

Polyploidie und Aneuploidie bei Kulturpflanzen *)

Polyploidy and Aneuploidy of cultivated plants

Von Mechtild Rommel **)

1. Einleitung

In der Pflanzenzüchtung hat man sich die Erscheinung der Polyploidie schon mehrfach zunutze gemacht, um zu neuen und verbesserten Formen zu kommen. Es hat sich aber gezeigt, daß mit der künstlichen Polyploidisierung auch viele Probleme verbunden sind. Eines dieser Probleme ist das Auftreten von aneuploiden Formen, über deren Bedeutung für neu erstellte polyploide Pflanzen, hier besonders tetraploide Gerste und tetraploide Zuckerrüben, berichtet werden soll.

2. Terminologie

Ein Organismus, der zwei völlig identische Chromosomensätze oder Genome besitzt, wird diploid genannt. Ein Organismus, der mehrfache Genome besitzt, wird polyploid genannt, wobei die Zahl der Genome genannt wird wie etwa triploid, tetraploid, pentaploid und hexaploid. Sind sich alle Genome gleich, spricht man von autopolyploiden Pflanzen, sind sie ungleich, von allopolyploiden Pflanzen. Pflanzen mit vollständiger Chromosomenzahl sind euploid, diejenigen, bei denen ein oder mehrere Chromosomen fehlen oder überzählig vorhanden sind, werden als aneuploide Pflanzen bezeichnet.

*) Übersetzung eines Referates der Verfasserin, gehalten anlässlich einer wissenschaftlichen Vortragsreise an neun argentinischen Universitäten vom 16. 8. bis 26. 9. 1970.

***) Dr. Mechtild Rommel, Diplomlandwirt, Dozent für Botanik, Genetik u. speziellen Pflanzenbau am Fachbereich ausländische Landwirtschaft (Witzenhausen) der Gesamthochschule Kassel.

Anschrift: 343 Witzenhausen, Steinstraße 19.

Die Polyploidie ist ein bei vielen Pflanzen natürlich vorkommendes Phänomen und daher auch bei vielen Kulturpflanzen anzutreffen. Dazu gehören z. B. die Kartoffel (*Solanum tuberosum*), der Tabak (*Nicotiana tabacum*), der Brotweizen (*Triticum aestivum*) und die Baumwolle (*Gossypium barbadense*).

3. Merkmale der polyploiden Pflanzen

In der Natur vorkommende polyploide Pflanzen zeichnen sich oft durch einige besondere morphologische Merkmale aus. Man bezeichnet sie auch als Gigasformen, weil sie gegenüber ihren diploiden Ausgangsformen durch größere Blüten, längere und breitere Blätter und schwerere Früchte auffallen. Mit der Vergrößerung erfolgte aber auch oft eine Vergrößerung einzelner Organe wie z. B. der Spelzen, sowie eine Vertiefung der Farbe von Blättern und Blüten. Polyploide tritt in der Natur spontan auf und kann durch verschiedene Ursachen ausgelöst werden. Entscheidend ist hierbei eine Verdoppelung oder Vervielfachung des Chromosomensatzes, welche so erfolgen muß, daß sie über die Gameten auf die nächste Generation weitergegeben wird. Seit mehr als vierzig Jahre versucht man, Polyploidie bei Pflanzen durch künstliche Induktion hervorzurufen. Es wurden verschiedene Methoden entwickelt, die mehr oder weniger erfolgreich waren. Am meisten wird heute zur Chromosomenverdoppelung das Colchicin, ein Alkaloid der Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) verwendet. Colchicin bewirkt bei der Zellteilung ein Ausbleiben der Spindelbildung, danach unterbleibt auch das Ausbilden einer neuen Zellwand und es entstehen so nach einiger Zeit, wenn die Einwirkung der wäßrigen Colchicininlösung aufgehört hat und die Zelle zu ihrem normalen Teilungsrythmus zurückkehrt, Zellen mit verdoppelter oder vervielfachter Chromosomenzahl. Alles von dieser Zelle aus entstehende Gewebe besitzt die neue Chromosomenzahl. Auf diese Weise kann es auch zu einer Gametenbildung mit verdoppelter Chromosomenzahl kommen und es kann ein neuer Organismus mit verdoppeltem Chromosomensatz entstehen.

Die morphologischen Merkmale künstlich induzierter polyploider Pflanzen sind dieselben wie sie für die natürlichen Polyploiden beschrieben sind. Es entstehen Pflanzen mit größeren Blättern, größeren Blüten und größeren Früchten. Wenn man dagegen ihre vegetative Entwicklung mit der des Ausgangsmaterials vergleicht, sind sie darin oft langsamer als die entsprechenden diploiden Pflanzen, aus denen sie hervorgegangen sind. Ebenfalls gegenüber diesem Ausgangsmaterial sind sie durch eine oft erhebliche Teilsterilität ausgezeichnet.

In ihrer Cytologie unterscheiden sie sich im somatischen Gewebe bei einer mitotischen Zellteilung offensichtlich nicht von diploiden Pflanzen. Bei einer Mitosis werden keine Unregelmäßigkeiten in der Chromosomenverteilung beobachtet. Anders verhält es sich in der Meiosis bei der Bil-

dung der Gameten. Bei vielen höheren Pflanzen ist die Bildung der Mikrogameten (Pollenbildung) der Beobachtung verhältnismäßig leicht zugänglich. Hier hat man bei vielen künstlich induzierten polyploiden Pflanzen beobachten können, daß keine regelmäßige Chromosomenpaarung und Valentenbildung erfolgt. Die Chromosomen verteilen sich nicht gleichmäßig und identisch auf beide Pole, sondern es kommt zu zahlenmäßiger und/oder unidentischer Chromosomenverteilung. So entstehen neben normal ausgestatteten Gameten zahlreiche Gameten, die nicht die korrekte Anzahl von Chromosomen besitzen. Es hat sich aber gezeigt, daß bei polyploiden Pflanzen, anders als bei diploiden Pflanzen, aneuploide Gameten recht gute Befruchtungschancen besitzen, zumindest solche Gameten, die nur + oder - ein oder zwei Chromosomen besitzen. In Verbindung mit einem euploiden Gameten kommt es zur Zygotenbildung und offensichtlich auch häufig zur Samen- und Pflanzenbildung. Treffen zwei aneuploide Gameten zusammen, sind die Aussichten, daß es zur Zygotenbildung kommt, sehr viel geringer. Diese zweite Möglichkeit ist sicher eine der Ursachen für die Teilsterilität polyploider Pflanzen. Wenn sich aus Zygoten mit aneuploider Chromosomenzahl keimfähige Samen entwickeln, ist hier die Möglichkeit gegeben, durch Feststellung der Chromosomenzahl an Wurzelspitzen oder Blättern die Zahl von aneuploiden Pflanzen innerhalb einer definierten Pflanzennachkommenschaft festzustellen. Die Prozentzahlen der verschiedenen aneuploiden Pflanzen innerhalb dieser Pflanzennachkommenschaft erlaubt dann anhand eines Kombinationsschemas Rückschlüsse auf den Gesamtanteil aneuploider Gameten innerhalb dieser Pflanzennachkommenschaft und damit ihren Einfluß auf die Fertilität bzw. Sterilität dieser Pflanze (2).

4. Merkmale aneuploider Pflanzen

Jede Abweichung von der euploiden Chromosomenzahl durch überzählige oder fehlende Chromosomen wirkt sich entscheidend auf die Entwicklung der Pflanzen aus. Nach Untersuchungen von *Rommel* (2) und *Helgason* und *Rommel* (1) an tetraploider Gerste (*Hordeum vulgare*) und tetraploiden Zuckerrüben (*Beta vulgaris*) (4, 5) können aneuploide Pflanzen innerhalb einer polyploiden Pflanzennachkommenschaft wie folgt beschrieben werden: Im Vergleich mit normalen Gameten haben aneuploide Gameten geringere Befruchtungschancen, sind aber befruchtungsfähig. Aneuploide Zygoten abortieren häufiger als euploide und bilden sich seltener zu keimfähigen Samen aus. Aneuploide Samen keinem schlechter als euploide. Von den entstehenden aneuploiden Keimlingen erreicht nur ein geringer Prozentsatz die volle vegetative Entwicklung und den Übergang zur generativen Phase. Die ausgebildeten Blütenstände sind spärlicher als die der euploiden Pflanzen und die Blütenstände bleiben zum großen Teil steril.

5. Bedeutung der Aneuploidie bei Nutzpflanzen

Für den Einfluß, den die Aneuploidie auf eine Nutzpflanzenproduktion hat, ist entscheidend, welche Teile der Pflanzen genutzt werden und ihre Vermehrungsform. Bei allen Pflanzen, bei denen der Samenertrag genutzt wird, wirkt Aneuploidie durch die Teilsterilität ertragsmindernd. Qualität und Keimfähigkeit sind herabgesetzt und der Pflanzenbestand wird durch das Absterben von aneuploiden Pflanzen ständig verschlechtert. Die Anteile von Aneuploiden sind unterschiedlich groß bei selbstbefruchtender Gerste (autopolyploid), fremdbefruchtendem Roggen (autopolyploid) und selbstbefruchtenden Triticale (Roggen-Weizenbastarden, allopolyploid) (3). Es ist auch bisher nicht gelungen, bei künstlich induzierten Polyploiden ein System der Diploidisierung einzuführen, wie es der polyploide Weizen durch eine vollständige Bivalentenbildung besitzt. Bei Pflanzen, deren vegetative Teile genutzt werden, kann sich ein hoher Anteil von Aneuploiden im Bestand ertragsmindernd auswirken. Das könnte bei tetraploidem Klee, tetraploidem Weidelgras und tetraploiden Zuckerrüben zutreffen. Immerhin können hier aber auch Kompensationseffekte den Ausfall bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Da die genannten Pflanzen alle über Samen vermehrt werden, treten dabei natürlich alle Nachteile der Aneuploidie hervor wie bei den Pflanzen, bei denen ausschließlich die Samen genutzt werden.

Anders verhält es sich bei Pflanzen, deren vegetative Teile genutzt werden und die auch vegetativ vermehrt werden können. Hier ist die Aneuploidie bedeutungslos geworden, oder man könnte umgekehrt sagen, hier können auch aneuploide Formen genutzt werden, da man sie ja vegetativ vermehren kann.

Das Auftreten von vielen aneuploiden Pflanzen, daß bei jeder Samenutzung sich störend und nachteilig auswirkt, kann überwunden werden, wenn bei künstlich induzierten polyploiden Pflanzen vegetativ oder apomiktisch vermehrbare Formen gefunden werden.

6. Zusammenfassung

Künstlich induzierte Polyploidie ist nicht mit Mitoseunregelmäßigkeiten, wohl aber mit Meioseunregelmäßigkeiten verbunden. Hierdurch entsteht Teilfertilität sowie neben euploiden auch zahlreiche aneuploide Samen, Keimlinge und Pflanzen. Aneuploidie wurde bei selbstbefruchtender autopolyploider Gerste und auch bei selbstbefruchtenden allopolyploiden Triticale (Roggen-Weizenbastarden) festgestellt, ebenso bei fremdbefruchtenden autopolyploiden Zuckerrüben. Aneuploidie beeinträchtigt den Samenertrag, die Keimfähigkeit und die Leistungsfähigkeit des Pflanzenbestandes.

Summary

Artificially induced polyploidy apparently provokes disturbances in meiosis but not in mitosis. This produces partial sterility and besides euploid seedlings numerous aneuploid seedlings and plants. Aneuploidy has been found in self-fertile autotetraploid barley, and self-fertile allopolyploid triticale (wheat- rye hybrids) as well as in self-sterile autotetraploid sugar-beet. Aneuploidy reduces seed yield, germination percentage and productivity of plant population.

Literaturverzeichnis

1. Helgason, S. B. und Rommel, M., 1963: Seed development in relation to aneuploidy in autotetraploid *Hordeum vulgare* L. — Canadian Journal of Genetics and Cytology 5, 189—196.
2. Rommel, M., 1961: Aneuploidy, seed set and sterility in artificially induced autotetraploid *Hordeum vulgare* L. — Canadian Journal of Genetics and Cytology 3, 272—282.
3. Rommel, M., 1964: Aneuploids in some artificially induced polyploids of cultivated plants. — Anales de la Estacion Experimental de Aula Dei 7, 105—112.
4. Rommel, M., 1965: Cytogenetics of autotetraploid sugar-beet (*Beta vulgaris* L.). Part I: Tetraploid varieties. — Der Züchter 35 (5) 219—222.
5. Rommel, M., 1966: Cytogenetics of autotetraploid sugar-beet (*Beta vulgaris* L.). Part II: The type of numerical chromosome reproduction. — Der Züchter 36 (3) 122—126.