

ÜBER DAS VERHÄLTNISS ZWISCHEN FRÜHREIFE UND ERTRAGSFÄHIGKEIT BEIM HAFER.

ONNI POHJAKALLIO

*Pflanzenzüchtungsabteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt
Jokioinen.*

Eingegangen am 28. XI. 1944.

Nach den Untersuchungen von LUNDEGÅRDH (1) assimilieren die, in ihrem anatomischen Bau recht verschiedenen Kulturpflanzen (Kartoffel, Tomate, Zuckerrübe, Ackerbohne und Spinat) in vollem Tageslicht und bei normalem CO₂-Gehalt der Luft in einer Temperatur von +18—20° je bestimmte Oberflächeneinheit untereinander ungefähr gleich stark. Somit ist zu erwarten, dass die Kulturpflanzen, deren Assimilationsperiode lang ist, verhältnismässig grosse Erträge liefern. Die Dauer der Assimilationsperiode der einjährigen Kulturpflanzen ist von ihren Aussaat-, Aufgangs- und Reife-(Ernte-)zeiten abhängig. Doch ist die Ertragsmenge auch durch viele andere Faktoren beeinflusst, wie den Temperaturanspruch der Pflanze, ihr Verhalten zu der Reaktion und dem Pflanzennährstoffgehalt des Standbodens sowie durch ihre Resistenz gegen Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und die Wirkung verschiedenartiger Feuchtigkeitsverhältnisse. Der Betrag der sich bei dem Assimilationsprozess bindenden Energie ist ausserdem abhängig von der Oberflächenentwicklung und der Blattstellung der Pflanze, Eigenschaften, die bei den verschiedenen Pflanzenarten stark wechseln. Und soweit es sich um die Kulturpflanzen handelt, ist neben der Gesamtmenge der gebundenen Energie auch von wichtiger Bedeutung, ein wie grosser Teil der gebundenen Energie sich in dem praktisch wichtigsten Teil der Pflanze, also z. B. bei der Kartoffel in den Knollen, bei den Getreidearten in den Körnern, ansammelt.

Wenn es sich um die verschiedenen Kulturpflanzenarten handelt, die sich in ihren unzähligen Eigenschaften stark voneinander unterscheiden, kann angenommen werden, dass die Stärke des unter normalen Verhältnissen je Oberflächeneinheit vor sich gehenden Assimilationsprozesses auf die endgültige Ertragsmenge nur von verhältnismässig geringem Einfluss ist. Beschränkt man sich dagegen auf die Getreidearten, so ist die Sachlage schon eine ganz andere, gar nicht davon zu reden, dass im Rahmen der verschiedenen Sorten einer Getreideart, z. B. des Hafers, die Stärke des Assimilierungsprozesses je Oberflächeneinheit auch an der Menge des Kornertrages recht merklich beteiligt sein kann, wobei die Ertragsmenge mehr oder weniger von der Reifezeit der Sorte abhängig bleibt.

Der Antagonismus zwischen Ertragsmenge und Frühreife der Getreidearten hat denn auch mit voller Sicherheit dann festgestellt werden können, wenn die äusseren Verhältnisse, wie die Länge des Tages, die Keimstimmungswirkung der Temperatur usw. (vgl. 6), die Entwicklung der Pflanze beschleunigt haben. Aber die allgemeine Erfahrung weist darauf hin, dass ein entsprechender Antagonismus auch dann bestände, wenn es sich um Sorten handelt, die in ihrer Reifezeit verschieden sind, wenn also die Unterschiede in der Reifezeit der Sorten unmittelbarer von erblichen Faktoren abhängen (Frühreife der Sorte im eigentlichen Sinne des Wortes). In dieser Hinsicht liegen jedoch kaum eigentliche Untersuchungen vor.

Dem Anbau später Sorten setzt indes das Klima in vielen Fällen eine Grenze. Z. B. in Südrussland beendet eine strenge Trockenperiode die Vegetationszeit ganz allgemein dadurch, dass im Sommer an irgendeinem Zeitpunkt, der allerdings in den verschiedenen Jahren beträchtlich wechselt, das Wachstum der Getreidearten infolge von Dürre Halt macht. Die Kornbildung der späten Sorten wird unterbrochen, und die Ertragsmenge wird gering (2). In den Verhältnissen Finnlands wiederum unterbrechen die niedrige Temperatur und die grosse Feuchtigkeit im Herbst das Reifen allzu später Sorten, was eine Verschlechterung der Qualität des Kornertrages und in extremen Fällen einen geringen Ertrag oder Misswachs zur Folge hat. — Oft setzen auch die Anordnung der Feldarbeiten und die Fruchtfolge der Spätreife der Getreidesorten eine Grenze, deren Überschreitung wirtschaftliche Verluste verursacht.

Da bei dem Anbau einer zu späten Sorte die Verlustgefahr besonders gross ist, werden folgende Fragen wichtig: 1) Besteht zwischen

der eigentlichen Frühreife und der Leistung der verschiedenen Sorten einer und derselben Getreideart ein Antagonismus? 2) Wenn ein Antagonismus besteht, eine wie grosse Bedeutung kommt ihm zu? Die Lösung dieser Fragen ist besonders pflanzenzüchterisch von Bedeutung. Es ist nämlich wichtig zu wissen, ob (im Rahmen des Züchtungsmaterials) z. B. eine um einen Tag frühere Reife eine bestimmte Verringerung der Ertragsmenge bedeutet. Erst wenn man darüber im klaren ist, kann die Leistung der in ihrer Frühreife verschiedenen Zuchtsorten miteinander verglichen und gewährleistet werden, dass wertvolle Zuchtsorten, deren Reifezeit unter den Verhältnissen der Pflanzenzüchtungsanstalt von optimaler Reifezeit abweicht, nicht vom Züchtungsmaterial ausgeschaltet werden. Z. B. in Finnland, wo die Pflanzenzüchtungsarbeit ausschliesslich im südlichem Teil des Landes ausgeführt wird, ist die Kenntnis des natürlichen Verhältnisses zwischen Frühreife und Ertragsfähigkeit der Getreidesorten von erheblicher Bedeutung. Dieses Verhältnis beleuchten folgende Untersuchungen, gegründet auf die Ergebnisse von Sortenversuchen mit Hafer, die an der Pflanzenzüchtungsabteilung der Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Jokioinen (60°48' N lat. und 23°30' E long.) in den Jahren 1930—1944 (in 15 Jahren) ausgeführt worden sind.

Das Untersuchungsmaterial.

Das Untersuchungsmaterial besteht aus den bei Feldversuchen der Pflanzenzüchtungsabteilung gewonnenen Ergebnissen, die die Reifezeit und relative Ergiebigkeit der Hafersorten im Vergleich mit der zugrunde gelegten Sorte Guldregn II wenigstens mit ziemlicher Genauigkeit wiedergeben. Etwa 20 % der Versuchsergebnisse gehören zu Versuchen, bei denen die Grösse der Versuchsparzellen 20 m² gewesen ist und die Zahl der Wiederholungen 6 betragen hat, etwa 20 % zu solchen mit 5 × 5 m² und etwa 60 % zu solchen mit 3 × 2 m² grossen Versuchsparzellen. Die letzten, also die kleinsten Versuche haben hauptsächlich aus verschiedenen Kreuzungen erhaltene Haferlinien enthalten, deren Wahl fast ausschliesslich auf Grund okularer Beobachtungen getroffen worden ist, so dass über ihre Ergiebigkeit *z u v o r* keine zuverlässigen Angaben vorgelegen haben. Die nach den Ergebnissen dieser Versuche als am besten erkannten Linien sind für grössere Versuche ausgewählt worden, in die ausserdem andernorts gezüchtete Hafersorten einbezogen worden sind. Den weitaus

grössten Teil des Untersuchungsmaterials machen also die Haferlinien von den in Jokioinen durchgeführten Kreuzungen aus. Für diese Kreuzungen sind insgesamt ca. 70 Hafersorten benutzt worden, aber in vielen Fällen sind nur 1—2 aus der Kreuzung zweier Eltersorten hervorgegangene Linien in den Versuchen vertreten gewesen. Die Hafersorten, von denen der grösste Teil der untersuchten Haferlinien abstammt, sind folgende:

Finnische Hafer: Esa, Kytö, Pelso, Pellervo.

Schwedische Hafer: Orion II, Guldregn I, Guldregn II, Stjärn.

Deutsche Hafer: Lischower Frühhafer, Petkuser Gelbhafer.

Holländischer Hafer: Präsident.

Kanadischer Hafer: Alaska.

Das Material, das insgesamt 688 Versuchsergebnisse umfasst, gründet sich also hauptsächlich auf wertvolle Zuchtsorten und auf Linien, die aus den Kreuzungen zwischen ihnen hervorgegangen sind, so dass die durchschnittlichen Anbaueigenschaften des Materials als recht gut zu gelten haben.

Die Bedingungen, unter denen die Feldversuche ausgeführt worden sind, sind grösstenteils früher (3, 4, 5) beschrieben worden, so dass in diesem Zusammenhang nur eine allgemeine Beschreibung der Verhältnisse genügen mag.

Der Versuchsboden ist schwerer Ton, in mässig gutem Schick, gewesen, pH 5.1—5.8. Die Witterungsverhältnisse haben in den verschiedenen Jahren stark gewechselt. Die Sommer 1933, 1939, 1940 und 1941 sind sehr trocken, die Sommer 1942 und 1943 wiederum aussergewöhnlich regnerisch gewesen. Die Temperatur ist in den regnerischen Sommern am niedrigsten geblieben. Infolge der Wuchsbedingungen hat die Dauer der Reifezeit von Guldregn II zwischen 88 und 113 Tg geschwankt: die Menge seines Kornertrages hat sich auf 1557—5307 kg/ha belaufen. Der Hafer Kytö, ebenfalls in allen 15 Jahren in den Versuchen vertreten, war durchschnittlich 6.2 Tg früher als Guldregn II, wobei der Unterschied in der Reifezeit zwischen 3 und 14 Tg wechselte. Die Ergiebigkeitsverhältniszahl von Kytö im Vergleich mit Guldregn II schwankte zwischen 81—109. In Jahren, deren Sommeranfang trocken war, gaben die frühen Haferarten im allgemeinen Erträge, die geringer als mittelmässig waren, in feuchten Sommern wiederum waren die Erträge verhältnismässig gross. Auch die relative Ergiebigkeit des Hafers Kytö war in den Regensommern 1942 und 1943 am grössten. — Das in den Jahren 1930—1944 zusammengekommene Versuchser-

gebnismaterial spiegelt, wie man annehmen kann, die Modifikation der Ergiebigkeits- und Reifezeitverhältnisse der Hafersorten wider, die für die Verhältnisse von Jokioinen spezifisch ist, während sich die Versuchsergebnisse auf ein umfassendes und heterogenes Hafermaterial gründen.

Die Behandlung des Untersuchungsmaterials.

Zur Erhellung des Verhältnisses zwischen der Frühreife des Hafers und der Menge seines Kornertrages wurde die Ertragsmenge von Guldregn II bei allen Versuchsreihen mit 100.0 und seine Reifezeit mit 0 angesetzt. Die Ertragsmenge der zu untersuchenden Sorten wurde als Prozentsatz vom Ertrag des Hafers Guldregn II und seine Reifezeit wiedergegeben als eine Zahl, die ausdrückte, um wie viele Tage jede zu untersuchende Sorte später (+) oder früher (—) als Guldregn II war. Auf Grund der so erhaltenen Versuchsergebnisse wurde eine Korrelationstabelle aufgestellt, in der die X-Achse die Reifezeit in Intervallen von 3 Tg und die Y-Achse die Ergiebigkeit in solchen von 10 % angab. Auf Grund der Tabelle wurden der Korrelationskoeffizient, die Wahrscheinlichkeit der Korrelation sowie der Regressionskoeffizient berechnet und die Regressionslinie gezeichnet. Die Regressionslinie bezeichnet in jedem ihrer Punkte die durchschnittliche relative Ergiebigkeit, die der durch ebendenselben Punkt bezeichneten Reifezeit entspricht. Zugleich gelten alle die Sorten, deren X- und Y-Werte einander auf der Regressionslinie schneiden, als untereinander mit Bezug auf ihre Reifezeit gleich ergiebig, d.h. ihr T-Ertrag ist untereinander gleich gross.

Der T-Ertrag (auch T-Leistung oder T-Ertragsfähigkeit, T-Ergiebigkeit) jeder Sorte kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$\text{T-Ertrag} = R - bT,$$

wobei R = prozentualer Ertrag der zu untersuchenden Sorte, gemessen an der Ertragsmenge der zugrunde gelegten Vergleichssorte, b = Regressionskoeffizient (%/Tag) und T = Reifezeitunterschied zwischen der zu untersuchenden und der Vergleichssorte in Tagen ist. Der T-Wert der Sorten, die früher als diese Vergleichssorte sind, ist mit dem Zeichen (—), der der späteren mit (+) versehen.

In den Figg. 1 und 2 ist als Reifezeit (die Zeit von der Aussaat bis zur Reife) von Guldregn II 98 Tg angesetzt, eine Dauer, die seiner durchschnittlichen Reifezeit in allen Versuchsreihen annähernd entspricht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen.

Aus Fig. 1 geht hervor, dass die Reifezeitunterschiede des untersuchten Materials im Vergleich mit Guldregn II stark geschwankt haben, d. h. zwischen -19 und $+8$ Tg. Der relative Ertrag hat zwischen 51 und 131 geschwankt. Die Extremwerte sind jedoch aussergewöhnlich und besagen nicht den Reifezeit- bzw. Ergiebigkeitsunterschied irgendeiner Sorte gegenüber Guldregn II, sondern bezeichnen die extremen Modifikationen. Aber auch als solche haben sie einen biologisch zu begründenden Anteil am Korrelationskoeffi-

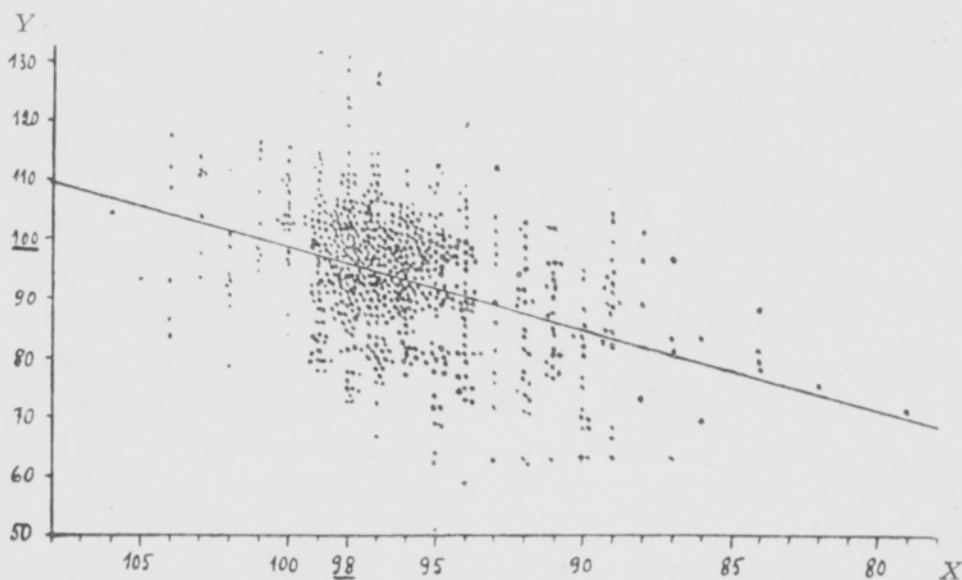


Fig. 1. $Y = \text{Ertrag (Guldregn II} = 100.0)$
 $X = \text{Anzahl der Tage von der Aussaat bis zur Reife (Guldregn II} = 98)$
 $r = 0.382 \pm 0.033; b = 1.33.$

zienten und an der Richtung der Regressionslinie. Als Korrelationskoeffizient ergab sich 0.382 ± 0.033 , was bedeutet, dass die Sicherheit der Wahrscheinlichkeit der Korrelation über 99.9% ausmacht. Es kann also als sehr wahrscheinlich gelten, dass zwischen der Reifezeit und der Ertragsfähigkeit der Hafersorten eine positive Korrelation besteht. Mit anderen Worten, zwischen Ergiebigkeit und Frühreife besteht ein Antagonismus, der die Züchtung früher und zugleich ertragreicher Hafersorten einschränkt. — Der Regressionskoeffizient 1.33 (genauer 1.328372) besagt, dass ein Reifezeitunterschied von 1 Tg einem Ergiebigkeitsunterschied von 1.33% entspricht (wenn die Ergiebigkeit von Guldregn II = 100.0). In

Tabelle 1 sind für das untersuchte Material die durchschnittlich berechneten relativen Erträge angegeben, die unter Berücksichtigung der Reifezeitunterschiede als untereinander gleich gross zu gelten haben; der durchschnittliche T-Ertrag des ganzen Materials ist 95.7.

Tabelle 1. Die den verschiedenen Reifezeiten entsprechenden relativen Erträge, deren T-Werte untereinander als gleich gross anzusehen sind.

Von der Aus- saat bis zur Reife Tg.	Relativer Ertrag	Von der Aus- saat bis zur Reife Tg.	Relativer Ertrag	Von der Aus- saat bis zur Reife Tg.	Relativer Ertrag
110	111.7	100	98.4	90	85.1
109	110.3	99	97.0	89	83.8
108	109.0	98	95.7	88	82.4
107	107.7	97	94.4	87	81.1
106	106.3	96	93.1	86	79.8
105	105.0	95	91.7	85	78.4
104	103.7	94	90.4	84	77.1
103	102.4	93	89.1	83	75.8
102	101.0	92	87.7	82	74.4
101	99.7	91	86.4	81	73.1
				80	71.8

Im Lichte der oben dargestellten Untersuchungen ist es interessant, die R- und die T-Ergiebigkeiten von Hafersorten miteinander zu vergleichen, die in Jokioinen in vielen Jahren in höchst zuverlässigen Versuchen (6 Wiederholungen von je 20 m²) geprüft worden sind. Die in Tabelle 2 dargestellten T-Ergiebigkeiten sind nach der Formel $R = 1.328372 T$ (vgl. S. 123) berechnet. Im Lichte dieser Ergebnisse hat z.B. Pelso mit Bezug auf seine Reifezeit als ebenso ergiebig wie Guldregn I zu gelten, wennleich die Menge seines wirklichen Ertrages (R) um ca. 11 % geringer als die von Guldregn I gewesen ist. Der späte Hafer Örn ist auch in Anbetracht seiner Reifezeit besonders ertragreich gewesen. — Fig. 2 zeigt die Abweichungen der relativen Erträge der in Tabelle 2 wiedergegebenen Hafersorten von der Ergiebigkeit, die die für das Versuchsergebnismaterial gerechnete Regressionslinie repräsentiert. Die Leistung von Örn, Argus, Guldregn II und Kytö ist grösser als diese Ergiebigkeit gewesen, wogegen die Ergiebigkeitswerte von Orion II, Guldregn I und Pelso unter der Regressionslinie geblieben sind; die T-Leistung der letztgenannten Sorten ist also kleiner als der durchschnittliche T-Ertrag des ganzen Materials.

Tabelle 2. Die Ergiebigkeit einiger Hafersorten bei den in Jokioinen ausgeführten Feldversuchen (vgl. 3 und 5).

Hafersorte			Anzahl der Versuchsjahre	T (Reifezeit- unterschied (Tg) im Ver- gleich mit Guldregn II)	Relative Leistung	
Nr.	Name	Herkunft			R (Guldregn II = 100.0)	T- Leistung
1	Örn	Schweden	8	+0.5	106.6	105.9
2	Argus	»	6	+3.9	105.5	100.3
3	Guldregn II..	»	15 ¹⁾	0	100.0	100.0
4	Kytö	Finnland	15 ¹⁾	-6.2	90.4	98.6
5	Orion II	Schweden	7	-11.4	78.3	93.4
6	Guldregn I ..	»	7 ²⁾	-0.6	92.2	93.0
7	Pelso	Finnland	7 ²⁾	-9.0	80.9	92.9

Zieht man in Betracht, dass die Regressionslinie eine recht hohe Leistung vertritt, so kann die T-Leistung des Hafers Örn als sehr hoch, ja sogar als so gut gelten, dass ihre beträchtliche Steigerung die Pflanzenzüchtungsarbeit auf eine harte Probe stellt. Auch Guldregn II hat in Anbetracht seiner Reifezeit als ertragreich zu gelten, und dasselbe ist auch über den mittelfrühen Hafer Kytö auszusagen. Dagegen ist die T-Leistung der frühen Hafersorten (Orion II und Pelso) verhältnismässig schwach. Da jedoch die letzteren Hafersorten unter den in Finnland anzubauenden frühen Hafer-

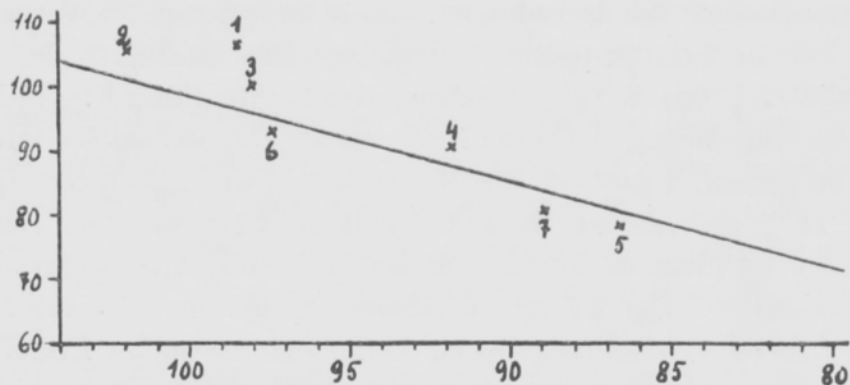


Fig. 2. Die relative Ergiebigkeit einiger Hafersorten verglichen mit der Ertragsfähigkeit, die die für das untersuchte Hafermaterial gerechnete Regressionslinie repräsentiert. (Die Nummern verweisen auf die in Tabelle 2 beschriebenen Hafersorten.)

¹⁾ Die Versuche in untereinander gleichen Jahren ausgeführt.

²⁾ — „ —

sorten am ergiebigsten sind, müssten für die Züchtung früher Hafersorten auch in bezug auf die Steigerung der Ertragsmenge noch erhebliche Möglichkeiten bestehen.

Schlussfolgerungen.

Auf Grund der oben beschriebenen Untersuchungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1) Zwischen der Frühreife und der Ergiebigkeit der Hafersorten besteht eine negative Korrelation.

2) In dem untersuchten Fall entsprach ein Frühreifeunterschied von einem Tag ca. 1.33 % Leistungsunterschied von der Ertragsmenge des Hafers Guldregn II, die mit 100.0 angesetzt wurde.

3) Der Leistungsbegriff (Ertragsfähigkeit) ist vervollständigt durch den Begriff *T-Leistung* (T-Ertragsfähigkeit), unter dem die relative Leistung unter Berücksichtigung der Reifezeit der Sorte zu verstehen ist.

4) Die für die Hafersorten berechneten T-Leistungen erweisen, dass die Ergiebigkeit der besten späten Hafersorten (z. B. Örn) besonders gut ist, so dass das Erzielen von nunmehr erheblich ertragreicheren späten Sorten auf dem Züchtungswege, unter Anwendung der üblichen Kreuzungsmethode, wohl auf Schwierigkeiten stossen wird. Dagegen scheint die Ergiebigkeit der frühen Hafersorten noch viel zu wünschen übrigzulassen.

LITERATUR.

- (1) LUNDEGÅRDH, H. 1928. Kulturväxternas kolhydratbildning, dess förhållande till avkastningen och beroende av klimatet och markbeskaffenheten. Meddelande 331 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Avdelningen för lantbruksbotanik 43.
- (2) NERLING, O. 1933. Die Jarowisation des Cetreides nach T. D. Lyssenko. Der Züchter 5, p. 61—67.
- (3) POHJAKALLIO, ONNI 1937. Tärkeimmät kauralaatumme. Valtion maatalouskoe-toiminnan tiedonantoja 120.
- (4) —»— Über die Abhängigkeit der Resistenz gegen die Trockenperiode und der Reifesicherheit vom Entwicklungsrhythmus bei Hafer, Gerste und Sommerweizen. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 15, p. 105—125.
- (5) —»— Kauralajikekokeiden tuloksia. Valtion maatalouskoe-toiminnan tiedonantoja 198.
- (6) RUDORF, W. 1938—1939. Entwicklungsphysiologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Handbuch der Pflanzenzüchtung, herausgegeben von Th. ROEMER & RUDORF, I, p. 210—252. Berlin.

SELOSTUS

KAURAN AIKAISUUDEN JA JYVÄSADON MÄÄRÄN KESKEISESTÄ SUHTEESTA.

ONNI POHJAKALLIO.

Maatalouskoelaitoksen Kasvinjalostusosasto, Jokioinen.

Tutkimuksessa osoitetaan, että kauralajikkeiden aikaisuuden ja satoisuuden välillä vallitsee negatiivinen korrelaatio. Kultasade II-kauran satoisuuteen verrattuna merkitsee yhden päivän aikaisuusero keskimäärin n. 1.33 % satoisuuseroa. Näin ollen kauralajikkeita, joiden satoisuusero (Kultasade II-kauraan verrattuna) on kutakin kasvupäivää kohti 1.33 %, voidaan pitää aikaisuuteensa nähden keskenään yhtä satoisina, eli niiden T - s a t o i s u u s on keskenään yhtä suuri. Tutkittavan lajikkeen T-satoisuus lasketaan kaavasta: $T\text{-satoisuus} = R - 1.33 T$, jolloin $R =$ ko. lajikkeen prosenttinen sato Kultasade II-kauran (mittarilajikkeen) sadon määrästä ja $T =$ tutkittavan lajikkeen ja Kultasade II-kauran aikaisuusero päivissä; mittarilajiketta aikaisemman lajikkeen T-arvo on (—) merkkinen, myöhäisemmän (+) merkkinen. — Kauralajikkeille lasketut T-satoisuudet osoittavat, että parhaiden myöhäisten kauralajikkeiden (esim. Örn-kauran) satoisuus on eittäin hyvä, joten entistä tuntuvasti satoisampien myöhäisten lajikkeiden luominen kasvinjalostustietä, tavanomaista risteytysmenetelmää käyttäen, tuottanee vaikeuksia. Sen sijaan aikaisten kauralajikkeiden satoisuudessa on todennäköisesti vielä paljon parantamisen varaa.
