

Die Selbstspaltung der mixoploiden Wurzelspitzen

BOHUMIL NĚMEC*

Eingegangen am 2. Jänner 1962

Samovolný rozštěp mixoploidních vrcholů kořenových

Při prohlížení svého bohatého materiálu mixoploidních kořenových vrcholů našel jsem kořeny, které, jak se zdálo, se zbavovaly polyploidních sektorů tím, že se rozštěpily v část diploidní a polyploidní. Odštěpení polyploidních provazců jsou sice dosti častá, ale v případech zde popsanych vytváří diploidní sektor nový kořenový vrchol, polyploidní zastaví pozvolna svůj růst, kdežto nově rozlišený vrchol roste dále. Také to je určitý způsob samočištění a diploidisace mixoploidního vrcholu. Předpokladem ovšem je, že se vrchol skládal původně asi z poloviny nebo více z buněk diploidních, ve druhé části polyploidních. Potom dojde ve vrcholovém meristému diploidní části k diferenciaci samostatného diploidního vrcholu, kdežto polyploidní vrcholová část pozvolna nebo náhle dělení svých buněk zastaví, po nějakou dobu se prodlužuje a konečně je roztrhána a odumře. Mohl jsem některé přípravy k samoštěpení v poměrně raných stadiích pozorovat.

Zusammenfassung

Bei der Sichtung meines reichen Materials von mixoploiden Wurzelspitzen habe ich Wurzeln gefunden, welche sich des polyploiden Sektors dadurch zu entledigen schienen, dass sie sich in einen diploiden und einen polyploiden Teil spalteten. Die Abspaltung von polyploiden Zellsträngen kommt zwar häufig vor, in den hier beschriebenen Fällen bildet jedoch der diploide Sektor eine neue Wurzelspitze, der polyploide Teil stellt allmählich sein Wachstum ein, während die neu differenzierte Wurzelspitze weiter wächst. Auch das ist eine Art von Bereinigung und Diploidisierung der mixoploiden Wurzelspitze. Sie setzt allerdings voraus, dass die Wurzelspitze etwa zu einer Hälfte meist aus diploiden, zur anderen meist aus polyploiden Zellen besteht. Es findet dann im Urmeristem der diploiden Hälfte eine Umdifferenzierung zur selbständigen Spitze statt, wogegen der polyploide Spitzenteil allmählich oder plötzlich die Teilung seiner Zellen einstellt, sodann sich eine Zeitlang streckt, dann aber zerrissen wird und abstirbt. Ich konnte einige solche Fälle schon in

Adressa: Na Václavce 7, Praha-Smíchov

ihren anfänglichen Stadien beobachten. Der Vorgang ist nicht auf den eutelischen Typus beschränkt.

Einleitung

In drei Mitteilungen wurde das Verhalten der polyploiden Zellen in mixoploiden Wurzelspitzen von *Vicia faba* besprochen (NĚMEC 1961, 1962a, b). In diesem Aufsatz sollen Fälle beschrieben werden, in welchen sich die mixoploide Wurzelspitze in zwei Sektoren spaltet, einen fast rein oder wirklich rein diploiden und den anderen fast rein polyploiden.

Der Vorgang besteht darin, dass sich die polyploiden Initialen des Transversalmeristems zu teilen aufhören und der diploide Sektor sich zu einer vollständigen Spitze differenziert. Der Vorgang ist nur dann möglich, wenn die Wurzelspitze aus einem genügend zellenreichen diploiden und einem polyploiden Sektor besteht. Wie schon früher mitgeteilt wurde, können eutelische und eumorphe Rassen von *Vicia faba* unterschieden werden. Bei den ersten wird womöglich eine bestimmte Zahl der Zellen festgehalten und darum ist der polyploide Sektor breiter als der diploide und bildet eine mehr oder weniger auffallende Rippe an der Wurzel. Hingegen behalten die eumorphen Wurzelspitzen ihre normale äussere Gestalt. Die polyploiden Zellen der eutelischen Wurzeln können sich jedoch nicht nur in der transversalen, sondern auch in der Längsrichtung mehr strecken, als die diploiden. Dass kann zu einer gewöhnlich schwachen Krümmung der Wurzelspitze führen, wobei der polyploide Sektor konvex gekrümmt erscheint, wie es z. B. an Fig. 6 zu sehen ist. Bei eumorphen Pflanzen wachsen die polyploiden Sektoren etwa so schnell wie die diploiden und die Wurzelspitze bleibt ungekrümmt. Bei eutelischen Pflanzen überholt der polyploide Sektor anfangs den diploiden (Fig. 1 und 6).

Je höher die Ploidie des polyploiden Sektors ist, desto auffallender ist die Selbstspaltung der Wurzelspitze. Seine Zellen sind in der in Fig. 1 dargestellten Wurzelspitze $4n$ bis $16n$ ploid, in Fig. 2 sind dieselben nur $4n$ ploid.

Beschreibung einzelner Fälle

Einzelne mixoploide Wurzelspitzen variieren bedeutend in ihrer Struktur, so dass es besser sein wird, einzelne Fälle zu beschreiben als im allgemeinen über den Vorgang zu sprechen.

Fig. 1 stellt einen Längsschnitt durch eine Wurzelspitze dar, welche aus einem fast rein hochpolyploiden (links) und einem diploiden (rechts) Sektor besteht. Der polyploide Sektor überragt den diploiden. Die Wurzelhaube ist rein polyploid. Der diploide Sektor hat an seinem Ende eine deutliche vollständige Spitze gebildet, deren Zellreihen deutlich parabolisch verlaufen.

Fig. 2 bringt eine Aufnahme des Längsschnittes durch eine Wurzelspitze, die links einen polyploiden ($4n$) Sektor besass. Der rechte, überwiegend aus diploiden Zellen bestehende Sektor hat eine eigene fast rein diploide Spitze gebildet, welche den polyploiden Sektor schon überholt hat. Der polyploide Sektor ist in seinem Wachstum stark zurück geblieben. Seine Zellen nehmen allmählich den Charakter der lateralen Haubenzellen an, verlängern sich bedeutend und werden plasmaarm.

Fig. 3. Tangentialer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze, wo sich die neue überwiegend aus diploiden Zellen bestehende Spitze verlängert hat, hingegen wurde der polyploide Sektor (rechts) zerrissen und seine meisten Zellen sind abgestorben.

Fig. 4. Querschnitt durch eine abnorm gestaltete, mit längs verlaufenden Rippen versehene mixoploide Wurzelspitze. Sie enthält einen mächtigen Strang von polyploiden Zellen, der sich durch eine metakutinierte Membran vom übrigen Gewebe abzutrennen beginnt. Ausserdem enthält die Spitze noch andere schwächere polyploide Stränge oder vereinzelte Zellen. Der obere Teil der Wurzelspitze besteht aus diploiden Zellen und hier hat sich exzentrisch ein aus diploiden Zellen zusammengesetztes Transversalmeristem differenziert, durch dessen Tätigkeit ein Plerom gebildet wurde, dessen Lage durch die beidem Pfeile angegeben wird. Wahrscheinlich hätte diese neue Spitze durch schnelles Wachstum das übrige Gewebe überholt und wäre selbständig weiter gewachsen.

Fig. 5. Medianer Längsschnitt durch eine mixoploide Wurzelspitze, welche in ihrer oberen Hälfte eine neue diploide Spitze zu differenzieren beginnt. Die untere polyploide Flanke der Wurzelspitze bleibt in ihrem Wachstum zurück und wird konkav gekrümmt.

Fig. 6. Tangentialer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze, deren eine Flanke polyploid ist und die diploide Flanke überholt hat. Aber in der fast rein diploiden (unteren) Flanke scheint sich eine neue Spitze zu differenzieren.

Fig. 7. Medianer Längsschnitt durch eine dreimal immer nach 24 Stunden chloralisierte Keimwurzel, sieben Stunden nach der letzten Chloralisierung. Der Schnitt ist ein Mosaik von verschieden grossen Zellen, welche auch entsprechend verschieden grosse Kerne enthalten. Die kleinsten Zellen enthalten auch die kleinsten Kerne und sind diploid. Die grösseren Zellen enthalten 4n bis 16n ploide Kerne. Aus einem solchen Mosaik entsteht auch das Transversalmeristem der von diesen Keimwurzeln gebildeten Seitenwurzeln. Alle Figuren beziehen sich auf mixoploide Wurzelspitzen von *Vicia faba*.

Ergebnisse

Wurzeln von *Vicia faba* sind zur Bildung von polyploiden Zellen in ihrer meristematischen Spitze sehr geeignet (Fig. 7). Zwar können durch Einwirkung von Chloralhydrat auch im Stammscheitel und in den Blattanlagen polyploide Zellen entstehen, es gibt deren jedoch viel weniger als in der Wurzelspitze. Ausserdem ist der anatomische und morphologische Bau der Wurzel viel einfacher als jener des Stammscheitels, daher beschränke ich mich vorderhand auf die Besprechung der chloralisierten Wurzeln.

Die Wurzeln sind nach einer mehrmaligen Chloralisierung ein wahres Mosaik von diploiden und polyploiden Zellen. In der Wurzelspitze, welches der in Fig. 7 dargestellte Längsschnitt entnommen ist, gab es etwa ein Drittel von polyploiden Zellen. Das gilt auch für das Perikambium, aus welchem die Seitenwurzeln entstehen. Es ist begreiflich, dass dieselben mixoploid sein müssen, und zwar in verschiedenem Grade, je nachdem ob ihr Transversalmeristem aus wenigen oder vielen polyploiden Zellen entstanden ist. Ihr Bau ist in Bezug auf die Mixoploidie sehr verschieden, in einigen bilden polyploide Zellen die Mehrheit, in anderen eine Minorität. Es hat sich ergeben, dass in den meisten Wurzelspitzen die meisten polyploiden meristematischen Zellen nach und nach verschwinden. Das geschieht in verschiedener Weise. Nur in Wurzelspitzen, in denen die polyploiden Zellen eine grosse Mehrzahl bilden, erhält sich die Polyploidie dauernd, ja es scheint, dass in ihnen die diploiden Zellen ausgeschieden werden können. Eine radikale Art polyploide Zellen aus der Wurzelspitze zu entfernen, ist die Neubildung des Urmeristems aus dem vorhandenen diploiden Zellenmaterial, wie es oben für einige Fälle beschrieben wurde.

In den meisten, durch äusseren Eingriff mixoploid gewordenen Wurzel-

спitzen handelt es sich um eine autoregulative Diploidisierung. Im vorliegenden Aufsatz wird ein Vorgang beschrieben, bei welchem sich die Wurzelspitze selbsttätig in eine vorwiegend diploide Spitze und in einen vorwiegend polyploiden Teil spaltet, wobei die diploide neu organisierte Spitze weiter wächst, der polyploide Sektor von demselben überholt wird und schliesslich zu wachsen aufhört oder abstirbt.

Wenn man die hier beschriebenen Vorgänge unter den Begriff der Autoregulation subsumiert, so bedeutet das nicht, dass dieselben schon kausal erschlossen und erklärt sind. Aber alle Organismen sind in irgend einem Grade zu autoregulativen Vorgängen fähig und wenn man bedenkt, dass auch alle zur gleichmässigen Tätigkeit fähigen Mechanismen autoregulative Vorrichtungen besitzen, so wird man wohl die Grenzen der Kausalität nicht überschreiten, wenn man auch die Diploidisierung oder auch umgekehrt die Polyploidisierung als eine Autoregulation auffasst. Die zytologische Autoregulation hat wohl in der Evolution der Organismen eine bedeutende Aufgabe erfüllt. Insbesondere mögen den hier beschriebenen Vorgängen Erscheinungen nahe gestanden haben, welche zur Stabilisierung der autopolyploiden Rassen, Arten und Gattungen geführt haben.

Literatur

NĚMEC, B.: Das Problem der Befruchtungsvorgänge und andere zytologische Fragen. — Berlin 1910.

NĚMEC, B.: Über mixoploide Wurzelspitzen. — Biol. Plant. 3 : 253—264, 1961.

NĚMEC, B.: Über die Teilungsfähigkeit polyploider Zellen und die Restitution der mixoploiden Wurzelspitzen. — Biol. Plant. 4 : 161—169, 1962.

NĚMEC, B.: Anlage und Entwicklung mixoploider Seitenwurzeln. — Biol. Plant. 4 : 261—268, 1962.

Богумил Немец (Чехословацкая Академия Наук)

Саморасщепление миксоплоидных корневых верхушек

BIOLOGIA PLANTARUM (PRAHA) 5(1) : 15—18, 1963

Рассматривая свой богатый материал миксоплоидных корневых верхушек, я нашел корни, которые, казалось, избавлялись полиплоидных секторов таким образом, что расщеплялись в диплоидную и полиплоидную части. Отщепления полиплоидных тяжей довольно часты, однако, в описанных здесь случаях диплоидный сектор образует новую корневую верхушку, полиплоидный останавливает рост и вновь организованная верхушка продолжает расти. И это явление представляет определенный способ самоочистки и диплоидизации миксоплоидной верхушки. Условием, конечно, является то, что верхушка состояла из половины или больше диплоидных клеток и другая часть из клеток полиплоидных. После в верхушечной меристеме произойдет в диплоидной части дифференциация самостоятельной диплоидной верхушки, между тем как полиплоидная верхушечная часть постепенно или внезапно остановит деление своих клеток, некоторое время удлинится и в конце концов разрывается и отмирает. Я мог наблюдать некоторые подготовки к саморасщеплению на сравнительно ранних стадиях.