

# ERÄIDEN RISTISIITTOISTEN VILJELYKASVIEN JALOSTUKSESTA YHDYSVALLOISSA.

JUHANI PAATELA.

*Maatalouskoelaitos, kasvinviljelysosasto, Tikkurila.*

Saapunut 18. 11. 1949.

Kuten tunnettua, ovat itsesiittoiset viljelykasvijalosteet samasiinnöksisiä eli homozygoottisia. Ne on yleensä kehitetty valikoimalla jossain määrin erilaisten puhtaiden linjojen muodostamista maatiaiskannoista tai risteyttämällä aikaansaaduista populaatioista edullisimpaan suuntaan poikkeavat yksilöt, ja niitä mahdollisesti edelleen käytetty aineistona risteytyksissä. Valinta jalosteista, sikäli kun ne todella ovat ns. puhtaita eli jakautumattomia linjoja, on — ellei mutaatioita tapahdu — hyödytöntä. Ristisiittoiset kasvit eli allogaamit sen sijaan kasvavat populaatioina, jotka ovat erisiinnöksisien eli heterozygoottien muodostamia. Niiden keskuudessa valinta jalosteistakin saattaa johtaa selvään tulokseen. Parhaisiin tuloksiin pyrittäessä kasvinjalostajan on kuitenkin valinnan lisäksi suoritettava myös risteytystä. Meillä tämä on ristisiittoisilla kasveilla tapahtunut tähän mennessä useaa erilaista menetelmää, pääasiassa kuitenkin ns. perhejalostusta käyttäen, kuten SAULIN (43) oppikirjasta ja siihen liittyvän kirjallisuusluettelon julkaisuista käy selville. — Yhdysvalloissa ristisiittoisten kasvien jalostuksessa on saavutettu varsin arvokkaita tuloksia. Itsesiitos (*selfing, self-pollination, inbreeding*) näyttelee etenkin maissin, mutta myös sokerijuurikkaan jalostuksessa tärkeätä osaa. Nurmikasvien jalostuksessa itsesiitoksella on vähemmän merkitystä, melkoinen osa  $F_1$ -polven huomattavasta kasvuvoimasta kun voidaan niillä saavuttaa jo heterozygoottisia kantoja sopivasti yhdistämällä. Kun kyseinen jalostustapa on melko uusi, ja kun sen tuntemisella todennäköisesti on merkitystä myös meidän maassamme, luodaan seuraavassa lyhyt katsaus itsesiitokseen ja kantojen sopivaan kombinoitumiseen (*combining ability*), sekä esitetään lähinnä maissin, sokerijuurikkaan ja eräiden nurmikasvien jalostuksessa käytettäviä menetelmiä.

*Itsesiitoksesta ja kantojen sopivasta kombinoitumisesta.*

Itsesiittoiset kasvit hedelmöittyvät normaalisti oman kukan siitepölystä ristisiitoksen ollessa yleensä melko harvinainen. Ristisiittoisten kasvien keskuudessa taas ristisiitos on tavallinen. Itsesteriilisyys tai -fertiilisyys saattavat kuitenkin huomattavasti vaihdella vieläpä saman kasvilajin puitteissa. Niinpä esim. puna-apila on useimmiten täysin itsesteriili, kun taas esim. sinimailasesta tavataan kantoja, joissa itsesteriilisyys on yli 95 %, mutta myös sellaisia, joissa itsefertiilisyys on jopa 92 % (54, 55, 57). Jos enemmän tai vähemmän itsefertiilit ristisiittoiset kasvit pakotetaan itsesiitokseen, niiden siementuotanto samoin kuin kasvuvoima yleensä heikkenee. Eri kasvilajien vieläpä saman kasvilajin eri kantojen ja niiden yksilöiden kesken heikkeneminen saattaa suuresti vaihdella. Selvintä se yleensä on 1—3 itsesiitospolvien aikana, sen jälkeen vähäisempää, kunnes 5—8 itsesiitospolven jälkeen ei todeta enää mitään tai vain hyvin vähän muutoksia kasvustossa. On saavutettu käytännöllisesti katsoen puhdas, homozygoottinen linja. Itsesiitoksella on huomattava merkitys etenkin talven- ja taudinkestäviä kantoja jalostettaessa (12, 13, 22, 54, 57). Suurin käytännöllinen merkitys sillä kuitenkin on siinä kasvuvoimassa, joka ilmenee, kun kaksi itsesiitoksella aikaansaatuja linjaa risteytetään keskenään. Esim. maissilla on löydetty useiden tuhansien puhtaiden tai käytännöllisesti katsoen homozygoottisten linjojen joukosta sellaisia, jotka keskenään risteytettynä tuottavat  $F_1$ -polvessa jopa 35 % suuremman siemensadon kuin alkuperäiset emokannat, ja esim. sinimailasan  $F_1$ -hybridit ovat tuottaneet jopa 40 % suurempia rehusatoja ja sokerijuurikas yli 30 % suurempia sokerisatoja kuin alkuperäiset emokannat ennen itsesiitoksen alkamista (22, 50, 54, 58). Usein tällaisista risteytyksistä saadaan  $F_1$ -polvessa kuitenkin yksilöitä, jotka tuottavat vain saman verran tai vieläpä vähemmän kuin alkuperäiset emokannat ennen itsesiitoksen alkamista. Itsesiitoksen johdosta tapahtuvan heikkenemisen,  $F_1$ -polvessa ilmenevän joskus yllättävän suuren kasvuvoiman ja sen heikkenemisen sekakasvuston tasolle seuraavissa polvissa otaksutaan yleisesti perustuvan polymeeristen geenien täydelliseen tai osittaiseen dominanssiin. Eräissä tapauksissa ilmiö voidaan selittää täydentävien eli komplementti-geenien tai moniparisten alleelien avulla. Itse ilmiö, joka on todettu myös useilla itsesiittoisilla kasveilla, tunnetaan nimellä heteroosis — *hybrid vigor, heterosis* — (9, 10, 17, 26, 28—30, 39—42, 49—51, 58).

Kyllin usean perättäisen sukupolven aikana suoritetun itsesiitoksen johdosta saadaan hyvin homozygoottisia linjoja, mutta ne saattavat olla puhtaita *e r i l a i s t e n* polymeeristen, esim. satoa määräävien geenien suhteen. Siten risteytyksessä  $AAbbCCddEEff \times aaBBccDDeeFF$ , jossa isot kirjaimet esittävät satoisuuteen vaikuttavia kumulatiivisia geneja, pienet niiden alleeleja, saataisiin siinnös  $AaBbCcDdEeFf$ , joka tavallisen dominanssin vallitessa olisi paljon satoisampi kuin kumpikaan vanhemmaislinjoista. Risteytyksessä  $AAbbCCddEEff \times AAbbCCddeeff$  taas saataisiin siinnös  $AAbbCCddEeff$ , joka ehkä olisi hiukan satoisampi huonompaa vanhemmaislinjaa, mutta ei niin satoisa kuin parempi vanhemmista. Edellisessä tapauksessa geenit sattuvat kombinoitumaan paljon edullisemmin kuin jälkimmäisessä. Tämä *polymeeristen geenien sopiva kombinoituminen onkin*

nykyisin eräs Yhdysvaltain kasvinjalostajien tärkeimmistä tutkimuskohteista, olivatpa kysymyksessä enemmän tai vähemmän itsesiitetyt tai täysin heterozygoottiset kannat (11, 20, 23, 26, 37, 38, 47, 57). Monet ominaisuudet, kuten esim. koko, satoisuus, sokeri-, öljy- ja valkuaispitoisuus jne. määräytynevät yleensä hyvin useiden polymeeristen geenien yhteisvaikutuksesta (3, 27, 44, 48), kuten seuraavien esimerkkien perusteella voidaan aavistaa: maissilla on määritetty yli 100 geeniä, jotka vaikuttavat lehtivihreän kehittymiseen, ja viljaruosteesta (*Puccinia graminis tritici*) tunnetaan tähän mennessä yli 200 patogeenistä rotua, joiden kestävyden eri kasveissa määrännevät useat kymmenet geenit (26). Täten on käsiteltävissä ne suuret sadonlisäykset  $F_1$ -polvessa, jotka edellä on mainittu parhaissa tapauksissa saadun. Täten käy ymmärrettäväksi myös se käytännössä tärkeäksi osoittautunut seikka, että jalostusaineistoa koottaessa on syytä lähteä mahdollisimman laajalta pohjalta, ts. on käytettävä jalostusta alettaessa materiaalia, joka edustaa huomattavan suuria eroja erilaisten kvantitatiivisia ominaisuuksia määräävien geenien kokoonpanossa. Niinpä esim. ANDRES ja BASCIALLI (1940) ovat saaneet useiden puhtaiden maissilinjojen risteilyksissä  $F_1$ -polvessa paremmin tuotavia hybridejä aineistosta, jossa oli sekä pohjois-amerikkalaisia että argentiinalaisia linjoja, kuin kummankin linjaryhmän puitteissa yksinään. Tämä käy selvästi ilmi oheisesta asetelmasta (26):

Alkuperä	Linjoja kpl.	Sato kg/ha	
		Korkein	Keskimäärin
Pohjois-Amerikka .....	15	5 155	3 871
Argentiina .....	48	5 566	3 618
Pohj.Amer. × Argent. ....	34	5 694	4 317

Myös The Great Western Sugar Companyn toimesta Coloradossa neljällä paikkakunnalla vuosina 1947—1948 suoritetuissa kokeissa saadut, toistaiseksi julkaisematomat koetulokset osoittavat, mikä merkitys kyllin laajalla jalostusaineistolla saattaa olla. Niinpä useat eri puolilta Eurooppaa hankitut ja enemmän tai vähemmän itsesiitetyt kannat yhdessä parhaiden amerikkalaisten linjojen kanssa antoivat jopa yli 30 % suuremman sokerisadon kuin neljä maanviljelijöiden yleisesti suosimaa jalostetta keskimäärin. Muutamien lupaavimpien kantojen sadot suhdeluvuin ilmaistuna käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta (kaupalliset kannat keskimäärin = 100):

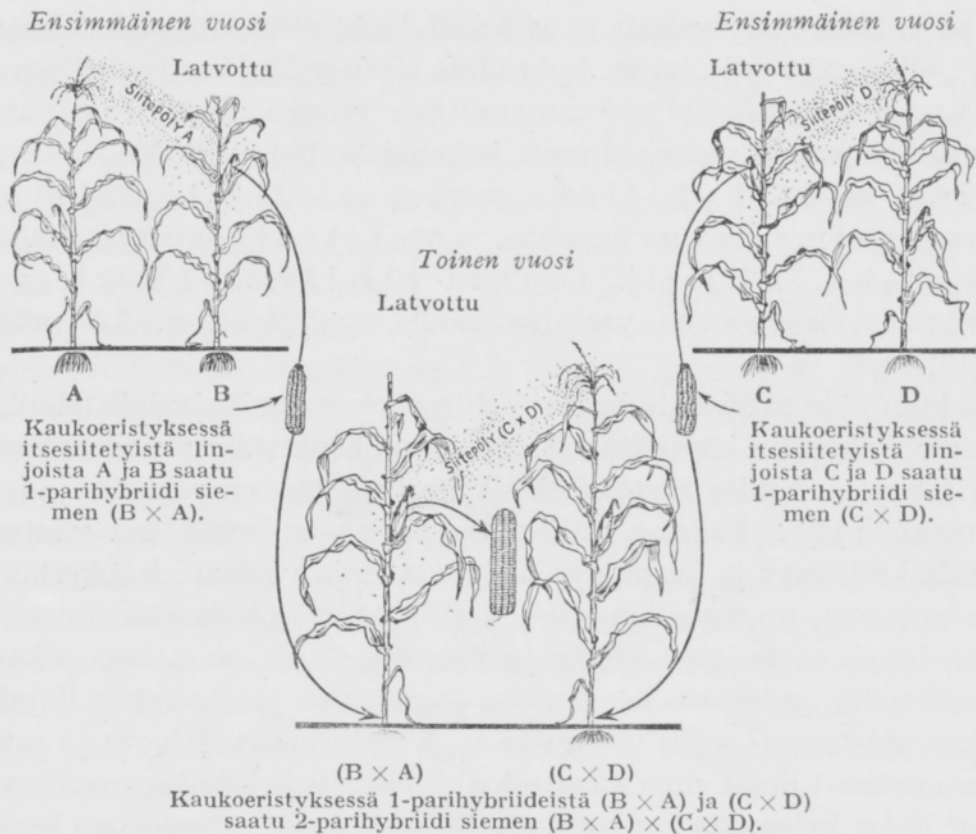
Kanta	Juurikassato	Sokeripitoisuus	Sokerisato
C 304 .....	121.8	107.3	130.6
C 279 .....	116.7	104.9	122.5
C 305 .....	117.8	101.2	119.2
10 parasta keskim. ....	111.5	102.3	114.1
Varma ero .....	4.9	2.1	5.5

#### Maissin jalostuksesta.

Ristisiittoisten viljelykasvien jalostus itsesiitosta ja risteytystä käyttäen on menetelmä, joka Yhdysvalloissa on tähän mennessä antanut parhaat tulokset mais-

silla. Niinpä v. 1948 Yhdysvaltain n. 34.5 milj. ha käsittävästä maissialasta kylvettiin n. 75 % eli n. 25.9 milj. ha ns. hybridiillä siemenellä. Varsinaisella maissivyöhykkeellä vastaava %-luku viimeksi mainittuna vuonna oli n. 94 ja Iowassa, Yhdysvaltain tärkeimmässä maissivaltiossa kokonaista 100 % (1, 32). Näin ollen se sadonlisä, mikä hybridiä maissia viljelemällä nykyisin vuosittain saavutetaan, on erittäin suuri, erään arvion mukaan v. 1943 n. 17 milj. tonnia eli lähes 1/4 ko. vuoden koko siemensadosta vastaten sioille syötettynä n. 3.3 milj. tonnia sianlihaa (19).

Ennen kuin näin satoisia hybridejä eli sopivia maissilinjayhdistelmiä voidaan tuottaa maanviljelijöiden käyttöön, on ensinnäkin hankittava sopivasti kombinoituvia puhtaita linjoja. Niiden löytämiseksi Yhdysvalloissa on valikoitu ja itsesiitetty tuhansia maissilinjjoja. Pääosaa valinnassa parina ensimmäisenä vuotena näyttelevät taudinkestävyys ja kestävyys hyönteistuhoja vastaan, laonkestävyys sekä yleinen kasvuvoima, myöhemmin linjojen puhdistuttua lisäksi satoisuus ja sadon laatu. Kun lukuisien linjojen viljely ja itsesiitos 6—7 sukupolven aikana vaatii tavattomasti työtä, on otettu käytäntöön menetelmä, jonka avulla linjojen satoisuus saadaan alustavasti määritetyksi jo 1—3 itsesiitoksen jälkeen ja satoisuuden suhteen huonoimmat linjat siten karsituiksi aineistosta jo jalostuksen alkuvaiheessa. Tutkittavat linjat kylvetään kaukoeristetylle koalueelle vertailevaan kenttäkokeeseen siten, että mittarilajike — jokin yleisesti tunnettu ja hyvin kombinoituva lajike — kylvetään joka toisen linjan väliin sekä koko kokeen ympärille (*top cross nursery*). Mittarilajikkeen ruudut voidaan kylvää siten, että kukin esim. 3-rivisen ruudun riveistä kylvetään eri aikoina muutaman päivän väliajoin. Tällöin siitepölyn muodostuminen koko kukkimisaikana varmistuu, olivatpa tutkittavat linjat mittarilajiketta hiukan aikaisempia tai myöhäisempia. Itse tutkittavista linjoista nimittäin poistetaan hedetähdät niiden ilmestyttyä, joten kukin linja hedelmöittyy vain mittarilajikkeen siitepölystä. Eri koejäsenten kerrannaisruutujen siemensadot yhdistetään ja kylvetään seuraavana vuonna vertailevaan kokeeseen, jossa koejäsenten järjestys kussakin kerrannaisessa määrätään arpomalla. Tämän kokeen perusteella valitaan satoisimmat ja muuten moitteettomat linjat edelleen jalostettaviksi.  $I_{4-5}$  jälkeen suoritetaan kaikki mahdolliset jäljellä olevien linjojen väliset risteytykset. Mahdollisten kombinaatioiden lukumäärä saadaan kaavasta  $n(n-1):2$ , jossa  $n$  on linjojen lukumäärä. Jos esim. tutkittavana on 10 linjaa, saadaan 45 erilaista yhdistelmää. Risteytykset suoritetaan käsin verhoeristystä käyttäen. Kahdena seuraavana kesänä suoritetaan vertailevat kokeet parhaiden 1-parihybridiiden (*single cross*) ja parina seuraavana kesänä parhaiden 2-parihybridiiden (*double cross*) löytämiseksi. Hybridiin maissin viljelemiseksi käytännön viljelyksillä 2-pariristeytys, esim.  $(A \times B) \times (C \times D)$  on välttämätön. Siinä nimittäin hybridiin kasvuvoima saadaan vielä  $F_2$ -polvessa pysymään lähes samana kuin  $F_1$ -polvessa, mutta siementuotanto on monin verroin halvempaa ja siemenen tuottamisessa tullaan toimeen pienemmällä peltoalalla kuin 1-parihybridiä siementä käytettäessä. Kaavan  $n(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3): 8$  mukaan saadaan 2-pariristeytyksien lukumääräksi 630, jos tutkittavana on esim. 10 linjaa, ja 14 535, jos linjoja on 20. Onneksi 1-pari-



Kuva 1. Hybridiin maissin siemenviljelyn vaiheet kaavamaisesti esitettynä (MARTININ ja LEONARDIN mukaan).

hybridiin sadon perusteella voidaan tyydyttävän tarkasti laskea 2-parihybridiin todennäköinen satoisuus, joten 2-pariristeytyksistä ei tarvitse suorittaa kuin ne, jotka laskutulosten perusteella osoittautuvat parhaiksi. Jos esimerkiksi käytettävissä on 4 linjaa A, B, C ja D, ne voidaan risteyttää seuraavasti:  $A \times B$ ,  $A \times C$ ,  $A \times D$ ,  $B \times C$ ,  $B \times D$  ja  $C \times D$ . Käänteisiä risteytyksiä ei ole esitetty, koska on osoitettu, että saadaan sama tulos, oli siitepölyn tai siemenen tuottajana esim. linja A tai B, ts. että  $A \times B = B \times A$ . Nämä 1-parihybridit taas voidaan risteyttää siten, että saadaan seuraavat 2-parihybridit:  $(A \times B) \times (C \times D)$ ,  $(A \times C) \times (B \times D)$  ja  $(A \times D) \times (B \times C)$ . Esim. ensiksi mainitun 2-parihybridiin todennäköinen sato saadaan 1-pariristeytyksien  $A \times C$ ,  $A \times D$ ,  $B \times C$  ja  $B \times D$  keskiarvosta (22, 23). Parhaiden teoreettisten satojen mukaiset risteytykset suoritetaan ja hybridiin satoisuus samoin kuin muut viljelyominaisuudet määritetään vertailevissa kenttäkokeissa. Parhaan kombinaation antaneet 4 linjaa valitaan uuden kannan emolinjoiksi ja niiden siementä aletaan tuottaa jalostajan toimesta maanviljelijöitä varten. Kunkin linjan siemen tuotetaan kaukoeristetyllä lohkokolla, tai jos linjoja on useita, itsesiitosta ja verhoeristystä käyttäen. Siltä varalta, että puhtaaseen linjaan sattuisi pääsemään vierasta perintöainesta, linjojen aitous tarkastetaan joka vuosi seuraavasti: Syksyllä valitaan kustakin itsesiitetyistä linjasta esim. 30 linjalle luonteenomaista tähkää. Kukin tähkä numeroidaan ja puidaan erikseen. Seuraavana keväänä kylvetään näin saadut siemenet kukin omaan riviinsä. Ennen kukkimisajan alkamista yksilöt tarkastetaan ja mahdolliset vieraat tyypit



Kuva 2. 2-parihybridin siemenen viljelyä kaukeristyksessä. Tummat rivit ovat latvottuja emikasveja ( $B \times A$ ), jotka hedelmöittyvät joka viidennessä rivissä olevien hedekasvien ( $C \times D$ ) levittämästä siitepölystä. Hybridi siemen korjataan vain emikasveista, hedekasvien siemen syötetään eläimille (MARTININ ja LEONARDIN mukaan).

poistetaan. Kukkumisaikana suoritetaan risteytykset  $1 \times 2$ ,  $2 \times 3$ ,  $3 \times 4$  jne...  $29 \times 30$  ja  $30 \times 1$ . Seuraavana talvena kunkin risteytyksen sato tutkitaan. Mikäli tyyppille kuulumattomia ominaisuuksia ilmenee jossain siennäytteisessä, kumpikin osapuoli poistetaan. Jos esim. tähkä no. 2 on tyyppistä poikkeava, myös tähkä 3, joka tuotti siitepölyn, poistetaan. Kaikki jäljelle jäävät tyyppiin kuuluvat tähkät yhdistetään sen jälkeen ja kylvetään seuraavana keväänä omalle ruudulleen. Syksyllä siitä otetaan taas 30 tyyppille tunnusomaista itsesiitettyä tähkää kuten kahta vuotta aikaisemmin jne. (21, 22, 25, 45). — Maanviljelijät, jotka haluavat tehdä sopimuksen hybridin kylvösiemenen tuottamiseksi, saavat ostaa koelaitoksilta tällaista puhdasta siementä. 1-parihybridistä siementä, esim.  $A \times B$  tai  $C \times D$  tuotettaessa kaukoeristetylle lohkolle kylvetään vuorotellen 1 tai 2 riviä hede- ja emilinjaa. Hedetähkien ilmestyessä ne leikataan sitä mukaa pois emilinjojen yksilöistä, jotka siten hedelmöittyvät vain hedelinjojen siitepölystä. Kylvösiemen korjataan vain emilinjoista. 2-parihybridistä siementä tuotettaessa kaukoeristetylle lohkolle kylvetään vuorotellen 4, 6 tai 8 riviä sitä 1-parihybridistä esim.  $A \times B$ , josta aiotaan ottaa siemen, ja 1—2 riviä esim. hybridistä  $C \times D$ , joka palvelee siitepölyn tuottajana. Muuten on menettelytapa samanlainen kuin 1-parihybridistä siementä tuotettaessa. (Kuvat 1 ja 2.) Yhdysvalloissa kiinnitetään nykyisin vuosittain n. 40 000 työntekijää 2—3 viikon ajaksi tilapäistyöhön poistamaan hedetähkiä tällaisilta siemenviljelyksiltä, joiden kokonaisala nousee n. 80 000 ha:iin. Ko. alalta saadaan n. 250 milj. kg siementä, joka riittää n. 25 milj. ha:n talousviljelyksiä varten (32, 46).

Kasvinjalostajat ovat eri risteytystapoja tutkiessaan osoittaneet, että kahden puhtaan linjan risteytys on satoisin,  $F_1$ -hybridin ja puhtaan linjan risteytys ( $A \times B$ )  $\times C$  toiseksi satoisin 2-pariristeytyksen ollessa kolmanneksi satoisin. Kun viimeksi

mainittu menetelmä tarjoaa parhaan mahdollisuuden melko halvan kylvösiemenen tuottamiseksi, se on käytännössä yleisin. Monipariristeys (*convergent crossing*), jossa esim. 16 linjaa risteytetään ensin parittain keskenään, sitten saadut 8 hybridiä parittain keskenään sekä niiden 2 jälkeläisparia ja lopuksi  $F_3$ -polven 2 jälkeläistä keskenään, sekä ns. synteettinen lajike (*synthetic variety*), joka saadaan kylvämällä useita parhaita itsesiitettyjä linjoja sekaisin, antavat huonoimman tuloksen heteroosis-ilmioon nähden (22, 47).

### *Sokerijuurikkaan jalostuksesta.*

Ensimmäinen sokerijuurikasta raaka-aineenaan käyttävä tehdas Yhdysvalloissa perustettiin Massachusetts'in valtiossa v. 1837, mutta vasta 1890-luvulta lähtien sokerijuurikasta jalostavalla teollisuudella alkoi olla sanottavaa merkitystä. Kylvösiemen tuotettiin Euroopasta, se kun oli siellä halvempaa. Tuotetut kannat eivät kuitenkaan olleet kestäviä erästä virusta (*curlu top*) ja *Cercospora beticola*-sientä vastaan, joista edellinen uhkasi ajan mittaan lopettaa koko sokerijuurikkaan viljelyn Kalliovuorten länsipuolella sijaitsevissa valtioissa jälkimmäisen tuntuvasti alentaessa sadon määrää vuorten itäpuolella. Niinpä esim. v. 1934 keskisato Idahossa oli 1 100 hehtaarilta vain 11 tonnia, ja kokonaista 7 500 hehtaaria kynnettiin (12, 13, 31). Kasvinjalostajien kehitettyä 1920-luvun loppupuolella ensimmäiset taudinkestävät kannat ja kasvinviljelijöiden keksittyä uuden tavan tuottaa halvalla siementä omassa maassa (18, 32, 34, 52) sokerijuurikkaan viljely alkoi jälleen päästä vauhtiin. Jo v. 1937 taudinkestävien kantojen siementä tuotettiin tarpeeksi em. tautien saastuttamille alueille, ja vuoteen 1939 mennessä n. 70 % koko Yhdysvalloissa tarvittavasta kylvösiemenestä tuotettiin omassa maassa. Nykyisin Yhdysvallat tuottavat jo kymmenkunta % maailman vuotuisesta, 12 milj. tonnia käsittävästä juurikassokerisadosta, toimivien sokeritehtaiden lukumäärän ollessa yli 70. Sokerijuurikkaan siementuotannossa on saavutettu omavaraisuus, vieläpä siementä on viety maasta vuodesta 1941 lähtien vientisiemenen määrän noustessa v. 1947 lähes 5 milj. kg:aan, kun tuontisiemenen määrä vielä vv. 1920—1933 oli yleensä lähes 7 milj. kg. vuodessa (1).

Virusta vastaan kestäviä kantoja saatiin valikoimalla viruksen tuhoamilta sokerijuurikaspelloilta useiden kymmenien tuhansien sokerijuurikkaiden joukosta muutamit harvat säästyneet yksilöt. Niiden satoisuus oli aluksi alhainen, vain n. 12 t/ha, myöhemmin, kun kestäviä kantoja risteyttämällä löydettiin paremmin tuottavia yhdistelmiä, n. 38 t/ha. Em. *Cercospora*-sienitautia vastaan kestäviä kantoja taas saatiin aineistosta, joka käsitti 200 eri kannoista valittua muoto-opillisilta ominaisuuksiltaan erilaista linjaa. Niistä 14 osoittautui melko kestäviksi, ja itsesiitoksella niistä saatiin vielä heikko aines poistetuksi valitsemalla kustakin itsesiitossukupolvesta kestävin aines edelleen jalostettavaksi. Kylvämällä kahden parhaiten kombinoituvan linjan siemenseos eristetylle lohkolle saatiin uusia taudinkestäviä ja melko satoisia lajikkeita. Heteroosis-ilmio jäi kuitenkin useissa yhdistelmissä varsin heikoksi. Sokerijuurikasta itsesiitettäessä se nimittäin saattaa muuttua melko itsefertiiliksi, joten kahden tällaisen linjan risteytyksestä voidaan saada

jopa vähemmän kuin 10 % hybridejä siemeniä. Onneksi on löydetty myös sellaisia taudinkestäviä linjoja, joiden hybridit ovat melko satoisia. Tällaisissa tapauksissa on todennäköisesti kysymys linjoista, jotka eivät heikkene sanottavasti itsesiitoksen johdosta, tai jotka ovat kaikkein vähiten itsefertiilejä. Viimeksi mainitut ominaisuudet saattavat tunnetusti vaihdella huomattavasti. Myös voidaan melkoinen taudinkestävyys ja hyvä satoisuus saavuttaa risteyttämällä vain 1—3 vuoden aikana itsesiitettuja linjoja, jotka eivät ole vielä siihen mennessä ehtineet liiaksi heikentyä (12, 13, 49, 50, 58).

Entistä arvokkaammaksi itsesiitos on tullut sokerijuurikkaan jalostusmenetelmänä F. V. OWENIN löydettyä itsesteriilejä juurikkaita ja todettua ko. martouden omaan siitepölyyn nähden (*male sterility*) periytyvän plasmaattista tietä. Täysin itsesteriilien juurikkaiden itsesteriilisyyden johtuu sytoplasmassa olevista tekijöistä. Geeneillä näyttää kuitenkin myös olevan merkitystä martouden syntymisessä ja perintötekijät, jotka sen määräävät, pääsevät vaikuttamaan, resessiivisiä kun ovat, vain esiintyessään homozygoottisina. Niitä voidaan siis merkitä, mikäli niitä on 2 paria, kirjaimin  $xyy$ . Vastaava perua normaaleilla yksilöillä, joiden sytoplasma ei ole itsesteriili, voidaan merkitä niillä yhdeksällä erilaisella yhdistelmällä, jotka saadaan tekijöiden  $Xx$  ja  $Yy$  kombinaatioina. Siten esim. on olemassa yksilöitä, jotka kuuluvat tyyppisiin  $XXYY$ ,  $XxYY$ ,  $XXYy$ ,  $XXyy$  tai  $xxYY$ . Jos tällainen yksilö risteytetään itsesteriilin yksilön kanssa, kaikki jälkeläiset ovat itsefertiilejä. Jos itsesteriili yksilö sen sijaan risteytetään sokerijuurikkaalla, joka kuuluu tyyppiin  $XxYy$ ,  $xxYy$  tai  $Xxyy$ , saadaan jälkeläisiä, jotka huomattavassa määrin ovat itsesteriilejä, ensimmäisessä tapauksessa n. 25 %, molemmissa viimeksi mainituissa n. 50 %. Jos lopuksi sokerijuurikas kuuluu tyyppiin  $xyy$ , ts. se on resessiivinen ja homozygoottinen, saadaan itsesteriilin yksilön kanssa risteytettäessä jälkeläisiä, jotka kaikki ovat itsesteriilejä. Viimeksi mainittu tyyppi on sokerijuurikkaan jalostuksessa arvokkain. Valikoimalla parhaiden taudinkestävien ja enemmän tai vähemmän itsefertiilien kantojen joukosta  $xyy$ -tyyppisiä yksilöitä ja risteyttämällä ne mieluummin samasta kannasta valitun edustavan itsesteriilin yksilön kanssa, sekä saadut hybridit edelleen muutamien sukupolvien aikana takaisin em. normaalin  $xyy$ -tyyppisen linjan kanssa, saadaan jälkeläisiä, jotka kaikissa oleellisissa kohdin ovat ko. linjan kaltaisia, mutta lisäksi itsesteriilejä. Tällaisia itsesteriilejä kantoja on jo jalostettu eräistä parhaista linjoista ja alustavissa kokeissa niiden risteytyksistä on  $F_1$ -polvessa saatu selvästi parempia tuloksia kuin parhaista nykyisin käytössä olevista jalosteista (2, 6, 13, 35, 36). Tämä on selitettävissä siten, että menetelmää käyttäen on  $F_1$ -polvessa ilmenevä heteroosisvaikutus saatu täysin käytetyksi hyväksi. Kun tämän menetelmän avulla voidaan ottaa käytäntöön myös ne lukuisat linjat, joita ei ole voitu tähän mennessä käyttää hyväksi niiden huomattavan itsefertiilisyyden vuoksi, menetelmä avaa huomattavan mahdollisuuden entistä satoisampien yhdistelmien löytämiseksi.

Sokerijuurikkaan viljelykustannuksista harvennus vaatii huomattavan osan. Yhdysvalloissa otettiin 1940-luvulla käytäntöön menetelmä, jonka avulla tavallista kauppassiementä mekaanisesti käsittelemällä sokerijuurikkaan 2—7-pähkyläiset hedelmäryhmät saadaan hajoitetuksi huomattavalta osalta 1-siemenisiksi. Vuonna



1945 jo 50—60 % sokerijuurikkaan kokonaisalasta, lähes 300 000 ha:sta, kylvettiin tällaisella siemenellä. Menetelmää käyttäen kylvösiemenen tarve vähenee noin kolmanteen osaan (n. 15 kg:sta n. 5 kg:aan hehtaaria kohti), joten viljelykustannus pienenee. Suurempi säästö saadaan kuitenkin harvennustyössä, joka ryhmäharvennuksen osalta tapahtuu koneellisesti ajamalla haralla sokerijuurikasrivien poikkisuuntaan, yksilöharvennuksen osalta käsin kuokalla. Yksinomaan koneilla harvennetuilta sokerijuurikasmailta ei ole saatu yhtä hyviä satoja kuin käsin harvennetuilta, mikä johtuu siitä, että siemenen epätasaisen lajitteluasteen vuoksi ei saada syntymään kyllin tasaisia kasvustoja (4, 7, 15, 31, 33, 53). — Myös kasvinjalostajat ovat yrittäneet useiden viime vuosien aikana kehittää 1-pähkyläisiä siemeniä (*single germ seed*) tuottavia yksilöitä. Aivan viime aikoina tämä on onnistunutkin ainakin yhdessä koelaitoksessa, kuten kiertomatkillani Yhdysvalloissa kesällä 1949 saatoin todeta. Myös sellaisia yksilöitä, joissa on vain 1- tai 2-pähkyläisiä siemeniä, on jalostusaineistosta jo löydetty (5, 8). 2-pähkyläisillä siemenillä saattaakin olla suurin merkitys sokerijuurikasta siten viljeltäessä, että harvennusta ei lainkaan suoriteta. 2-pähkyläiset siemenet eivät nimittäin ole litteitä kuten 1-pähkyläiset, joten ensiksi mainittuja on helppo kylvää sellaisella koneella, joka kylvää kuhunkun riviin vain yhden siemenen harvennusetäisyyden, esim. 30 cm:n päähän. 2-pähkyläisestä siemenestä saadaan myös todennäköisemmin täysin tiheä kasvusto kuin 1-pähkyläisestä, sillä sokerijuurikkaan siemenen itävyys on usein alle 80 %. Liian tiheäksi tällainen kasvusto tuskin tulee, sillä kenttäkokein on osoitettu (15), että vaikka joka neljännen juurikkaan vieressä kasvaa toinen, sadon määrä ei vielä pienene. Jos taas ryhmäharvennus suoritetaan ajamalla juurikasrivien poikkisuuntaan moniteräisellä haralla siten, että kunkin teräparin ulkopuolelle jää n. 10 cm, saadaan lopullinen yksilöharvennus 1-pähkyläistä siementä ja kohtuullista siemenmäärää käyttäen helpommin ja nopeammin suoritetuksi kuin mekaanisesti rikottua 1—3-pähkyläistä siementä käyttäen. Tällöin pienenee myös huomattavasti mahdollinen kasvitautien tai tuhoeläinten aiheuttaman harvennuksen vaara, mikä valmiiseen harvennusetäisyyteen kylvettäessä on olemassa.

Kasvinjalostajat pyrkivät osaltaan edistämään sokerijuurikkaan viljelykustannuksien pienentämistä paitsi 1- ja 2-pähkyläisiä siemeniä jalostamalla, myös sokerijuurikkaan muotoa muuttamalla. Pyöreähköt, punajuurikkaan muotoiset juurikkaat ovat nimittäin helpommat nostaa kuin keilamaiset, syvälle tunkeutuvat, jotka sitäpaitsi saattavat katketa etenkin koneella nostettaessa. Tähän mennessä on osoitettu (14, 16), että sokerijuurikkaan muoto saadaan varsin edulliseksi risteyttämällä se ensin punajuurikkaan kanssa ja sitten valkeat sokeripitoisimmat ja muuten moitteettomat jälkeläiset muutaman polven aikana takaisin alkuperäisen sokerijuurikaskannan kanssa. Valkea väri ja sokeripitoisuus näyttävät ainakin jossain määrin olevan kytketyt toisiinsa. Niissä useissa kannoissa, jotka täten menetellen on saatu, sokeripitoisuus on jäänyt pari prosenttia pienemmäksi kuin alkuperäisissä sokerijuurikaskannoissa, mutta satoisuus on toisaalta saattanut jonkin verran lisääntyä. — Toinen tapa, jolla pyritään löytämään sopivan muotoisia sokerijuurikkaita, on itsesiitos. Kun sokerijuurikkaan kantavanhempien joukossa oli nykyisen kiilamaisen lisäksi myös omenan sekä päärynän muotoisia juurikkaita,

kun ACHARD — sokerijuurikasteollisuuden isä — 1700-luvun lopulla valitsi silloisesta monimuotoisesta populaatiosta sokeripitoisimmat, on mahdollista, että ko. tyytit saadaan ainakin laajasta aineistosta itsesiitoksella vielä esille (12, 13).

Sokerijuurikkaan jalostuksesta puhuttaessa on lopuksi mainittava polyploidia. Useita tetraploidisia kantoja on kehitetty, mutta niiden tuottama sokerisato ei ole ollut suurempi kuin vastaavien diploidistenkaan. Tetraploidiset kannat ovat tosin tuottaneet suurempia juurikassatoja kuin vastaavat diploidiset, mutta sokeripitoisuus taas on ollut diploidisten kantojen sokeripitoisuutta alhaisempi. Triploidiset kannat sen sijaan, jotka on saatu edellisten risteytyksistä, näyttävät lupaavilta (13).

### *Nurmikasvien jalostuksesta.*

Yhdysvalloissa on kokeiltu itsesiitosta myös nurmikasvien jalostuksessa, ja useiden enemmän tai vähemmän itsesiitettyjen linjojen risteytykset ovat  $F_1$ -polvessa tuottaneet suurempia satoja kuin alkuperäiset heterozygoottiset kannat (24, 54). Eräistä nurmikasveista (esim. puna-apila, timotei) on kuitenkin vaikea löytää riittävästi itsefertiilejä linjoja, toisaalta taas eräät muut nurmikasvit saattavat olla niin itsefertiilejä, että niiden itsesiitettyjen linjojen sato  $F_1$ -polvessa on jopa selvästi alhaisempi kuin alkuperäisten kantojen ennen itsesiitoksen alkamista. Jos halutaan saada mahdollisimman satoisa  $F_1$ -polvi, risteytettävien itsesiitettyjen linjojen tulee olla varsin itsesteriilejä, mutta tällöin taas siementuotanto on niin heikkoa, että tarvitaan varsin suuri aineisto riittävän jälkeläispolven saamiseksi. H. M. TYSDALIN osoitettua (55, 57), että ainakin sinimailasella varsin huomattava heteroosis-vaikutus voidaan saada myös risteyttämällä kaksi täysin heterozygoottista kantaa keskenään, nurmikasvien jalostus näyttää suuntautuneen hyvin kombinoituvien linjojen löytämiseen.  $F_1$ -hybridin kasvuvoima riippuu paitsi risteytettävien linjojen kombinoitumisesta (*combining ability*) myös niiden itsesteriilisyydestä. Mitä sopivammin kaksi tervettä linjaa yhdistyvät ja mitä suurempi on niiden itsesteriilisyyssaste, sitä todennäköisempää on, että ko. risteytyksestä saadaan satoisa  $F_1$ -polvi. Kun useimmat nurmikasvit ovat monivuotisia ja niitä voidaan lisätä kasvullisesti, itsesiitos niiden säilymisen kannalta ei ole lainkaan välttämätön, kuten esim. maissin jalostuksessa. Näin ollen nurmikasvien jalostuksessa on ainakin toistaiseksi luovuttu hankalasta itsesiitoksesta, ja sitä käytetään enää vain esim. mahdollisimman taudin- tai talvenkestäviä kantoja etsittäessä.

Nurmikasvien jalostus tapahtuu nykyisin yleensä seuraavan pääperiaatteen mukaisesti: Valitaan mahdollisimman laaja aineisto, joka istutetaan sopivalle koe-kentälle. Ensimmäinen karsinta aineistosta suoritetaan pääasiassa sen taudin- ja talvenkestävyyden perusteella tautitarhassa (*epidemic nursery*). Jalostettavasta kasvilajista riippuen sille ominaiset tärkeimmät kasvitaudit istutetaan koalueelle esim. ruiskuttamalla muualta kerättyjen tautisten kasvien vesiuutetta koekasveille, tai niiden väliin istutetun ko. taudeille herkän kannan yksilöille, joista tauti pääsee leviämään itse kokeiltaville kasveille. Eräissä tapauksissa tutkittavat linjat voidaan

upottaa ennen istutusta juuriaan myöten em. vesiuutokseen. Kestävimmiksi osoitautuvat linjat istutetaan uudelleen ns. jalostustarhaan (*breeding nursery*), jossa linjojen itsesteriilisyys ja tärkeimmät viljelyominaisuudet kombinoitumista ja rehusatoa lukuunottamatta tutkitaan alustavasti. Parhaat yksilöt valitaan edelleen alustavan kombinoitumisen ja satoisuuden määrittämistä varten, lisätään kasvullisesti ja jaetaan klooneihin tai pistokkaisiin, jotka istutetaan kerrannaisruutuihin tasaisesti hajalleen eri puolille kaukoeristystä, ns. klooniruudustoa (*polycross nursery*). Jos kertauksia on useita, osa niistä käytetään linjojen alustavan rehusadon sekä muiden tähän asti tutkittujen viljelyominaisuuksien tarkempaa määrittämistä varten. Pääosa kertauksista käytetään kuitenkin siemenen tuottamiseen. Kun tutkittavat linjat ovat mahdollisimman itsesteriilejä, ja kun ne sijaitsevat tasaisesti hajallaan koealueella, jokaisella linjalla on käytännöllisesti katsoen yhtä suuri mahdollisuus risteytyä kaikkien muiden linjojen siitepölyllä. Kunkin linjan kombinoituminen tulee täten määritetyksi kaikkien muiden linjojen keskimääräisen kombinoitumisen avulla. Kerrannaisten tuottama siemen nimittäin yhdistetään, ja näin saadut siemenerät kylvetään vertailevaan kenttäkokeeseen, jonka antamien tuloksien perusteella klooniruudustosta valitaan kymmenkunta parasta koejäsentä lopullisia pariristeytyksiä varten. Kukin risteytys suoritetaan omassa kaukoeristyksessään, ja parhaat linjat valitaan vertailevan kenttäkokeen antamien tuloksien perusteella lopullista 2-parihybridiä tai synteettistä lajiketta varten. Aikaisemmin on jo maissin yhteydessä selostettu, miten 1-pariristeytyksien tuloksien perusteella voidaan teoreettisesti laskea parhaat 2-parihybridit. Käytännössä tällaista hybridiä siementä voidaan tuottaa esim. istuttamalla kaukoeristykseen kahden parhaan linjan A ja B klooneja vuorotellen riveihin. Saatu siemen  $A \times B$ , ja toisesta kaukoeristyksestä linjoista C ja D vastaavasti saatu siemen  $C \times D$  sekoitetaan yhteen suhteessa 1 : 1 edellyttäen, että siemenien itävyys on lähimain sama, ja kylvetään kaukoeristykseen. Saatu siemen myydään maanviljelijöille käytännön viljelyksiä varten. Hybridiin siemenen käytön edullisuutta lisää se, että esim. varsin talvenkestävän kannan siemen voidaan viljellä varsinaista viljelyaluetta etelämpänä, missä olosuhteet saattavat olla suotuisimmat suurten siemensatojen tuottamiselle, ilman että kannan talvenkestävyys huononee (32,54—57). — Satoisimpia yhdistelmiä etsittäessä koeruuduille jää arvokasta aineistoa, josta parhaat siirretään uudelleen perustettavaan klooniruudustoon, johon myös hankitaan muista valtioista tai koelaitoksista uutta aineistoa liian läheisen siitoksen mahdollisesti aiheuttaman haitallisen vaikutuksen estämiseksi.

Edellä on esitetty ristisiittoisten viljelykasvien, lähinnä maissin, sokerijuurikkaan sekä nurmikasvien jalostusmenetelmiä, joita käyttäen Yhdysvalloissa on tähän mennessä saavutettu varsin edullisia tuloksia. Menetelmiä kokeillaan myös jo useiden muiden maiden koelaitoksilla. Esim. Tanskassa klooniruudustomenetelmä on osoittautunut varsin käyttökelpoiseksi, ja myös Ruotsissa se otetaan lähiaikoina käytäntöön. Meidän maassamme esitetyt menetelmät soveltunevat ainakin nurmi- ja juurikasvien sekä rukiin jalostuksessa.

## KIRJALLISUUTTA.

- (1) AGRICULTURAL STATISTICS 1948. U.S. Dep. of Agriculture. 752 p. Washington D.C. 1949.
- (2) ARTSCHWAGER, ERNST 1947. Pollen Degeneration in Male-Sterile Sugar Beets, with Special Reference to the Tapetal Plasmodium. Erip. Jour. Agr. Res., 75, p. 191—197.
- (3) BOYCE, S. W. 1946. Estimation of Genes in Inheritance of Quantitative Characters. Nature, 157, p. 657.
- (4) BREWBAKER, H. E., WOOD, R. R. & BUSH, H. L. 1946. Agronomic Studies Related to Mechanization of Sugar Beet Culture. Erip. Proceed. Amer. Soc. Sugar Beet Technol., p. 121—128.
- (5) ——— 1946. Single-Germ Seed. Ibid., p. 259—262.
- (6) ——— & WOOD, R. R. 1948. A Preliminary Test of the Efficiency of a Modified Gamete-Selection Method for Breeding Sugar Beets. Ibid., 4 p.
- (7) BUSH, H. L. & BREWBAKER, H. E. 1946. Size of Seedball in Relation to Yield of Sugar Beets. Ibid., p. 270—272.
- (8) ——— 1948. Field Compared with Blotter Germinations for Processed, Graded, Single- and Double-Germ Seed. Ibid., 8 p.
- (9) COFFMAN, F. A. & WIEBE, G. A. 1930. Hybrid Vigor in Oats. Jour. Amer. Soc. Agron., 22, p. 848—860.
- (10) ——— & DAVIS, L. L. 1934. Heterosis or Hybrid Vigor in Oats. Ibid., 26, p. 318—327.
- (11) COMSTOCK, R. E., ROBINSON, H. F. & HARVEY, P. H. 1949. A Breeding Procedure Designed to Make Maximum Use of both General and Specific Combining Ability. Agr. Jour., 41, p. 360—367.
- (12) COONS, G. H. 1936. Improvement of the Sugar Beet. Yearbook of Agriculture 1936, p. 625—656. U.S.D.A. Washington D.C.
- (13) ——— 1949. The Sugar Beet: Product of Science. Erip. The Scientific Monthly, LXVIII, No. 3, p. 149—164.
- (14) DEMING, G. W. 1946. A Comparison of Selected and Random Advanced Generations of Hybrid Beet Strain 520. Erip. Proceed. Amer. Soc. Sugar Beet Technol., p. 190—196.
- (15) ——— 1946. Sugar Beet Populations in Relations to Yields. Ibid., p. 474—494.
- (16) ——— 1948. Breeding Sugar Beets With Root Conformation Adapted to Machine Harvest. Ibid., p. 187—191.
- (17) EAST, E. M. 1936. Heterosis. Genetics, 21, p. 375—397.
- (18) ELCORK, HARRY A. & OVERPECK, JOHN C. 1933. Methods of Producing Sugar Beet Seed in Southern New Mexico. New Mexico Agr. Exp. Sta. Bull. No. 207, p. 1—29.
- (19) GARBER, R. J. 1945. Plant Breeding in Relation to Human Nutrition. Erip. Science, 101, p. 288—293.
- (20) GREEN, JOHN M. 1948. Inheritance of Combining Ability in Maize Hybrids. Jour. Amer. Soc. Agron., 40, p. 58—63.
- (21) HAYES, H. K. & JOHNSON, I. J. 1939. The Breeding of Improved Selfed Lines of Corn. Ibid., 31, p. 710—724.
- (22) ——— & IMMER, F. R. 1942. Methods of Plant Breeding. 432 p. New York.
- (23) ———, MURPHY, R. P. & RINKE, E. H. A. 1943. A Comparison of the Actual Yield of Double Crosses with their Predicted Yield from Single Crosses. Jour. Amer. Soc. Agron., 35, p. 60—65.
- (24) ——— & SCHMID, A. R. 1943. Selection in Self-Pollinated Lines of *Bromus inermis* Leyss., *Festuca elatior* L., and *Dactylis glomerata* L. Ibid., 35, p. 934—943.
- (25) ———, RINKE, E. H. & TSIANG, Y. S. 1944. The Development of a Synthetic Variety of Corn from Inbred Lines. Ibid., 36, p. 998—1000.
- (26) ——— 1946. Yield Genes, Heterosis and Combining Ability. Erip. The American Naturalist, LXXX, p. 430—445.
- (27) JENKINS, MERLE T. 1940. The Segregation of Genes Affecting Yield of Grain in Maize. Jour. Amer. Soc. Agron., 32, p. 55—63.

- (28) KIME, P. H. & TILLEY, R. H. 1947. Hybrid Vigor in Upland Cotton. *Ibid.*, 39, p. 308—317.
- (29) KRANTZ, F. A. 1946. Potato Breeding Methods. *Minn. Agr. Exp. Sta. Techn. Bull. No. 173*, p. 1—24.
- (30) LARSON, RUSSELL E. 1944. The Extent of Hybrid Vigor in  $F_1$  and  $F_2$  Generations of Tomato Crosses. *Ibid.*, No. 164, p. 1—32.
- (31) LILL, J. G. 1939. Sugar Beet Culture in the Humid Area of the United States. *U.S.D.A. Farm. Bull. No. 1637*, p. 1—49.
- (32) MARTIN, JOHN H. & LEONARD, WARREN H. 1949. Principles of Field Crop Production, p. 331—396, 659—684, 964—985. New York.
- (33) NELSON, R. T. & WOOD, R. R. 1948. Results on Different Seeding Rates of Sugar Beets as Affecting Yield and Hand Labor Requirements. *Erip. Proceed. Amer. Soc. Sugar Beet Technol.*, 4 p.
- (34) OVERPECK, JOHN C. & ELCOCK, HARRY A. 1937. Sugar-Beet Seed Production Studies in Southern New Mexico 1931—1936. *New Mexico Agr. Exp. Sta. Bull. No. 252*, p. 1—28.
- (35) OWEN, F. V. 1945. Cytoplasmically Inherited Male-Sterility in Sugar Beets. *Jour. Agr. Res.*, 71, p. 423—440.
- (36) ——— 1948. Utilization of Male Sterility in Breeding Superior-Yielding Sugar Beets. *Erip. Proceed. Amer. Soc. Sugar Beet Technol.*, p. 156—161.
- (37) PAYNE, K. T. & HAYES, H. K. 1949. A Comparison of Combining Ability in  $F_2$  and  $F_3$  Lines of Corn. *Agron. Jour.*, 41, p. 383—388.
- (38) PINNELL, EMMET L. 1943. The Variability of Certain Quantitative Characters of a Double Cross Hybrid in Corn as Related to the Method of Combining the Four Inbreds. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, 35, p. 508—514.
- (39) RIDDLE, O. C. & SUNESON, C. A. 1944. Crossing Studies with Male-Sterile Barley. *Ibid.*, 36, p. 62—65.
- (40) RILEY, HERBERT PARKES 1948. Introduction to Genetics and Cytogenetics. 596 p. New York.
- (41) ROBINSON, H. F., COMSTOCK, R. E. & HARVEY, P. H. 1949. Estimates of Heritability and the Degree of Dominance in Corn. *Agron. Jour.*, 41, p. 353—359.
- (42) ROSENQUIST, C. E. 1931. Hybrid Vigor in Wheat. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, 23, p. 81—105.
- (43) SAULI, J. O. 1947. Kasvinjalostuksen perusteista ja menetelmistä. 139 p. Helsinki.
- (44) SMITH, HAROLD H. 1944. Recent Studies on Inheritance of Quantitative Characters in Plants. *Bot. Rev.*, 10, p. 349—382.
- (45) SPRAGUE, G. F. 1941. Building New Corn Hybrids. *Erip. Farm Science Reporter. Oct.*, p. 7—9. Iowa.
- (46) ——— 1942. Production of Hybrid Corn. *Iowa Agr. Exp. Sta. Bull. No. P48*, p. 556—582.
- (47) ——— & JENKINS, MERLE T. 1943. A Comparison of Synthetic Varieties, Multiple Crosses, and Double Crosses in Corn. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, 35, p. 137—147.
- (48) ——— & BRIMHALL, B. 1949. Quantitative Inheritance of Oil in the Corn Kernel. *Agron. Jour.*, 41, p. 30—33.
- (49) STEWART, DEVEY, LAVIS, C. A. & COONS, G. H. 1940. Hybrid Vigor in Sugar Beets. *Jour. Agr. Res.*, 60, p. 715—738.
- (50) ———, GASKILL, JOHN O. & COONS, G. H. 1946. Heterosis in Sugar Beet Single Crosses. *Erip. Proceed. Amer. Soc. Sugar Beet Technol.*, p. 210—222.
- (51) SUNESON, C. A. & RIDDLE, O. C. 1944. Hybrid Vigor in Barley. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, 36, p. 57—61.
- (52) TOLMAN, BION & SMITH, CLIFTON H. 1943. Sugar Beet Seed Growing in Utah. *Utah Agr. Coll. Ext. Serv. N.S. 118*, p. 1—22.
- (53) ——— & STOUT, MYRON 1944. Sheared Sugar Beet Seed with Special Reference to Normal and Abnormal Germination. *Erip. Jour. Amer. Soc. Agron.*, 36, p. 749—759.
- (54) TYSDAL, H. M., KIESSELBACH, T. A. & WESTOVER, H. L. 1942. Alfalfa Breeding. *Nebr. Agr. Exp. Sta. Bull. No. 124*, p. 1—46.
- (55) ——— & ——— 1944. Hybrid Alfalfa. *Erip. Jour. Amer. Soc. Agron.*, 36, p. 649—667.

- (56) ——— 1947. Breeding Better Alfalfa. Erip. Yearbook of Agriculture 1943—1947, p. 433—438. U.S.D.A. Washington D.C.
- (57) ——— & CRANDALL, BLIOS H. 1948. The Polycross Progeny Performance as an Index of the Combining Ability of Alfalfa Clones. Erip. Jour. Amer. Soc. Agron., 40, p. 293—306.
- (58) WHALEY, W. GORDON 1944. Heterosis. Bot. Rev., 10, p. 461—498.

---

S U M M A R Y.

ON THE METHODS USED IN BREEDING SOME OPEN POLLINATED CROPS  
IN THE UNITED STATES.

JUHANI PAATELA.

*Agricultural Research Institute, Department of Plant Husbandry, Tikkurila.*

During the last growth season 1949 the author has had an opportunity to acquaint himself e.g. with the plant breeding work in the United States, especially in Minnesota, Colorado, Utah, New Mexico, and in Beltsville Maryland. In this paper a short survey of the inbreeding, heterosis, and the combining ability has been given. Also the most common methods used in the breeding of corn, sugar beet, and forage crops have been described.

As to the corn breeding work the top cross nursery, methods of production of single-cross and double-cross seed, and of maintaining inbred lines for seed production of hybrid corn, predicting the yield of double crosses by means of the yields of single crosses, as well as the three-way cross, and convergent crossing methods, and the production of synthetic variety have been described.

The history concerning the breeding of sugar beet in U.S.A. has been shortly reported, including e.g. the methods used in breeding for disease resistance (leaf spot and curly top), selfing and production of hybrids, the means of polyploidy (tetraploids and triploids) as well as male sterility, the breeding for single and double germ seeds in relation to the mechanization of the field operations, and changing the shape of sugar beet from peg-top in shape to globe shape beets in order to get an easy-lifting beet and thus reduce the breakage of roots and costs in harvesting them mechanically.

In describing the breeding methods of forage crops the polycross method and its use for producing hybrid seed has been reported in the main points. Comparisons with the open pollinated polycross progenies and selfed progenies of alfalfa have given equally good results as to the combining ability (57). It therefore seems to be of paramount importance to find as self sterile and as good combining open pollinated lines as possible in order to get the greatest hybrid vigor in double cross hybrids or in synthetic varieties.

---