

(8.) K. O. Müller: Zur Kenntnis der Faktoren der Anthozyanbildung bei der Kartoffel.

(Vorläufige Mitteilung.)

Im Gegensatz zu anderen wichtigen Kulturpflanzen ist die Kartoffel bis jetzt nur in geringem Maße zu erbanalytischen Untersuchungen herangezogen worden. Dies beruht wohl darauf, daß die Kartoffel ein ziemlich ungünstiges Objekt für derartige Versuche darstellt. Die Kultursorten sind ausnahmslos stark heterozygotisch und erlauben ihrer Bastardstruktur gemäß nicht ohne weiteres die Durchführung einer Erbanalyse mit Hilfe von Kreuzungen reiner Linien und Aufspaltungen der F_1 -Generationen. Außerdem ist die Herstellung von Selbstungs- und Bastardbeeren und die Anzucht von Kartoffelsämlingen im großen mit einigen technischen Schwierigkeiten verbunden, so daß es nicht immer leicht ist, eine genügend große Nachkommenschaft von bestimmten Eltern zu erhalten.

Von den wenigen bis jetzt erschienenen Arbeiten seien nur die von SALAMAN¹⁾ und NILSON²⁾ erwähnt. Nach S. sind für die Entstehung einer gefärbten Blüte ein chromogener und außerdem noch zwei andere Faktoren maßgebend. Es ist wahrscheinlich, daß an der Vererbung der Blütenfarbe bis fünf Gene beteiligt sein können. Die Bildung von rotschaligen Knollen ist an das Zusammenarbeiten zweier Faktoren gebunden. Einen ähnlichen Vererbungsmodus zeigt auch die Buntfleischigkeit der Knollen. Nach N. sind die Blütenfarben genetisch ziemlich kompliziert, besonders die violetten Farbnuancen; Sorten mit hellblauen Blüten spalteten jedoch in seinen Versuchen nach dem monohybriden Schema auf. In bezug auf die Färbung der Knollenschale kommt N. nicht zu einem endgültigen Ergebnis; er glaubt aber, daß mehrere Erbfaktoren bei der Entstehung der rot gefärbten Knollenschale im Spiele sind.

Um einen besseren Einblick in die Erblichkeitsverhältnisse bei der Kartoffel zu gewinnen, konnte ich nicht den üblichen Weg

1) SALAMAN, R. N. The inheritance of colour and other characters in the potato. *Journ. of Genetics* 1910, 1, 7.

2) NILSON, Heribert N. Potatis foradling och potatis bedömning, *Weibulls arsbok*, 1913, 8, 4.

Zur Kenntnis der Faktoren der Anthozyanbildung bei der Kartoffel. (61)

einschlagen, d. h. Linienzucht auf Homozygotie, Kreuzung reinvererbender Rassen miteinander und Aufspaltung der F_1 -Generationen. Der Grund hierfür lag in der Langwierigkeit dieser Methode und in der Gefahr des Aussterbens der Linienzuchten durch Inzuchtsdegeneration.

Um diese bei der Kartoffel wenig aussichtsreiche Methode zu umgehen, wurde folgendermaßen vorgegangen: Nehmen wir an, zwei Rassen unterscheiden sich in bezug auf die Eigenschaft, deren Erbllichkeit untersucht werden soll. Jede Rasse wurde dann geselbstet, außerdem beide miteinander bastardiert. Die Spaltungszahlen der Selbstungsgenerationen ließen die genotypische Konstitution der Eltern vermuten. Um aber einen Beweis für die Richtigkeit der Annahme zu erbringen, wurden die voraussichtlichen Gametenkombinationen bei der Kreuzung und die zu erwartenden Phänotypen berechnet. Stimmt das im Kreuzungsversuch erhaltene Ergebnis mit dem zu erwartenden überein, so bestand die vorher gemachte Annahme zu Recht. Um die Sicherheit noch zu erhöhen, wurden außerdem noch F_2 -Generationen geprüft oder eine dritte Rasse geselbstet und mit den beiden ersten bastardiert.

Die Beeren wurden, da bei den künstlichen Bestäubungen Verunreinigungen durch Insekten oder Wind zu befürchten waren, unter Vornahme besonderer Schutzmaßnahmen gewonnen.

Ich gebe im nachstehenden einige meiner Versuche wieder, die die Vererbung der Anthozyanbildungsfähigkeit bei der Kartoffel klären sollen. Die Untersuchungen wurden hauptsächlich mit einer Fränkischen Landsorte (der Kürze halber im folgenden Rasse I genannt) und mit einem Abkömmling einer in Südamerika von den Chilote-Indianern gebauten Rasse (II) angestellt. Außerdem wurde noch *Solanum edinense* Berth. benutzt.

Bei den verschiedenen Kartoffelrassen kann eine durch Anthozyanbildung hervorgerufene Färbung an ganz verschiedenen Stellen der Pflanze auftreten. Bei vielen Sorten enthält die Blüte größere Mengen des Farbstoffes. Oft ist der Stengel bis in die rindenparenchymatischen Schichten hinein gefärbt. In den Blättern einiger Sorten sind ziemlich erhebliche Mengen des Farbstoffes zu finden. Der Lichtkeim, der bei Keimung der Knolle im Licht gebildet wird, enthält bei den meisten Rassen mehr oder minder große Anthozyan-Mengen. Bei der Knolle kann sowohl die Schale als auch das Fleisch gefärbt sein.

1. Blütenfarbe. Bei der Bestimmung der Blütenfarbe wurde nur darauf gesehen, ob in den Petalen eine deutliche Färbung auftritt. Die verschiedenen Farben-Zeichnungen konnten vorerst noch nicht berücksichtigt werden. Rasse I besaß reinweiße, II blauviolette Blüten. Die folgende Aufstellung zeigt die Versuchsergebnisse.

Tabelle 1

		Gefunden		Berechnet		Erlaubter Fehler							
		gef. : ungef.	=	gef. : ungef.	gef. : ungef.								
I	♂ +	0	:	52	=	0	:	∞	0	:	∞	±	0
II	♂ +	63	:	22	=	2,97	:	1,03	3	:	1	±	0,173
I × II		57	:	53	=	1,07	:	0,93	1	:	1	±	0,20

Genotyp für Rasse I: aa

Genotyp für Rasse II: Aa

Die Zahlenverhältnisse zeigen, daß I die weiße Blütenfarbe rein vererbt. II besitzt die Färbung monofaktoriell. Geben wir I die Erbformel aa und II die Formel Aa und nehmen wir an, daß A über a dominiert, so erklären sich leicht die Zahlenverhältnisse in der Kreuzung. Kreuzungspflanzen mit weißer Blütenfarbe vererbten diese Eigenschaft weiter rein. Ein Teil der „gefärbten“ Kreuzungen spaltete nach dem monohybriden Schema weiter auf, ein anderer erwies sich jedoch als homozygotisch.

2. Stengelfarbe. Die Feststellung geschah an der ausgewachsenen Staude, da die Färbung bei jungen Pflanzen meist noch nicht vollständig entwickelt ist. Als „ungefärbt“ wurden diejenigen Pflanzen bezeichnet, deren Stengel rein grün waren oder nur ganz vereinzelt anthozyanhaltige Zellen besaßen. Alle anderen wurden als „gefärbt“ geführt.

Rasse I besitzt einen rein grünen Stengel, II einen gefärbten. In Tabelle 2 sind die Resultate wiedergegeben.

Tabelle 2

		Gefunden		Berechnet		Erlaubter Fehler							
		gef. : ungef.	=	gef. : ungef.	gef. : ungef.								
I	♂ +	11	:	119	=	2,46	:	13,54	3	:	13	±	0,6134
II	♂ +	108	:	138	=	28,1	:	35,9	27	:	37	±	3,052
I × II		50	:	93	=	10,4	:	21,6	12	:	20	±	2,37

Genotyp für Rasse I: BbDDEEXx

Genotyp für Rasse II: BbDdEexx

Zur Kenntnis der Faktoren der Anthozyanbildung bei der Kartoffel. (63)

Bezeichnend ist, daß unter den Tochterpflanzen der Rasse I gefärbte Individuen auftraten; dies läßt darauf schließen, daß diese Sorte heterozygotisch einen Hemmungsfaktor für die Anthozyanbildung im Stengel besitzt. Geben wir dieser Rasse die Erbformel $BbXx$ ($B = \text{Bildungs-}$, $X = \text{Hemmungsfaktor}$, beide dominierend), so wäre für das Verhalten der Tochtergeneration eine Erklärung gefunden. Anders liegen die Verhältnisse bei der Rasse II. Hier können die Zahlen nur erklärt werden, wenn wir annehmen, daß zur Bildung eines gefärbten Stengels das Vorhandensein dreier Faktoren nötig ist. Da II den Hemmungsfaktor nicht besitzen kann, sei die Formel $BbDdEeexx$ gegeben. Von I können nach unsern Formeln 4 verschiedene Gametenarten geliefert werden, von II acht. An Gametenkombinationen wären demnach 32 möglich. Nach diesen Voraussetzungen müßte also die Kreuzung im Verhältnis 20 ungefärbt : 12 gefärbt „aufspalten“. Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, stimmt das Versuchsergebnis gut mit der Theorie überein.

Zur Stützung dieser Erklärungen wurden noch andere Selbstungen und Kreuzungen mit Rasse I und II hergestellt, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Auch diese Ergebnisse fügten sich den schon erhaltenen zwanglos ein.

3. Die Lichtkeimfarbe zu bestimmen war oft schwierig, da niemals das Anthozyan in den Lichtkeimen vollständig fehlte. Häufig war es mit bloßem Auge nicht festzustellen; bei Benutzung des Mikroskopes waren aber immer noch einige Zellen zu beobachten, deren Zellsaft deutlich wahrnehmbare Mengen des Farbstoffes enthielt. Es konnten aber zwei „natürliche“ Gruppen festgestellt werden: 1. Die Keime sind nur schwach gefärbt, die grüne Farbe wiegt bei weitem vor; die während der Lichtkeimentwicklung aufgetretene Färbung verschwindet nach einiger Zeit bis auf wenige nur mikroskopisch wahrnehmbare Reste. 2. Die Färbung ist immer deutlich festzustellen; sie ist um vieles intensiver als bei der anderen Gruppe und verschwindet niemals.

Im folgenden werden diejenigen Pflanzen, die zu Gruppe 1 gehören als „ungefärbt“, die zu 2 gehören als „gefärbt“ bezeichnet. Rasse I besaß einen hellrot-violetten, II einen dunkelblau-violetten Lichtkeim. Sie würden also beide zu Gruppe 2 gehören. Die Resultate der Versuche sind in Tabelle 3 dargestellt.

Es geht aus den Zahlen hervor, daß die beiden Rassen genetisch verschieden sind. I spaltet monofaktoriell, II dagegen trifaktoriell auf. Geben wir ihnen die Formeln $a_1 a_1 B_1 b_1 c_1 c_1$ bzw.

(64)

K. O. MÜLLER:

Tabelle 3

		Gefunden		Berechnet		Erlaubter Fehler
		gef. : ungef. =	gef. : ungef.	gef. : ungef.	gef. : ungef.	
I	♂ ₊	112 : 30 =	3,15 : 0,85	3 : 1		± 0,153
II	♂ ₋	300 : 6 =	62,78 : 1,22	63 : 1		± 0,472
I × II		299 : 18 =	15,09 : 0,91	15 : 1		± 0,223

Genotyp für Rasse I: $a_1 a_1 B_1 b_1 c_1 c_1$ Genotyp für Rasse II: $A_1 a_1 B_1 b_1 C_1 c_1$

$A_1 a_1 B_1 b_1 C_1 c_1$, so erhalten wir für die Kreuzung 16 verschiedene Gameten-Kombinationen, die sich phänotypisch im Verhältnis 1:15 aufteilen, wenn wir annehmen, daß jeder der Faktoren dominiert und auch für sich allein die Anthozyanbildung im Lichtkeim hervorrufen kann.

4. Färbung der Knollenschale. Um die Vererbung der Knollenfarbe zu untersuchen, wurden Selbstungen und Kreuzungen von Rasse II und *Solanum edinense* angezogen. Beide Eltern besaßen eine weiße Knollenfarbe. Wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, traten bei den Selbstungsnachkommen des *S. edinense* Pflanzen mit rot gefärbten Knollenschalen auf. Dies läßt darauf schließen, daß *S. edinense*, das selbst weiße Knollen besitzt, für die Anthozyanbildung im Stengel einen Hemmungsfaktor trägt. Geben wir dem *S. edinense* die Formel $GgYy$, wobei G als Bildungs-, Y als Hemmungsfaktor aufzufassen ist, so erklärt sich leicht die Aufspaltung in dem Verhältnis von 3:13. Die Selbstungsnachkommen von Rasse II brachten keine gefärbten Knollen. In der Kreuzungs-

Tabelle 4

	Gefunden		Berechnet		Erlaubter Fehler
	gef. : ungef. =	gef. : ungef.	gef. : ungef.	gef. : ungef.	
II	0 : 342 =	0 : ∞	0 : ∞		± 0
Sol. ed.	13 : 40 =	3,92 : 12,08	3 : 13		± 0,884
Sol. ed. × II	21 : 40 =	2,75 : 5,25	3 : 5		± 0,381

Genotyp für Rasse II: $Gg h h y y$ Genotyp für *Solanum edinense*: $Gg H H Y y$

nachkommenschaft zeigte sich ungefähr das Verhältnis von 3 gefärbt : 5 ungefärbt. Die Zahlen sind nur zu erklären, wenn wir annehmen, daß Rasse II den Hemmungsfaktor für Knollenfärbung nicht besitzt und für diese die Erbformel $Gg y y$ einsetzen. Da aber bei Kreuzungen mit anderen Rassen festgestellt werden konnte, daß eine gefärbte Knollenschale nur entstehen kann, wenn außer

Zur Kenntnis der Faktoren der Anthozyanbildung bei der Kartoffel. (65)

dem genannten Bildungsfaktor G noch ein zweiter H hinzukommt, so müssen die Formeln für die beiden Rassen auf $G g H H Y y$ bzw. $G g h h y y$ ergänzt werden. Kreuzungen anderer Sorten mit Rasse I und *Solanum edinense* bestätigten, daß den beiden Rassen die genannten Erbformeln zukommen müssen.

5. Die Fleischfarbe zu bestimmen war verhältnismäßig einfach. Ganz schwache Färbungen, bei denen man nicht wußte, ob die Pflanze in die Gruppe „gefärbt“ oder „ungefärbt“ gestellt werden sollte, waren so gut wie gar nicht zu finden. Für die Versuche, welche die Vererbung der Farbstoffbildungsfähigkeit im Fleisch klären sollten, wurden wieder Rasse I und II benutzt. I war ungefärbt, II gefärbt.

Die letztere Rasse zeigte bei ihren Selbstungsnachkommen (siehe Tabelle 5) eine Aufspaltung in gefärbt und ungefärbt, und zwar ungefärbt im Verhältnis 9 : 7. Wir haben es hier also mit einer bifaktoriellen Aufspaltung zu tun. Die Nachkommen von

Tabelle 5

	Gefunden		Berechnet	Erlaubter Fehler
	gef. : ungef. =	gef. : ungef.		
I	0 : 220 =	0 : ∞	0 : ∞	± 0
II	123 : 99 =	8,87 : 7,13	9 : 7	± 0,522
I × II	0 : 263 =	0 : ∞	0 : ∞	± 0

Genotyp für Rasse II: $C c I i z z$ (z = Hemmungsfaktor)

Rasse II waren sämtlich ungefärbt. Die Kreuzung beider Rassen brachte das Ergebnis, daß I auf jeden Fall homozygotisch einen Hemmungsfaktor (Z) für Anthozyanbildung im Fleisch besitzen muß; dies bestätigten auch Bastardierungen mit anderen Sorten, die anthozyanhaltiges Knollenfleisch besaßen. Kreuzte man Rasse II mit Rassen, deren Knollenfleisch gefärbt war, und die den einen Faktor für Fleischfärbung homozygotisch besaßen, so erwies sich, daß die vorher über die genetische Konstitution dieser Rasse mitgeteilte Annahme zu Recht besteht.

6. Koppelungen. Mit Hilfe dieser und anderer Kreuzungsversuche konnte erwiesen werden, daß einige der hier betrachteten Eigenschaften korreliert vererbt werden. So wurde festgestellt, daß niemals Blüten-, Stengel- und Fleischfarbe unabhängig von der Lichtkeimfärbung vererbt wurde. Daraus erklärt sich auch, daß unter unseren zahlreichen Kultursorten niemals solche gefunden werden können, die neben einem grünen Lichtkeim bunte Blüten,

(66) K. O. MÜLLER: Zur Kenntnis der Faktoren der Anthozyanbildung usw.

Stengel, Knollen oder anthozyanhaltiges Fleisch besitzen. Nach allen bisher gewonnenen Ergebnissen liegt A mit A_1 , B mit B_1 und C mit C_1 in denselben Chromosomen. Da bis jetzt keine Sprengung dieser Koppelungen beobachtet wurde, kann vielleicht angenommen werden, daß diese Gene miteinander identisch sind. Auf die beobachteten partiellen Koppelungen zwischen anderen Genen kann ich hier nicht eingehen.

Die hier nur fragmentarisch dargestellten Versuche machen keinen Anspruch darauf, als einwandfreies Beweismaterial für die ausgesprochenen Ansichten über die Genetik der Kartoffel zu gelten. In bezug auf die eingehende Begründung sei auf die ausführliche Arbeit verwiesen.

Überschauen wir die mitgeteilten Ergebnisse, so ergibt sich aber, daß die Kartoffel zu dem großen Heer der als mendelnd anerkannten Organismen gehört. Auch Kreuzungen zwischen Angehörigen der Spezies *Solanum tuberosum* und dem *Solanum edinense*, das nach den bisherigen Erfahrungen als Speziesbastard anzusehen ist, zeigten einen prinzipiell gleichen Erbgang. Weiterhin erweist sich nach vorstehenden Darlegungen die hier geschilderte Methode der Erbanalyse als ein Mittel, Vererbungsuntersuchungen auch bei stark heterozygotischen Pflanzen mit Erfolg durchzuführen. Diese Methode wird mit besonderem Vorteil bei solchen Gewächsen, wie z. B. Obstarten, angewendet werden können, bei denen sogar mehrere Jahre abgewartet werden müssen, bis die Pflanze zur Blütenbildung gelangt, und deshalb die Linienzucht auf Homozygotie sehr zeitraubend ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Karl Otto

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der Faktoren der Anthozyanbildung bei der Kartoffel. 1060-1066](#)