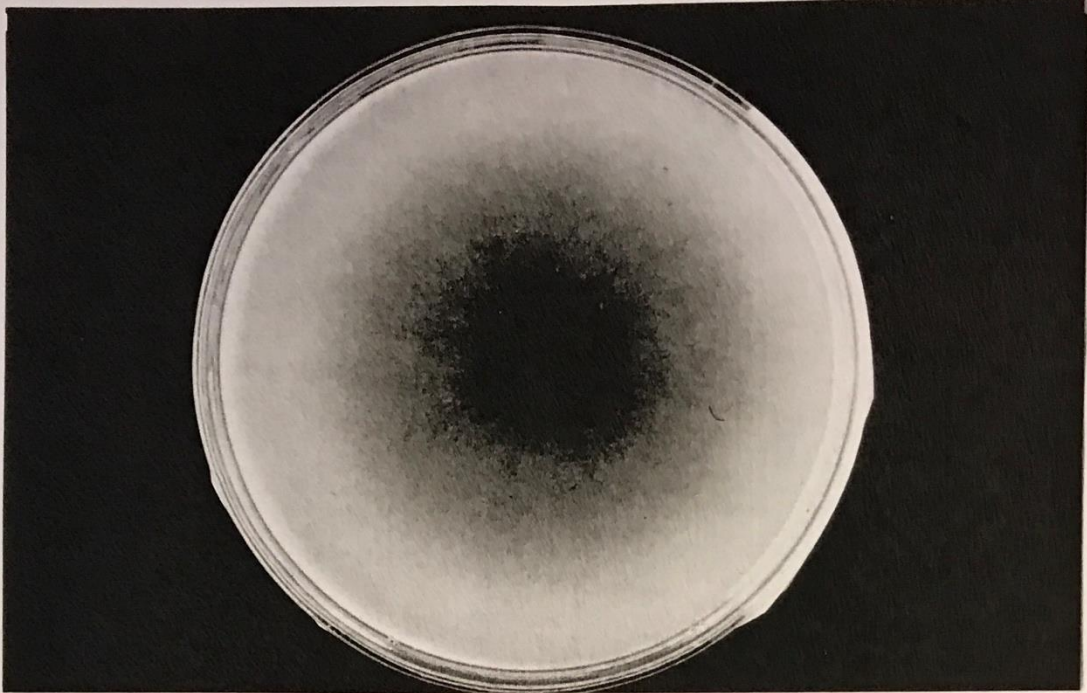
<u>Sienilaji</u>	<u>Isolaattien lukumäärä</u>
<u>Alternaria tenuis</u>	1
<u>Chaetonium mollicellum</u>	1
<u>Chrysosporium pannorum</u>	1
<u>Chrysosporium spp.</u>	1
<u>Cylindrocarpon radicicola</u>	1
<u>Doratomyces stemonitis</u>	1
<u>Epicoccum purpurascens</u>	2
<u>Fusarium avenaceum</u>	1
<u>Fusarium solani var. coeruleum</u>	6
<u>Fusarium spp.</u>	1
<u>Hortierella spp.</u>	4
<u>Lucor nucedo</u>	3
<u>Lucor spp.</u>	4
<u>Penicillium claviforme</u>	1
<u>Penicillium spp.</u>	5
<u>Phialophora spp.</u>	2
<u>Phoma eupyrena</u>	5
<u>Phoma exigua var. exigua</u>	2
<u>Phoma exigua var. foveata</u>	205
<u>Phoma spp.</u>	1
<u>Stephylium spp.</u>	1
<u>Volutina concentrica</u>	3
<u>Tuntemättonia</u>	5
	<hr/>
	Yht. 257



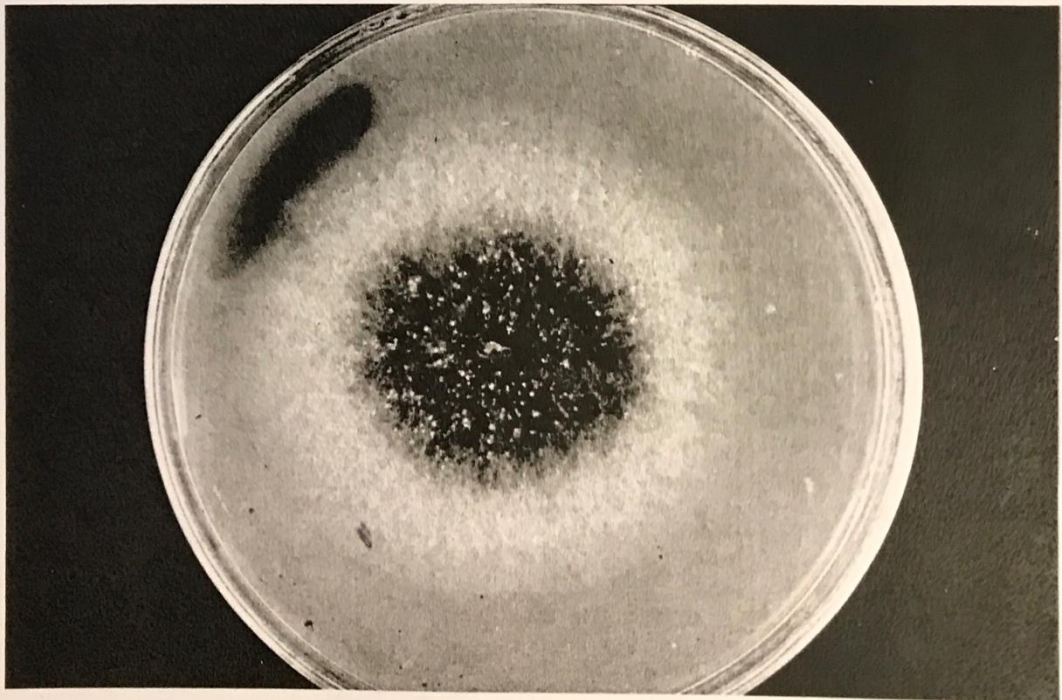
Kuva 5. Phoma-mitälaikkuja perunan mukuloissa keinotekoisien viottamisen seurauksena



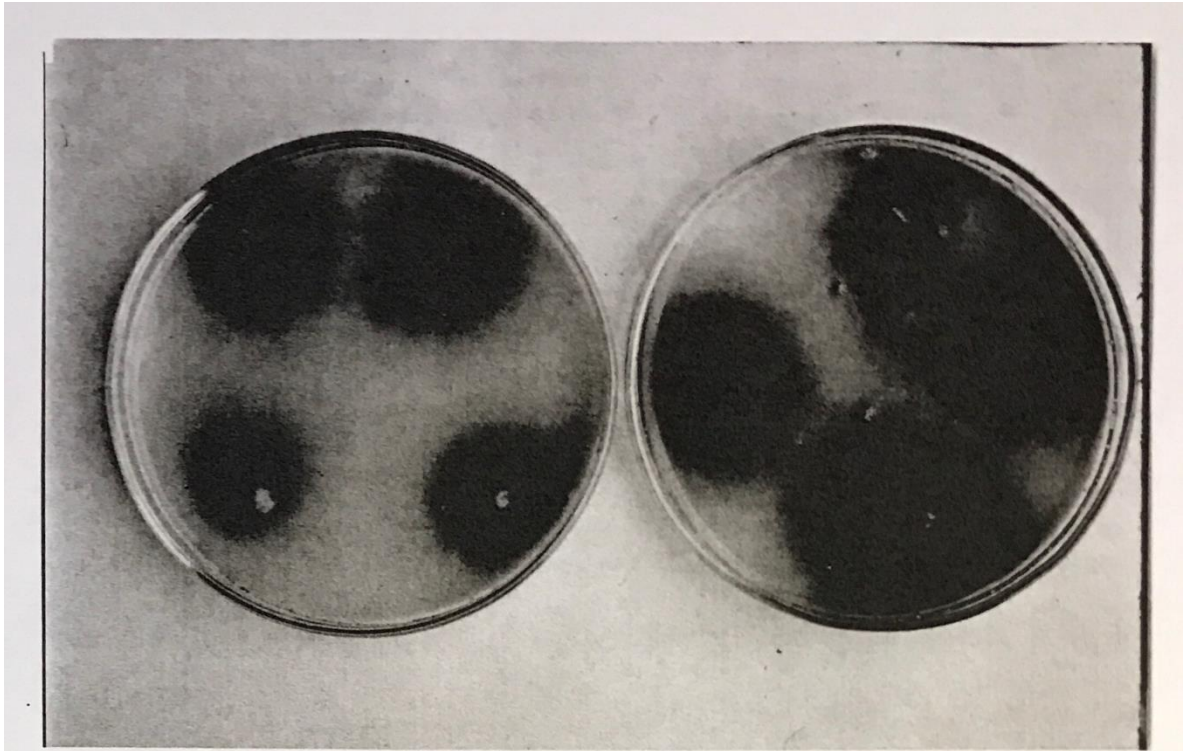
Kuva 6. Phoma-mitää halkaistuissa perunan mukuloissa



Kuva 7. Nuori Phoma exigua var. foveata -kasvusto
mallasagerilla



Kuva 8. Nuori Phoma exigua var. exigua -kasvusto
mallasagerilla



Kuva 9. Phoma exigua var. foveata -kasvustoja mallasagerilla ennen (vas.) ja jälkeen (oik.) ammoniakkilisäystä



Kuva 10. Versinknidoista eristettyjä Phoma exigua -foveata (1000 x)



Kuva 11. Phoma exigua -pyknidiotia perunan varressa (150 x)



Kuva 12. Phoma euphratica -rikkastoia

3. Tulosten tarkastelu

Phoma-mätäisestä siemenestä muodostunut perunakasvusto oli koko kasvukauden ajan lähes kaikin mahdollisin tavoin heikompaa kuin terveen näköisestä siemenestä muodostunut. Terveen näköinen siemen näytti paremman elinvoimansa jo varhain, sillä siihen ehti istutukseen mennessä muodostua huomattavan pitkät idut, kun toisaalta *Phoma*-mätäisen siemenen itäminen ehti tuskin alkaa ennen istutusta. Lisäksi *Phoma*-mätäviottuma oli sairaassa mukulassa usein niin laaja, että vain muutamia ituja oli jäljellä mukulan terveessä osassa.

Kävi, kuten esimerkiksi FØRSUND ym. (1975) ovat todenneet käyvän, kun istutetaan *Phoma*-mätäistä siementä: Sairas siemen ehti usein mädäntyä maassa ennen kuin ehti muodostua pintaan asti ulottuvia varsia, jolloin kasvustoon muodostui aukkoja. Silmuista, joiden yli *Phoma*-mätä ei ehtinyt levitä, muodostui varsia, mutta varsien lukumäärä jäi pieneksi ja ne jäivät elinvoimaltaan heikoiksi. Varsien vähäisyyden takia satoon muodostui vähän mukuloita, ja aukkoisuudesta, varsien huonosta kasvusta ja satomukuloiden pienestä määrästä johtuen sato jäi pieneksi. Paitsi suoraa *Phoma*-mädän vaikutuksesta, sairaasta siemenestä muodostunut kasvusto oli heikko ja sato pieni myös runsaan tyvimätäisyyden vuoksi. Tyvimätä tappoi kasvukauden alkupuolella kasveja kokonaan ja vähensi kasvukauden lopulla jäljelle jääneiden varsien lukumäärää, kuten tyvimätä LOGANin (1972) mukaan tavallisesti tekee.

On pidettävä mielessä, että terveen näköisestä siemenestä muodostunut kasvusto oli tasaista jo kehittyneenä ja sato suuri vain sairaan näköisen siemenen vastaaviin tuloksiin verrattuna. Vertailu kokeessa käytetyn *Phoma*-mätäisestä erästä valitun terveen näköisen siemenen ja todella terveen siemenen välillä olisi ollut mielenkiintoista. GRIFFITHin ym. (1974) mukaan *Phoma*-mätäisestä perunaerästä valikoidun terveennäköisen siemenen tuottama sato on sitä pienempi, mitä sairaammasta erästä se on valittu. Eräessä kokeessa terveen näköiset mukulat erästä, jossa 90 % mukuloista oli *Phoma*-mätäistä, tuottivat noin neljäsosan pienemmin sadon kuin terveen näköiset mukulat erästä, jossa sairaita mukuloita oli vain 10–20 %.

Siemenpenunan peittäminen ja mekaaninen vioittaminen heikensivät varsiston kehitystä kasvukauden alkupuolella, mutta satotuloksiin ulottuvaa vaikutusta niillä ei juuri ollut. Sekä sairaan näköisen siemenen vioittaminen että peittäminen huononsivat hyvin johdonmukaisesti varsiston alkukehitystä sairaan näköiseen käsittelemättömään verrattuna. Tässä saattoi olla selitys sille, että sairaan näköinen käsittelemätön siemen tuotti kasvia kohti hieman paremman sadon kuin sairaan näköinen siemen, jolle oli suoritettu jonkinlainen käsittely ennen istutusta.

Terveen näköisen siemenen kuivapeittäminen tiraamalla katkoi jo pitkälle kehittyneitä ituja ja hidasti hieman taimistumista, kuten myös HIDE:n ym. (1969) mukaan saattaa tapahtua. Sairaana näköisen siemenen vioittaminen ja

heti perään suoritettu upotus benomyyliliuokseen hidasti eniten sairaan näköisestä siemenestä muodostuvan varsiston taimistumista. Pitkän upotusajan takia (15 min.) mukulan sisään saattoi päästä riittävästi torjunta-ainetta aiheuttamaan fytotoksisen reaktion. Benomyylin on havaittu olevan fytotoksinen mm. vehnän (FUCHS 1973) ja ristikukkaisten (REYES 1974) taimille ja benomyylin sukulaisaineen tiabendatsolin myös perunalle (AUSTIN ym. 1976)

Phoma-sairaus siirtyi kasvukauden aikana tehokkaasti siemenmukuloista uuteen satoon. Terveen näköisen siemenen käytöllä saatiin saastunta jonkin verran vähenemään satomukuloiden pinnalta, mutta kuten monissa aikaisemmissakin tutkimuksissa on todettu (GRIFFITH ym. 1974; COPELAND & LOGAN 1975), sillä tavoin on turha yrittää päästä kokonaan eroon sairaudesta. Tässä kokeessa terveen näköiset siemenet olivat todella ilman mätälaikkuja vielä istutushetkellä. Käytännön viljelyssä, jossa lajittelu suoritetaan usein hyvinkin kauan ennen istutusta, on kuitenkin jo kertaalleen terveen näköiseksi lajitellussa siemenessä usein istutusaikaan runsaasti *Phoma*-mätäisiä mukuloita. Lajittelulla onkin luultavasti käytännössä pienempi vaikutus *Phoma*-saastuntaan kuin sillä oli tässä kokeessa.

Peittauskäsittelyistä siemenen kuivapeittaus tiraamalla vähensi selvästi seuraavan sadon *Phoma*-saastunutta. Havainto on hieman yllättävä, koska kevätpeittaus on harvaa poikkeusta lukuun ottamatta (OLOFSSON 1976) osoittautunut tehottomaksi *Phoma*-mätää vastaan. Ilmeisesti selitys on löydettävissä käytetyistä ainemääristä. Kokeessa käytettiin 80-%:n kauppavalmistetta sellaisenaan ja niin suurena annostuksena (0,27 g/mukula), että hehtaarin siemenperunoille ainetta olisi tarvittu noin 170 kg. COPELANDin ja LOGANin (1975) kokeet osoittavat, että tiraami kyllä tehoaa *Phoma*-mätään: syyspeittaus 75-%:n tiraamijauheella (0,5 g/mukula) esti *Phoma*-mädän muodostumisen varastointikauden aikana ja vähensi selvästi seuraavan sadon *Phoma*-saastunutta.

Benonyylin vaikutus oli tilastollisen merkitsevyyden rajoilla. Lievä positiivinen vaikutus, mikä sillä tuntui olleen sairaan näköisen siemenen sadon saastuntaan, saattoi johtua normaalia pitemmästä upotusajasta (15 min.; COPELAND & LOGAN (1975) 2 min.) ja toisaalta siitä, että ainetta pääsi mahdollisesti mätälaikeun kautta normaalia helpommin mukulan sisuksiin. Käytetty liuosväkevyyks riittää ainakin *Phoma*-mädän torjumiseksi varastosta (COPELAID & LOGAN 1975).

Kokeessa havaittu selvä ero *Phoma*-saastumassa eri lohkojen välillä on vaikeasti ymmärrettävissä. Perunaa ei ollut viljelty koealueella vuosikausiin, joten maasaastunutta tuskin oli jäljellä edellisiltä vuosilta. Eräs mahdollinen selitys

ilmiölle voisi olla koealueen epätasaiset kosteusolot kasvukauden aikana. Maan huonon vedenläpäisykyvyn ja runsaiden sateiden johdosta lohkoilla A ja C viikkokausia pysynyt sadevesi saattoi jollakin tavoin hidastaa saastunnan leviämistä maassa. Toisaalta mm. MALCOLMSONin (1958 b) mukaan *Phoma*-sieni viihtyy kosteissa olosuhteissa.

Phoma-vioittuma oli helppo tuntea mukulasta silloin, kun se oli tyypillisenä, mutta aivan pienet ja toisaalta hyvin vanhat vioitukset, joissa mukulan rakenne oli jo sortunut, tuottivat vaikeuksia. Noin 20 %:sta mätälaikkuja suoritettu siirrostus ravintoalustalle osoitti, että *Phoma exigua* var. *foveata* oli lähes 90 %:ssa vioituksen aiheuttaja ja että var. *exigua*- rodun merkitys oli vähäinen. *Phoma exigua* var. *foveata* aiheutti todellisuudessa varmasti enemmän kuin 90 % vioituksista, sillä useissa siirrostuksissa se todennäköisesti peittyi jonkun toisen nopeammin kasvaneen sienien alle. Muut mätälaikuista löytyneet sienet olivat muutamia *Fusarium*-isolaatteja lukuun ottamatta tavallisia maaorganismeja, jotka tuskin pystyvät aiheuttamaan mukulaan *Phoma*-mädän tapaista vioittumaa.