

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Müncheberg/Mark.)

Cytologische Untersuchungen an tetraploiden *Aegilops*-Artbastarden¹.

Von **Margarete Lindschau** und **Ernst Oehler**.

Die Arten der Gattung *Aegilops* besitzen wie die der Gattung *Triticum* 7, 14 und 21 Chromosomen. Während bei *Triticum* — bis auf die eine Ausnahme des *T. Timopheevi* — alle Arten der gleichen systematischen Sektion gleiche Chromosomenzahl und die gleichen Genome besitzen, besteht bei *Aegilops* keine Parallelität zwischen systematischer Stellung, Chromosomenzahl und Gleichheit der Genome. Innerhalb einer Sektion kommen verschiedene Chromosomenzahlen vor; gleichchromosomige Arten gleicher Sektion besitzen verschiedene oder nur noch teilweise homologe Genome. Die Genomanalyse der einzelnen *Aegilops*-Arten ist bis heute noch nicht vollständig durchgeführt worden. Die wichtigsten und umfangreichsten Beiträge dazu haben KIHARA und seine Mitarbeiter geleistet. Weitere Untersuchungen liegen von PERCIVAL, AASE, MICZYNSKI, LONGLEY u. SANDO und BLEIER vor.

In der vorliegenden Arbeit wird das cytologische Verhalten einiger tetraploider Artbastarde beschrieben, die in den Jahren 1929 bis 1935 am Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung in Müncheberg hergestellt worden sind. Die *Aegilops*-Ausgangsarten wurden dem Müncheberger Sortiment entnommen, sie stammen aus Kleinasien und Palästina. Über die Ansatzverhältnisse, Morphologie und Fertilität dieser Bastarde wird demnächst in einer größeren Arbeit berichtet werden können. Die Fixierungen sind in den Jahren 1930 bis 1935 vorgenommen worden, die cytologische Untersuchung erfolgte im Sommer 1935. Als Fixierungsgemische dienten *Nawaschin*, *Bouin-Allen* und *Carnoy*, gefärbt wurde mit Hämatoxylin nach HEIDENHAIN. Von jedem Bastard wurden etwa 50 Auszählungen gemacht, wobei stets jedes einzelne Chromosom genau gezeichnet wurde, um möglichst einwandfreie Ergebnisse zu erzielen. Die Textfiguren sind mit dem ABBÉschen Zeichenapparat bei 3000facher Ver-

größerung gemacht und zur Wiedergabe auf die Hälfte verkleinert worden. Sie geben nicht immer das durchschnittliche Verhalten der Chromosomen wieder, da für die Demonstration die übersichtlichsten Zellen oder gerade ungewöhnliche Anordnungen ausgesucht wurden.

Die Elternarten der nachfolgend beschriebenen Bastarde gehören nach der systematischen Einteilung von EIG zu den Sektionen Monoleptathera EIG (*Aeg. cylindrica* Host) und Pleionathera EIG (*Aeg. variabilis* EIG, *Aeg. Kotschyi* BOISS., *Aeg. triuncialis* L., *Aeg. columnaris* ZHUK., *Aeg. biuncialis* Vis. und *Aeg. triaristata* WILLD.).

1. *Aeg. Kotschyi* × *Aeg. variabilis*.

In Übereinstimmung mit den Befunden anderer Autoren blühten fast sämtliche unserer *Aegilops*-Artbastarde mit geschlossenen Antheren. Das Geschlossenbleiben der Antheren ist bei den Bastarden des *Aegilops-Triticum*-Kreises



Abb. 1. *Aeg. Kotschyi* × *Aeg. variabilis* 14_{II} 1500×.

stets eine Folge gestörter Reifeteilungen, die durch das Zusammentreffen nicht oder nur teilweise homologer Genome bedingt wird. Der Bastard *Aeg. Kotschyi* × *Aeg. variabilis* blühte mit offenen Antheren, es waren daher hier besondere cytologische Verhältnisse zu erwarten.

Die Kreuzung wurde mit *Aeg. Kotschyi* als Mutter durchgeführt, in 26 bestäubten Blüten wurden 3 Körner geerntet (Ansatz 11,5%), die alle keimten. Bei der Mehrzahl der untersuchten PMZ wurden keine Unregelmäßigkeiten festgestellt. Es wurden im ganzen 103 PMZ in erster Reifeteilung untersucht, von denen 64 nur Bivalente, 18 neben 13 Bivalenten 1 Tri- und 1 Univalentes, 17 außer 13 Gemini 2 Univalente aufwiesen. 3,4 oder mehr Univalente wurden nur in 3 PMZ gefunden. Die Bivalenten waren stets ringförmig (Abb. 1), der Teilungsverlauf war in den Zellen, die nur Bivalente aufwiesen,

¹ Mit Unterstützung der Wissenschaftlichen Akademikerhilfe bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Reichsanstalt für Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung.

vollkommen regelmäßig. Stärkere Unregelmäßigkeiten traten jedoch auch in den Zellen, die Uni- oder Trivalente enthielten, nicht auf. Während der Prometaphasen, Meta- und Anaphasen fanden sich Univalente, die vorausgeeilt oder zurückgeblieben waren, in der Telophase ließ sich nur sehr selten derartiges finden. Eine Elimination von Chromosomen oder Mikronucleibildung wurde nicht beobachtet. Im zweiten Teilungsschritt waren Unregelmäßigkeiten noch seltener.

Eine Untersuchung des reifen Pollens in Carminessigsäure nach HEITZ ergab bei der Mehrzahl der Körner durchaus normales Aussehen. Tabelle 1 gibt das Verhältnis von äußerlich normalem zu taubem Pollen beim Bastard und seinen Eltern wieder. Es besteht kein großer Unterschied der Pollensterilität der Eltern und jener des Bastardes. Die Anzahl tauber Körner ist bei *Aeg. Kotschyi* sogar wahrscheinlich etwas zu hoch, da zur Untersuchung nur noch wenige Antheren aus den obersten Blütchen zur Verfügung standen.

Tabelle 1.

	normaler Pollen	tauber Pollen	Summe
<i>Aeg. Kotschyi</i>			
× <i>Aeg. var.</i> ..	1046=66%	529=34%	1575
<i>Aeg. Kotschyi</i> ..	430=82%	96=18%	526
<i>Aeg. variabilis</i> .	1007=87%	145=13%	1152

Der Bastard *Aeg. Kotschyi* × *Aeg. variabilis* enthält in 19 Ähren 80 Körner. Die durchschnittliche Ährchenbekörnung beträgt 1,29. *Aeg. Kotschyi* hat eine solche von 1,26, *Aeg. variabilis* von 1,89. Der Bastard stimmt darin also mit *Aeg. Kotschyi* überein.

Aus der Untersuchung geht hervor, daß *Aeg. Kotschyi* und *Aeg. variabilis* zwei vollständig homologe Genome besitzen.

2. *Aeg. variabilis* × *Aeg. triuncialis*.

Die Kreuzung wurde in beiden Richtungen ausgeführt, ist aber nur mit *variabilis* als Mutter gelungen. In 95 bestäubten Blüten konnten 12 Körner (12,62%) geerntet werden, von denen 10 keimten.

Der Bastard wies in der Mehrzahl der untersuchten PMZ 7 Bivalente auf, diese sind meist lose gebunden und stäbchenförmig. Daneben treten verhältnismäßig häufig 1—5 feste ringförmige Gemini auf (Abb. 2). Trivalente wurden nur sehr selten, Tetravalente nie gefunden. Eine genaue Übersicht geben Tabelle 2 und 3.

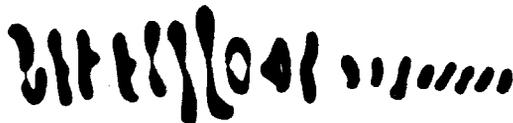
Tabelle 2.

Zahl der PMZ mit Bivalenten												Summe
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0	1	1	4	9	22	5	5	4	1	1	0	53

Tabelle 3.

Zahl der PMZ mit ringförmigen Gemini							Summe
0	1	2	3	4	5	6	
12	19	12	6	3	1	0	53

Von *Aeg. variabilis* × *Aeg. triuncialis* wurden zur Kontrolle auch Pollenuntersuchungen gemacht, die aber ein vollständig anderes Bild ergaben als die des Bastardes *Aeg. Kotschyi* × *Aeg. variabilis*. Es wurden insgesamt 1083 Pollenkörner ausgezählt, davon waren 920 vollkommen leer, 134 besaßen nur ganz wenig Plasma, 80 waren sehr klein und nur 29 anscheinend normal. Die Pollenfertilität dieses Bastardes beträgt also nur 3%. Bei den Eltern wurde nur Pollen von *Aeg. triuncialis* ausgezählt, von 1083 untersuchten Körnern waren 791 (73%) normal. Der Bastard blühte mit geschlossenen

Abb. 2. *Aeg. variabilis* × *Aeg. triuncialis* 10_{II} + 8_I. 1500×.

Antheren, künstliche Rückkreuzungen mit den Eltern hatten keinen Erfolg. In 133 frei abgeblühten Ähren konnten 2 Körner geerntet werden.

Aeg. variabilis und *Aeg. triuncialis* besitzen ein Paar einander semihomologer Genome. Aus den 5 gelegentlich ringförmigen Gemini zu schließen, haben einzelne Glieder dieser Genome ziemlich starke Affinität zueinander. Die Genome von *Aeg. triuncialis* sind von KIHARA untersucht und mit CCTT bezeichnet worden. Da das Genom C innerhalb der Gattung *Aegilops* sehr verbreitet ist, nehmen wir an, daß das mit *Aeg. triuncialis* semihomologe Genom von *Aeg. variabilis* ein C-Genom ist. (Da *Aeg. Kotschyi* mit jenen von *Aeg. variabilis* identische Genome besitzt, muß es also ebenfalls das C-Genom enthalten.) Wenn wir von den 12 vorhandenen Bivalenten 7 auf die Verbindung $C_{triu} C_{var}$ rechnen, müssen die übrigen 5 auf Bindungen zwischen T_{triu} und dem zweiten *variabilis*-Genom beruhen. Die nur selten auftretenden Trivalenten kommen wohl durch die schon bekannten intergenomatischen Bindungen der

triuncialis-Genome zustande. Ob sich die beiden *variabilis*-Genome untereinander zu binden vermögen, kann aus diesem Bastard nicht geschlossen werden.

3. *Aeg. triuncialis* × *Aeg. columnaris*.

Die Kreuzung wurde in beiden Richtungen durchgeführt. Der Ansatz betrug in der Verbindung mit *triuncialis* als Mutter 56%, reziprok 27,3%. Da diese jedoch nicht keimten, konnte nur die erste Verbindung cytologisch untersucht werden.

Beim Bastard *Aeg. triuncialis* × *Aeg. columnaris* konnten in den PMZ meist 9—10 Bivalente gefunden werden, die zum großen Teil locker gebunden und stabförmig waren. Es traten aber

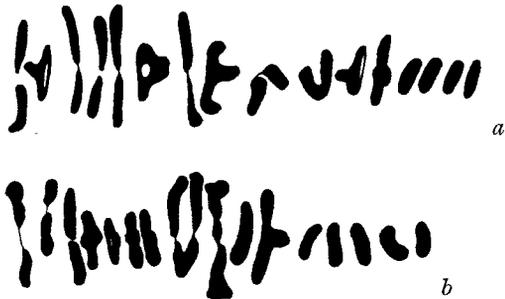


Abb. 3. *Aeg. triuncialis* × *Aeg. columnaris* a, 12_{II} + 4_T; b, 13_{II} + 10_T + 5_T. 1500×.

fast in allen PMZ 1—5 ringförmige Gemini auf (Abb. 3). Eine genaue Übersicht vermitteln die Tabelle 4 und 5. In etwa 50% der untersuchten PMZ wurden 1—2 Trivalente gefunden. Der Bastard blühte mit geschlossenen Antheren; Rückkreuzungen wurden nicht durchgeführt, doch wurden aus 199 frei abgeblühten Ähren 12 Körner geerntet.

Tabelle 4.

Zahl der PMZ mit Bivalenten									Summe
5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0	2	1	9	13	16	6	5	0	52

Tabelle 5.

Zahl der PMZ mit ringförmigen Gemini						Summe	
0	1	2	3	4	5		6
5	12	10	18	4	3	0	52

Aeg. triuncialis und *Aeg. columnaris* besitzen also ebenfalls ein Paar einander *semihomolog*er Genome, von denen einzelne Glieder, aus den bis 5 ringförmigen Bivalenten zu schließen, wie beim Bastard *Aeg. variabilis* × *Aeg. triuncialis*

noch starke Affinität zueinander haben. Wir können auch hier wieder annehmen, daß *Aeg. columnaris* ein C-Genom besitzt, das mit demjenigen des *Aeg. triuncialis* semihomolog ist. Die übrigen festgestellten Bivalenten dürften aus Verbindungen der beiden anderen Genome des *Aeg. triuncialis* und *Aeg. columnaris* bestehen. Die Trivalenten sind wohl wie beim vorherigen Bastard zum großen Teil durch die schon bekannten Beziehungen der beiden *triuncialis*-Genome bedingt. Daß solche auch zwischen den beiden *columnaris*-Genomen bestehen, könnte aus dem gegenüber dem vorherigen Bastard häufigeren Auftreten von Trivalenten erschlossen werden.

4. *Aeg. triaristata* × *Aeg. triuncialis*.

Die in dieser Kreuzung als Mutter verwendete Rasse von *Aeg. triaristata* war 14chromosomig. Aus 32 bestäubten Blüten wurden 8 Körner geerntet, von denen 7 keimten.

Bei dem Bastard *Aeg. triaristata* × *Aeg. triuncialis* erwiesen sich die Bivalenten als äußerst labil, ihre Zahlen schwanken zwischen 0 und 9, das Maximum liegt bei 5. Die Bivalenten sind fast stets offen, ringförmige sind sehr selten, in 7 Zellen wurde 1, in 3 Zellen 2 beobachtet (Abb. 4). Die Häufigkeit der Gemini geben die Auszählungen der Tabelle 6 an. Trivalente

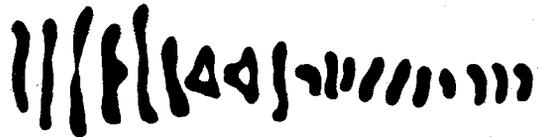


Abb. 4. *Aeg. triaristata* × *Aeg. triuncialis* 9_{II} + 10_T. 1500×.

waren äußerst selten, in allen untersuchten PMZ wurden nur 4 gefunden. In PMZ mit zahlreichen Univalenten bildeten diese gelegentlich teilweise eine Äquatorialplatte aus; damit ist jedoch nicht die Trennung aller Spalthälften in der I. Teilung verbunden, sondern es spaltet sich meist ein Teil in der I., ein Teil in der II. Reifeteilung. Vereinzelt bleibt die Trennung auch ganz aus. Der Bastard blühte mit geschlossenen Antheren, in 190 frei abgeblühten Ähren wurden 6 Körner geerntet.

Tabelle 6.

Zahl der PMZ mit Bivalenten										Summe	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
2	2	4	2	8	18	5	4	1	1	0	47

Das cytologische Verhalten des Bastardes *Aeg. triaristata* × *Aeg. triuncialis* deutet darauf

hin, daß beide Eltern je ein verwandtes Genom besitzen. Das starke Schwanken der Zahl der Bindungen und die Seltenheit ringförmiger Gemini läßt darauf schließen, daß die beiden Genome sich schon weitgehend auseinander differenziert haben. Außer den hier beschriebenen sind weitere *Aegilops*-Artbastarde von *triaristata* bisher noch nicht, Hybriden mit Weizen nur in Verbindung mit dessen 2I chromosomigen Rassen cytologisch untersucht worden.

5. *Aeg. triaristata* × *Aeg. cylindrica*.

Die Verbindung ist in beiden Richtungen ausgeführt worden, cytologisch wurde nur die angegebene untersucht. Bei der Kreuzung wurden aus 4I bestäubten Blüten 2 Körner (4,87%) erhalten, die beide keimten.

Für die genomanalytische Untersuchung von *Aeg. triaristata* erwies sich die Verbindung mit



Abb. 5. *Aeg. triaristata* × *Aeg. cylindrica* 1_{III} + 10_{II} + 5_I. 1500×.

Aeg. cylindrica bedeutend geeigneter als die oben beschriebene mit *Aeg. triuncialis*. Wie aus Tabelle 7 hervorgeht, ist das Auszählungsergebnis viel eindeutiger. Es können 2—11 Gemini auftreten, das Maximum liegt bei 6—8. Sie sind im allgemeinen stabförmig, doch gelegentlich kommen auch 1—3 ringförmige vor (Abb. 5). Ihre Häufigkeit zeigt Tabelle 8. Ziemlich häufig wurden Trivalente gefunden, in 16 Zellen konnte 1, in einer 2 Trivalente beobachtet werden, eine Zelle wies auch 1 Tetravalentes auf. Der Bastard blühte mit geschlossenen Antheren, in 157 frei abgeblühten Ähren fand sich 1 Korn.

Tabelle 7.

Zahl der PMZ mit Bivalenten												Summe
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	1	1	6	5	10	11	9	2	3	1	0	49

Tabelle 8.

Zahl der PMZ mit ringförmigen Gemini					Summe
0	1	2	3	4	
34	11	3	1	0	49

Aeg. triaristata und *Aeg. cylindrica* besitzen ein Paar einander *semihomolog* Genome. Wie

aus der Zahl der ringförmigen Bivalenten zu schließen ist, sind die Affinitäten dieser beiden Genome nicht mehr sehr groß. Rechnen wir ihnen trotzdem 7 Bivalente zu, so ergeben sich die restlichen 4 als Verbindungen der zweiten Genome beider Arten. Die Trivalenten erklären sich wahrscheinlich aus den schon bekannten intergenomatischen Beziehungen der *cylindrica*-Genome.

Von KIHARA wurde der Bastard *Aeg. triuncialis* × *Aeg. cylindrica* bereits eingehend untersucht, so daß nun alle 3 Verbindungen zwischen *triuncialis*, *triaristata* und *cylindrica* vorgelegen haben. Aus den cytologischen Verhältnissen dieser 3 *Aegilops*-Bastarde und der *triaristata*-Weizenbastarde (KIHARA und LILIENTHAL) kann nun genau bestimmt werden, mit welchem der *cylindrica*- und *triuncialis*-Genome das eine *triaristata*-Genom semihomolog ist. Es kann sich dabei um das C-Genom handeln, anderenfalls müßte — mit Rücksicht auf *triuncialis* (CCTT) — *triaristata* die Genomformel TTDD besitzen. Aus den *triaristata*-Weizenbastarden geht jedoch hervor, daß *triaristata* das D-Genom nicht enthalten kann. Infolgedessen muß also das mit *triuncialis* und *cylindrica* gemeinsame, semihomologe Genom das C-Genom sein.

6. *Aeg. biuncialis* × *Aeg. cylindrica*.

Die Verbindung wurde in beiden Richtungen hergestellt, aber nur die angegebene cytologisch untersucht. Aus 27 bestäubten Blüten wurden 14 Körner (51,75%) erhalten, von denen 9 keimten. Bei diesem Bastard kommen 0—10 Bi-



Abb. 6. *Aeg. biuncialis* × *Aeg. cylindrica* 1_{III} + 4_{IV} + 17_I. 1500×.

valente vor, meist sind es 4—7 (s. Tabelle 9). Die Bivalenten sind in der Regel stab-, selten ringförmig, in 11 Zellen wurden je 1, in 2 Zellen je 2 festgestellt. In 7 PMZ wurde ein Tetra-, in 6 weiteren 1 Trivalent beobachtet (Abb. 6). Der Bastard blühte mit geschlossenen Antheren, 134 frei abgeblühte Ähren enthielten 2 Körner.

Tabelle 9.

Zahl der PMZ mit Bivalenten												Summe
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2	1	3	4	11	10	10	8	2	2	1	0	54

Die beiden Arten *biuncialis* und *cylindrica* besitzen wahrscheinlich ebenfalls ein Paar Genome, die einander semihomolog sind, doch läßt das Fehlen der ringförmigen Bivalenten schließen, daß sie recht geringe Affinitäten zueinander haben. Wir nehmen an, daß es sich auch hier wieder um das C-Genom handelt. Werden zwischen C_{cyl} und C_{biu} 7 Gemini angenommen, so müssen die 3 übrigen Verbindungen solche der zweiten Genome von *biuncialis* und *cylindrica* darstellen. Auch hier sind die Trivalenten sehr wahrscheinlich aus den intergenomatischen Beziehungen beider *cylindrica*-Genome zu erklären.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Es wurde darauf verzichtet, das Verhalten der Bi- und Univalenten im einzelnen zu beschreiben, da wir den im Laufe der letzten Jahre gerade auf dem Gebiet der *Aegilops*- und *Triticum*-Bastarde erschienenen zahlreichen Arbeiten nichts wesentlich Neues hinzufügen könnten.

Genomanalytisch ist von den tetraploiden *Aegilops*-Arten *Aeg. triuncialis* am besten untersucht. Nach Ansicht KIHARA^s ist *Aeg. triuncialis* allotetraploid mit den Genomen CCTT, wobei das Genom C_{viiu} zu den C-Genomen von *Aeg. ventricosa*, *Aeg. ovata* und *Aeg. cylindrica* verwandtschaftliche Beziehungen aufweist. Die von KIHARA und LILIENFELD ausgesprochene Vermutung, daß auch andere tetraploide *Aegilops*-Arten ein C-Genom führen, dürfte durch unsere Ergebnisse bestätigt werden. Die von uns untersuchten tetraploiden Arten: *Aeg. variabilis*, *Aeg. columnaris*, *Aeg. triaristata* und *Aeg. biuncialis* zeigten stets in einem Genom mehr oder weniger starke Affinitäten zu einem Genom von *Aeg. triuncialis* oder *Aeg. cylindrica*. Es ist sehr wohl anzunehmen, daß es sich dabei stets um das C-Genom handelt, das bei den einzelnen Arten verschieden stark verändert ist. Bei

Aeg. variabilis und *Aeg. columnaris* können 1—5 Chromosomen des jeweiligen C-Genoms noch feste, ringförmige Gemini mit den entsprechenden Gliedern des C-Genoms von *Aeg. triuncialis* bilden, während das C-Genom von *Aeg. triaristata* mit dem von *Aeg. triuncialis* nur labile lockere Bindungen eingeht. Dagegen weist das C-Genom von *Aeg. triaristata* dem C-Genom von *Aeg. cylindrica* gegenüber deutlichere verwandtschaftliche Beziehungen auf, ringförmige Gemini sind zwar auch in diesem Fall selten, doch sind in der Mehrzahl der untersuchten PMZ regelmäßig 6—8 Bivalente vorhanden. Über die Genome von *Aeg. biuncialis* läßt sich noch sehr wenig aussagen, da bisher nur die Untersuchung des Bastards mit *Aeg. cylindrica* bekannt ist. Wahrscheinlich hat auch *Aeg. biuncialis* ein C-Genom, das aber wieder stärker modifiziert ist.

Die beiden Arten *Aeg. variabilis* und *Aeg. Kotschyi* haben 2 homologe Genome, von denen eines das C-Genom sein muß.

Über die zweiten Genome der hier untersuchten tetraploiden Arten kann noch nichts Entscheidendes ausgesagt werden, da noch nicht alle erforderlichen Bastardverbindungen vorgelegen haben.

Literatur.

BLEIER, H.: Bastardkaryologie. Bibliogr. Genet. **11**, 394—489 (1934).

KIHARA, H.: Conjugation of homologous chromosomes in the genus hybrids *Triticum* × *Aegilops* and species hybrids of *Aegilops*. Cytologia **1**, 1—15 (1929).

KIHARA, H., u. F. LILIENFELD: Untersuchungen an *Aegilops* × *Triticum* und *Aegilops* × *Aegilops*-Bastarden. Cytologia **3**, 384—456 (1932).

KIHARA, H., u. F. LILIENFELD: Weitere Untersuchungen an *Aegilops* × *Triticum*- und *Aegilops* × *Aegilops*-Bastarden. Cytologia **6**, 195—216 (1935).

(Aus dem Institut für Vererbungs- und Züchtungsforschung der Universität, Berlin.)

Spontane Mutationen bei *Matthiola incana* R. BR.

Von **H. Kappert**.

Die Formen- und Farbenmannigfaltigkeit, die die kultivierte Levkoje wie viele andere unserer Gartenpflanzen aufweist, deutet auf eine beträchtliche Fähigkeit der Erbanlagen, zu mutieren. Trotzdem ist nur wenig über die Entstehung solcher Mutationen bekannt geworden. Eine eingehende Untersuchung über die Mutationsneigung der Sorte „Schneeflocke“ ver-

danken wir FROST, der 1919 nicht weniger als fünf verschiedene Mutationen aus dieser einen Sorte, der später drei weitere folgten (1924), beschrieb. Alle diese Mutanten verdankten ihren Ursprung nach den späteren Feststellungen FROSTS (2, 3) aber nicht der Änderung eines Genes, sondern einer Unregelmäßigkeit der Chromosomenverteilung bei der Reduktions-