

SONDERDRUCK

aus

**Jahrbuch 1956 der Max-Planck-Gesellschaft
zur Förderung der Wissenschaften e. V.**

*

***Untersuchungen über die Ursachen der Leistungen
unserer Nahrungskulturpflanzen***

Von

Dr. REINHOLD v. SENGBUSCH**Direktor der Abteilung für Kulturpflanzenzüchtung
im Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung,
Hamburg-Volksdorf**

Untersuchungen über die Ursachen der Leistung unserer Nahrungskulturpflanzen

Von

DR. R. v. SENGBUSCH

Abteilung für Kulturpflanzenzüchtung im Max-Planck-Institut
für Züchtungsforschung, Hamburg-Volksdorf

★

Die Erhöhung und Sicherung der Erträge unserer Nahrungskulturpflanzen sind von jeher die Hauptziele der Pflanzenzüchtung, insbesondere der planmäßigen Pflanzenzüchtung des 20. Jahrhunderts gewesen. Die drohende Überbevölkerung der Erde läßt die Schaffung noch ertragreicherer Sorten auch heute und in Zukunft als eine der wichtigsten Aufgaben erscheinen, die der Pflanzenzüchtung gestellt sind.

In den meisten Fällen werden nur ganz bestimmte Teile der Kulturpflanzen als Nahrungsmittel genutzt. Bei den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sind es entweder die Samen wie beim Getreide, die sproßbürtige Knolle bei der Kartoffel oder die verdickten Wurzeln bei Rüben. Bei den Gemüsearten nutzt man die in bestimmter Richtung deformierten Blütenorgane (Blumenkohl), die in bestimmter Weise angeordneten und vermehrten Blätter (Kopfkohl), verdickte Blattstiele (Mangold), verdickte Hypokotyle (Radieschen), verdickte Wurzeln (Kohlrübe) u. a.; beim Obst sind es die Früchte, die wir nutzen. Es zeigt sich zunächst, daß die Kulturpflanzen im Vergleich zu den Wildarten, von denen sie abstammen, ganz allgemein eine Art Gigas-Charakter aufweisen. Das charakteristische Merkmal der Kulturpflanzen ist aber eine auffallende Überentwicklung

gerade der Teile, die vom Menschen im einzelnen Falle genutzt werden und die die betreffende Pflanzenart wertvoll für den Menschen machen. Diese Hypertrophie bestimmter Teile der Kulturpflanzen geht häufig mit der Einlagerung größerer Mengen organischer Substanz in diese Teile Hand in Hand.

Die Speicherorgane sind in den meisten Fällen völlig vom Assimilationsapparat und damit von der Ursprungsstätte der Stoffproduktion der Pflanze getrennt.

Nach den heutigen pflanzenphysiologischen Vorstellungen führt man die Höhe der Stoffproduktion einer Pflanze in der Regel auf das Zusammenwirken zweier Faktoren zurück: die Nettoassimilationsrate und eine bestimmte Blattfläche, die der Pflanze für die Assimilation zur Verfügung steht. Beide Größen sind erblich bedingt, aber durch äußere Faktoren stark modifizierbar.

Für die Leistung einer Kulturpflanze ist aber in den meisten Fällen nicht die Gesamthöhe der Stoffproduktion der Pflanze entscheidend, sondern die Masse bzw. der Nährwert der genutzten Speicherorgane. Unsere Fragestellung lautet daher: Bestehen ursächliche Beziehungen zwischen der Größe des Assimilationsapparates und der Produktion der Speicherorgane, und welche Bedeutung kommt der genetischen Konstitution der Speicherorgane zu?

Wir machten an einigen Erdbeersorten folgende Beobachtungen: Zwei Erdbeersorten A und B haben eine gleichgroße Blattmasse, d. h. Assimilationsapparat. Der Beerenertrag der Sorte A ist aber bei gleicher Beerengröße zehnmal größer als der der Sorte B. Die Erdbeersorte C entwickelt dagegen eine weit geringere Blattmasse, erreicht aber die Sorte A im Beerenertrag.

Dieses und ähnliche Beispiele ließen uns nach einer Methode suchen, die es erlaubt, die Produktion des Assimila-

tionsapparates von der Leistung der Speicherorgane zu trennen und unabhängig voneinander zu beobachten.

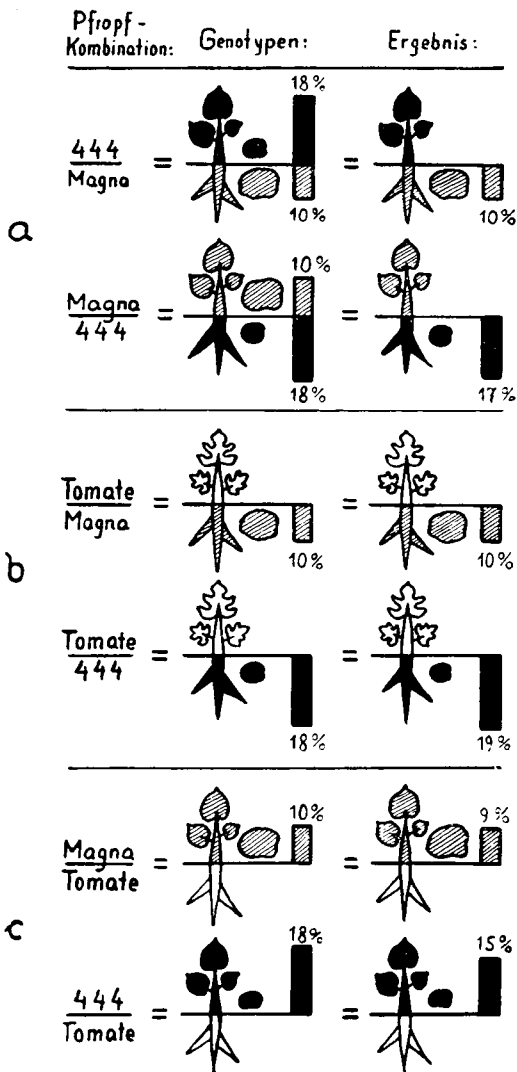
Bei allen Pflanzenarten, bei denen unterirdische Speicherorgane genutzt werden, kann man durch Pfropfungen den Blattapparat von Pflanzen mit einer bestimmten, bekannten Leistungsfähigkeit mit den unterirdischen Teilen von Pflanzen einer ebenfalls bekannten, aber abweichenden Leistungsfähigkeit verbinden. Nimmt man diese Pfropfungen reziprok vor und sichert die Ergebnisse durch Kontrollpfropfungen, bei denen Unterlage und Reis jeweils der gleichen Form angehören, so besteht die Möglichkeit, Aufschluß über den Einfluß der Assimilationsfläche auf die Leistung der Speicherorgane zu erhalten.

Wir haben mit Untersuchungen über die Stärkeertragsleistung von Kartoffelsorten begonnen.

Die Leistung einer Kartoffelsorte ist das Produkt von Stärkegehalt, Knollengröße und Knollenzahl. Wir haben als erstes den Stärkegehalt und die Knollengröße in unsere Untersuchungen einbezogen. Es wurden eine stärkereiche, kleinknollige Sorte und eine stärkearme, großknollige Sorte mit gleicher Reifezeit ausgewählt. Diese beiden Sorten wurden jeweils aufeinander und wechselseitig aufeinander gepfropft. Es ergeben sich demnach vier Pfropf-Kombinationen:

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1. <u>stärkereich kleinknollig</u> | 2. <u>stärkereich kleinknollig</u> |
| stärkereich kleinknollig | stärkearm großknollig |
| 3. <u>stärkearm großknollig</u> | 4. <u>stärkearm großknollig</u> |
| stärkearm großknollig | stärkereich kleinknollig |

Es wurde gefunden, daß die erste Pfropfkombination stärke-reiche, kleinknollige, die zweite Pfropfkombination stärkearme, großknollige, die dritte Pfropfkombination stärkearme, großknollige, und die vierte Pfropfkombination stärkereiche, klein-



Schematische Darstellung der Ergebnisse der Pfropfungen zwischen verschiedenen Kartoffelsorten bzw. zwischen Kartoffeln und Tomaten.

knollige Kartoffeln brachte. Der Genotyp der knollenbildenden Sorte war in jedem Fall ausschlaggebend für den Stärkegehalt und die Knollengröße. Das Speicherorgan verhält sich also souverän bezüglich dieser beiden Eigenschaften.

Offen ist noch die Frage, ob auch die Knollenzahl, d.h. die dritte Teileigenschaft des Stärkeertrages, vom Genotyp der Unterlage, die die Knollen bildet, oder vom Genotyp des Pfropfreises abhängt. Über diese Frage werden erst umfangreichere Versuche Aufschluß geben können.

Um weitere Anhaltspunkte über die Souveränität des Genotyps des knollenbildenden Teiles zu gewinnen, haben wir die beiden Kartoffelsorten mit Tomaten gepfropft. Bei der Tomate handelt es sich um eine andere Solanumart, die im Gegensatz zu der Kartoffel keine Knollen bildet. Dieser artfremde Assimilationsapparat wurde erstens auf die stärkereiche, kleinknollige und zweitens auf die stärkearme, großknollige Kartoffelsorte gepfropft. Auch bei diesen Kombinationen erwies sich der Genotyp des knollenbildenden Teiles als souverän. Die Kombination 1 lieferte stärkereiche, kleine, die Kombination 2 stärkearme, große Kartoffeln. (Abb.)

In einem weiteren Versuch wurden die beiden Kartoffelsorten in einer Dreifach-Pfropfung mit Tomatenlaub und Tomatenwurzeln versehen. Die Knollen bildeten sich an einem etwa 6 cm langen Kartoffelzwischenstück und entsprachen in Stärkegehalt und Größe der verwendeten Kartoffelsorte.

Die Kartoffel ist demnach in der Lage, auch einem artfremden Assimilationsapparat (der nichtknollenbildenden Tomate) die für den Aufbau der Speicherorgane notwendigen Stoffe zu entnehmen.

Die Versuche mit Pfropfungen von frühreifen und spätreifen Kartoffelsorten zeigten einen Einfluß des spätreifen Reises auf

den Stärkegehalt der frühreifen Unterlage im positiven Sinne, d. h. der Stärkegehalt der Knollen der frühreifen Unterlage war in Verbindung mit dem Laub einer spätreifen Kartoffelsorte höher als in Verbindung mit dem frühreifen sorteneigenen Assimilationsapparat. Umgekehrt erreichten die Knollen der spätreifen Unterlage in Verbindung mit einem frühreifen, d. h. frühabsterbenden, Reis nicht ganz den der spätreifen Sorte eigentümlichen Stärkegehalt.

Dieses Ergebnis ist so zu deuten, daß nach Absterben des Assimilationsapparates keine weitere Einlagerung in den Speicherorganen erfolgen kann, und in diesem Sinne hängt die Leistung der Speicherorgane von der genetisch bedingten Reifezeit des Assimilationsapparates ab.

Zusammenfassend können wir sagen, daß der Stärkegehalt und die Knollengröße bei Kartoffelsorten gleicher Reifezeit dem Genotyp des knollenbildenden Teiles entsprechen, gleichgültig welchem Genotyp die Blätter, die die Assimilate liefern, angehören. Wir schließen daraus, daß die Speicherorgane bei Kartoffeln zwei Teileigenschaften des Ertrages, Stärkegehalt und Knollengröße, selbständig „aktiv“ beeinflussen.

Diese Unabhängigkeit wichtiger Teileigenschaften des Ertrages von der assimilierenden Blattfläche veranlaßt uns, die Frage aufzuwerfen, ob nicht die Fähigkeit, bei normaler Ernährung bestimmte Organe stark zu vergrößern und große Mengen an Reservestoffen in ihnen abzulagern, eine sehr wesentliche Ursache einer hohen Stoffproduktion ist. Wachsende Organe, seien es die Sproßspitzen selbst oder irgendwelche Organe, die sich vergrößern, verbrauchen zu ihrem Aufbau große Mengen an Assimilaten, und zwar sind diese benötigten Mengen um so größer, je intensiver diese Wachstumsvorgänge verlaufen. Damit wird an diesen Stellen ein Sog erzeugt, durch den die

Assimilate aus ihren Bildungsstätten, den Blättern, an die Orte des Verbrauchs bzw. der Einlagerung gebracht werden. Je stärker die Wachstumsvorgänge sind, um so stärker wird dieser Sog sein, und um so rascher werden die gebildeten Assimilate die Blätter verlassen. Es ist andererseits bekannt, daß eine Anhäufung von Assimilaten in den Blättern zu einer Herabsetzung der Assimilationsrate führt. Ein rascher Abtransport der Assimilate aus den Blättern, wie er durch starke Wachstumsvorgänge an irgendwelchen Teilen der Pflanze induziert zu werden vermag, könnte demnach dazu führen, daß die Assimilation der Pflanze ganz erheblich gesteigert wird. Die Fähigkeit zu verstärktem Wachstum sowie die dadurch bewirkte Schaffung von großen Gewebekomplexen, die ausgedehnte Möglichkeiten für die Ablagerung von Assimilaten bieten, könnten demnach unmittelbar die Ursache einer erhöhten Stoffproduktion sein.

Die weitgehende Unabhängigkeit wichtiger Teileigenschaften des Ertrages von der Größe der für die Assimilation zur Verfügung stehenden Blattfläche konnte von uns auch in einer anderen noch unveröffentlichten Versuchsreihe aufgezeigt werden.

Bei Roggen haben wir durch teilweises oder ganzes Abschneiden der Ähren (es wurden 25%, 50% und 75% der einzelnen Ähren entfernt), d.h. durch Verkleinerung der Speicherorgane, die auf ein Korn entfallende Assimilationsfläche vergrößert.

Bei Kartoffeln haben wir durch Reduktion der Blattfläche die Assimilationsfläche künstlich verkleinert, so daß dem Speicherorgan nur die halbe Assimilationsfläche zur Verfügung stand.

Das einzelne Roggenkorn, dem eine größere Assimilationsfläche zur Verfügung stand, wies keine Gewichtszunahme auf, d.h. die Korngröße ist weitgehend fixiert, sie kann über die ihr

durch den Genotyp gesteckte Grenze nicht hinauswachsen. Ebenfalls weitgehend festliegend ist der Sog, den ein Roggenkorn bei optimalen Wachstumsbedingungen der Pflanze ausüben kann. Ein Überschuß von Assimilaten, wie er in unserem Versuch zweifellos vorgelegen hat, konnte nicht verwertet werden.

Das Halmgewicht wurde durch die teilweise oder ganze Entfernung der Ähren nicht beeinflußt. Der Halm kann also nicht zusätzlich überschüssige Nährstoffe speichern.

Die Versuche mit der Reduktion der Assimilationsfläche bei Kartoffeln sind noch nicht endgültig ausgewertet. Es deutet aber alles darauf hin, daß die Reduktion keinen wesentlichen Einfluß auf die Leistung der Speicherorgane ausgeübt hat.

Aus den hier kurz umrissenen Ergebnissen leiten wir als Arbeitshypothese die folgenden Vorstellungen über die Beziehungen zwischen dem Assimilationsapparat und der Leistung bestimmter Speicherorgane der Nahrungskulturpflanzen ab:

Wir glauben, daß sich der „Ertrag“ einer Nahrungskulturpflanze in einzelne erblich bedingte Teileigenschaften zerlegen läßt, die voneinander und von der Gesamtkonstitution der Pflanze weitgehend oder völlig unabhängig sein können. Zu solchen Teileigenschaften gehören u. a. die Zahl, die Größe und der Nährstoffgehalt der genutzten Organe (Speicherorgane). Die Wachstums- und Entwicklungsfähigkeit der Pflanze bzw. ganz bestimmter Organe ist eine wichtige Grundlage der Ertragsbildung. Sie ist ein erblich bedingtes Merkmal der Pflanze bzw. bestimmter Organe der Pflanze. Sie kann stark fixiert sein (Knollengröße und Stärkegehalt der Kartoffel, Größe der Getreidefrüchte), sie kann aber auch eine starke Modifizierbarkeit zeigen (Wurzelgröße der Zucker- und Futterrübe). Es ist möglich, daß sie durch die Höhe der Nettoassimilationsrate beeinflußt wird.

Die Größe der für die Assimilation zur Verfügung stehenden Blattfläche spielt bei der Ertragsbildung nur dann eine Rolle, wenn die betreffenden Teileigenschaften stark modifizierbar sind, oder die Blattfläche an sich nicht genügend groß ist, um die Entwicklungsmöglichkeiten dieser Teileigenschaften des Ertrages voll zur Auswirkung kommen zu lassen. Die Lebensdauer der Assimilationsorgane beeinflusst in gewissem Sinne die Leistung der Speicherorgane, da diese nach Aufhören der Assimilation naturgemäß nicht mehr an Masse zunehmen können.

Wenn die hier entwickelte Arbeitshypothese richtig ist, dann kommt Mutationen, die zu einer Vergrößerung einzelner Organe geführt haben, eine außerordentliche Bedeutung für die Entstehung von Kulturformen wie auch für die Steigerung ihrer Leistung zu.

Den Pflanzenzüchter interessiert die Frage, auf welchem Wege er die heutige Leistung unserer Nahrungskulturpflanzen weiter erhöhen kann.

Um besonders leistungsfähige Sorten züchten zu können, muß man Elternsorten mit höchster Leistung der Speicherorgane und Elternsorten mit höchster Leistung des Assimilationsapparates suchen. Diese können miteinander gekreuzt und in der Nachkommenschaft die Kombinationen ausgelesen werden, die die Leistung der Elternsorten noch übertreffen.

Ein weiterer Versuch soll über diese Möglichkeiten Aufschluß geben. Es wurden 20 verschiedene Kartoffelsorten mit der Sorte Magna gepfropft:

1. Unterlage jeweils eine der zwanzig Sorten, Pfropfreis immer Magna,
2. Unterlage immer Magna, Pfropfreis jeweils eine der zwanzig Sorten,
3. die zwanzig Sorten und die Sorte Magna ungepfropft.

Der erste Teil des Versuches soll zeigen, welche der Sorten einen besonders leistungsfähigen Genotyp der Speicherorgane besitzt; der zweite Teil, welche der Sorten einen besonders leistungsfähigen Genotyp des Assimilationsapparates aufweist; der dritte Teil dient als Maßstab, auf den die Ergebnisse von eins und zwei zu beziehen sind.

Diese Technik der getrennten Prüfung der Leistung der Assimilationsorgane und der Speicherorgane wird sich voraussichtlich auch bei anderen Nahrungskulturpflanzen anwenden lassen.

Alle hier geschilderten Untersuchungen werden als Gemeinschaftsarbeit der Kollegen Börger, Huhnke, Koehler, Schwanitz und von Sengbusch in der Abteilung für Kulturpflanzenzüchtung des Max-Planck-Institutes für Züchtungsforschung in Hamburg-Volksdorf durchgeführt.