©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Der Einfluß von Colchicin auf kristallführende Kerne

Von

Ilse Wladarsch

Aus dem Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Universität Graz

Mit 28 Abbildungen

Eingelangt am 7. März 1964

Einleitung

Eiweißkristalle in Zellkernen wurden schon von Radlkofer 1859 für *Lathraea Squamaria* beschrieben. Es folgten dann mehrere Arbeiten über die Kristalle von *Pinguicula vulgaris* und *P. alpina* (Russow 1881, Klein 1882, Leitgeb 1888), *Utricularia vulgaris* (Klein 1882), *Galtonia candicans* (Leitgeb 1888, Digby 1910, Kiehn 1917) und *Campanula Trachelium* (Zimmermann 1893, Meyer 1920). Zusammenfassend berichten über das Vorkommen der Eiweißkristalle in Pflanzen Zimmermann 1893, Molisch 1913, Meyer 1920 und Tischler 1934. Es gibt aber nur wenige Angaben über das Verhalten dieser Einschlußkörper während der Mitose. Zimmermann 1893 untersuchte junges Gewebe der Fruchtknotenwand von *Melampyrum arvense* und beobachtete, daß die Kristalle während der Kernteilung ins Cytoplasma gelangen, hier aber sehr bald verschwinden, während in den beiden Tochterkernen von neuem Kristalle gebildet werden. Sperlich 1907 stellte fest, daß die Kristalle in *Alectorolophus* bereits in der Prophase verschwunden sind und auch außerhalb des Kernes nicht mehr auftreten. Die Tochterkerne enthalten unmittelbar nach vollzogener Teilung große Kristalle.

Der Einfluß des Colchicins auf kristallführende Kerne wurde bisher noch nicht untersucht. Es ist die Frage, ob der Kristallgehalt in colchicinierten Zellen gleich bleibt oder sich vermehrt. Um dies festzustellen, untersuchte ich colchicinierte Gewebe von *Galtonia candicans, Utricularia vulgaris* und *Campanula Trachelium*. Alle drei Arten standen mir in genügender Zahl zur Verfügung. Die deutlichsten Kristalle besitzt *Galtonia*. In ihren Geweben sollte das Verhalten der Nukleolen und Kernkristalle während der normalen und während der Colchicinmitose (C-Mitose) studiert werden. Es sollte auch beobachtet werden, ob unter dem Colchicineinfluß in den Pflanzen der drei angegebenen Arten ähnliche sekundäre Kernanomalien auftreten.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Material und Methodik

Von *Galtonia* erwiesen sich für Mitosestudien die Gewebe der jungen Blütenknospenstiele am geeignetsten. Die Zellen teilen sich hier sehr häufig, enthalten große Kerne und vor allem deutlich sichtbare Kristallstäbe. Wattebauschen, die mit einer 1%igen Lösung von Colchicinum pursissimum cryst. in Leitungswasser getränkt und öfters befeuchtet wurden, blieben 2 bis 3 Tage zwischen den Deckblättern und der Blütenstandsachse (vgl. GYÖRFFY 1940). Die Stiele der Blütenknospen von normalen und colchicinierten *Galtonia*-Pflanzen wurden 6 bis 12 Stunden mit einer gesättigten alkoholischen Sublimatlösung fixiert und hernach gründlich mit 70%igem Alkohol, dem Jodjodkalium zugesetzt war, gewaschen. Die aufgeklebten Paraffinschnitte färbte ich mit Hämatoxylin nach Delafield und Säurefuchsin an (vgl. ZIMMERMANN 1893). Sie blieben 12 Stunden in der Hämatoxylinlösung, wurden kurz mit Wasser ausgewaschen und mit 3%igem Eisenammonalaun differenziert, nochmals mit fließendem Wasser nachgewaschen und hernach 24 Stunden in 0,2%igem Säurefuchsin belassen. Die Schnitte, die abschließend mehrere Minuten bis 1 Stunde mit Leitungswasser ausgewaschen wurden, zeigen intensiv blauviolette Nukleolen, leuchtend rote Kristalle und violettes Chromatin.

Samen von *Campanula Trachelium* keimten auf Filtrierpapier, das mit 0,1%, 0,02%, 0,002% und 0,0008%iger Colchicinlösung durchtränkt

---

Abb. 1—20: *Galtonia candicans*. — Abb. 1—9: Kristallführende Kerne während einer normalen Mitose. — Abb. 1: Interphasekern mit Nukleolus und gabelförmigem Kristall. — Abb. 2: Frühe Prophase; Nukleolen und Kristalle noch vorhanden. — Abb. 3: Metaphase, Äquatorialplatte von oben; Kristall zwischen den Chromosomen. — Abb. 4: Metaphase, Äquatorialplatte von der Seite; Kristallstab noch in Chromosomennähe. — Abb. 5: Anaphase; Kristall bereits im Cytoplasma. — Abb. 6: Telophase; Tochterkern mit 4 Nukleolen, Kristall im Cytoplasma. — Abb. 7: Tochterkern mit zwei Nukleolen; Kristall im Cytoplasma. — Abb. 8: Tochterkern mit neugebildetem Kristall und zwei Nukleolen; alter Kristall noch im Cytoplasma. — Abb. 9: Interphasekern mit zwei Nukleolen und noch kleinem Kristall; alter Kristall noch nicht aufgelöst. — Abb. 10—20: Kristallführende Kerne während einer C-Mitose. — Abb. 10: Gelappter Interphasekern mit verschieden großen Nukleolen und Kristallen. — Abb. 11 bis 13: Interphasekerne mit großem Nukleolus und aufgesplitterten Kristallen, mit zahlreichen kleinen Nukleolen und zwei Kristallen, mit mehreren Nukleolen und aufgesplitterten Kristallen. — Abb. 14: Ausgebuchteter Interphasekern mit mehreren Nukleolen und Kristallen. — Abb. 15: Frühe Prophase; Nukleolen und Kristalle noch vorhanden. — Abb. 16, 17: Blockierte Metaphase; zwischen kurzen verdickten Chromosomen liegen die Kristalle. — Abb. 18: Ball-Metaphase; Kristalle umgeben die zusammengekrümmten Chromosomen. — Abb. 19: Blockierte Metaphase; verkürzte Chromosomen um die inaktivierte Spindelsubstanz (chromosomenfreier Bereich in der Mitte) gelagert. Kristalle nach außen gedrängt. — Abb. 20: Normale Anaphase durch Colchicin gestört; Kristall im Cytoplasma.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

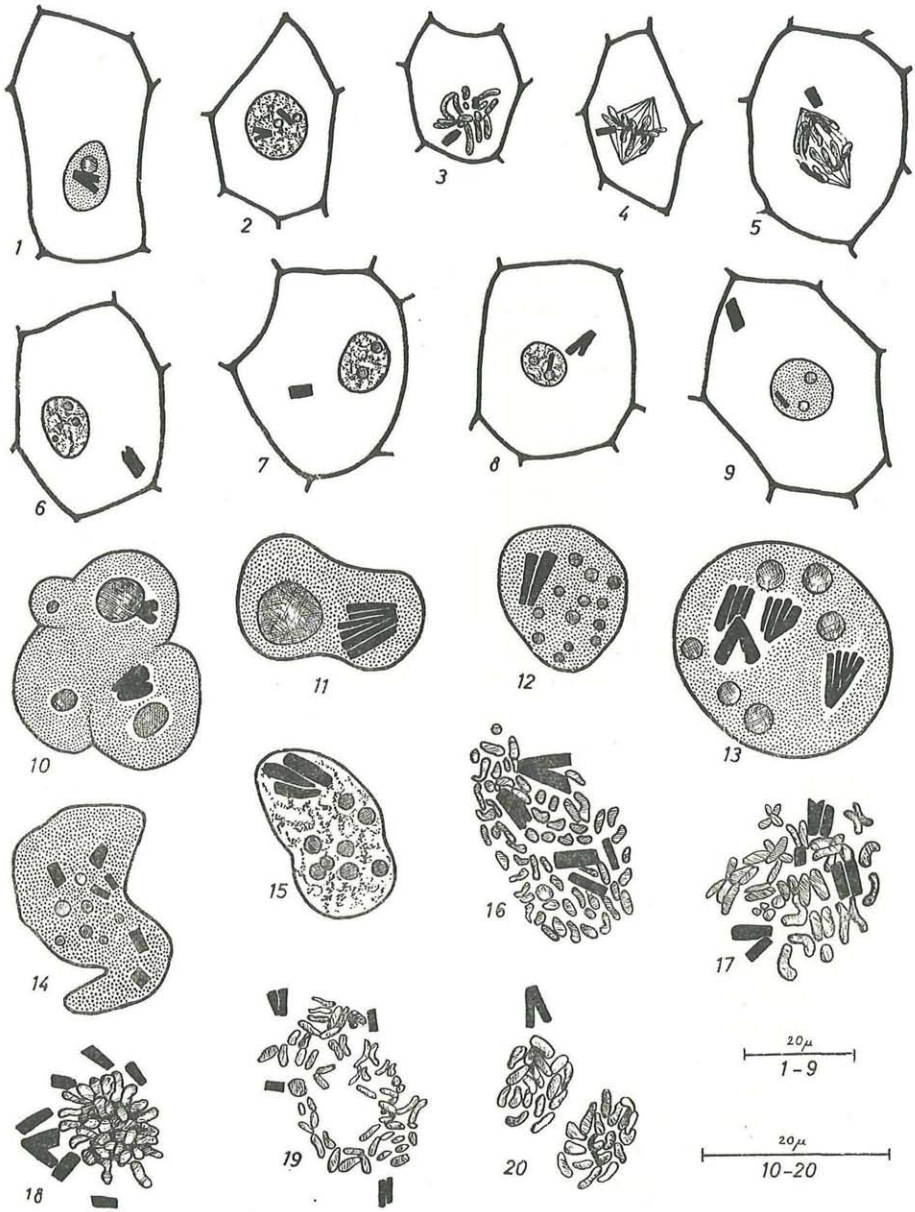

Abb. 1—20
(Erklärung auf der Seite gegenüber)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

war. Nach einigen Tagen wurden die Keimlinge auf wasserdurchtränktes Filtrierpapier übertragen und die Epidermiszellen der Kotyledonen und des Hypokotyls untersucht.

Frisch gesammelte, annähernd gleich große vegetative Sprosse von *Utricularia vulgaris* wurden in 1,0%, 0,05%, 0,02% und 0,005%iger Colchicinlösung kultiviert. Untersucht wurden Zellen der Sproßepidermis nahe der Vegetationsspitze.

Galtonia candicans

a) Verhalten der Kristalle während der normalen Mitose

Galtonia wurde, wie viele *Liliaceae*, häufig cytologisch untersucht (Strasburger 1906, Digby 1910, Kiehn 1917, Nawaschin 1927). Der diploide Chromosomensatz setzt sich aus 12 großen und 4 kleinen Chromosamen zusammen. Nur Digby 1910, die sich hauptsächlich mit der Morphologie der Chromosomen und mit den Nukleolen im Verlauf der Mitose beschäftigt, erwähnt kurz das Vorkommen der Kristalle. Sie wies darauf hin, daß „the bodies" während der Prophase im Kern liegen und bei der Spindelbildung ins Cytoplasma übertreten.

Im Interphasekern finden sich meist ein oder zwei Kristallstäbe neben ebenso vielen Nukleolen (Abb. 1). Häufig tritt um die Kristallkörper ein Hof auf, den Digby 1910 und Kemp 1910 für eine natürliche Struktur, Kiehn 1917 jedoch für ein Fixierungsartefakt halten.

In der Prophase liegen Kristall bzw. Kristalle innerhalb eines lockeren Fadenknäuels (Abb. 2). Er ist auch noch vorhanden, wenn sich die Kernmembran bereits vollständig aufgelöst hat. Im Laufe der Metaphase findet man den Kristall von Spindel und Chromosomen etwas entfernt (Abb. 3, 4). Er wird auch während der Anaphase noch im Cytoplasma angetroffen (Abb. 5). Sobald in der Telophase keine Chromosomenreste mehr vorhanden sind, die Kerne aber noch eine stark gekörnte und inhomogene Struktur zeigen, können bereits feine Kristallstäbchen angelegt sein (Abb. 7, 8). Diese werden allmählich größer, während der Kern ein homogenes Aussehen annimmt. In den meisten Zellen hat sich zu dieser Zeit der alte Kristallstab im Cytoplasma bereits aufgelöst. Manchmal kann er hier aber noch beobachtet werden, während in den Tochterkernen schon wieder die neuen Kristalle vorhanden sind (Abb. 9). Bevor sie aber annähernd die Größe des ursprünglichen Proteinstabes erreicht haben, wird dieser resorbiert. Auflösungsstadien sind jedoch auch bei *Galtonia* nicht anzutreffen.

Anders als die Kristalle verhalten sich während der Mitose die Nukleolen. Digby 1910 beobachtete, daß der Nukleolus zu Beginn der Metaphase von der Spindel weg ins Cytoplasma gestoßen wird und zum Zeitpunkt der fertig ausgebildeten Äquatorialplatte vollkommen verschwunden ist. In der Nähe der Tochterkerne treten lichtbrechende Körper auf, die Digby 1910 als die Reste des Nukleolus deutet. Sie nimmt an, daß in der Telophase wieder ein oder zwei Nukleolen gebildet werden. Es be-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

steht aber auch die Möglichkeit, daß sich der Nukleolus in der frühen Prophase teilt und zwei Nukleolen aus ihm hervorgehen.

An Hand meiner Präparate habe ich ein Auflösen der Nukleolen beobachtet, nachdem die Kernmembran verschwunden ist (Abb. 3—5). Sie treten in der Telophase anfangs zu zweit oder viert wieder auf (Abb. 6) und verschmelzen entweder gleich darauf oder erst in den Tochterkernen zu ein oder zwei größeren Sekundärnukleolen. Diese sind für den späteren Interphasekern charakteristisch.

b) Verhalten der Kristalle während der C-Mitose

Für die spezifische Wirkung des Colchicins auf den Mitoseablauf führte LEVAN 1938 den Ausdruck „colchicine mitosis (c-mitosis)" ein. Es wurden Studien der einzelnen Mitosestadien sowohl an fixiertem als auch an lebendem Material durchgeführt, und EIGSTI & DUSTIN 1955 faßten alle bis dahin erschienenen Ergebnisse im Buch „Colchicine" zusammen. Das Wesen der C-Mitose läßt sich auf eine einzige Tatsache, das Inaktivieren des Spindelapparates, zurückführen. Daneben treten aber auch noch zahlreiche sekundäre Kernanomalien auf. So entstehen häufig morulaartig unterteilte, viellappige Riesenkerne. Sie sehen grob strukturiert aus und enthalten stark vergrößerte und zahlreiche Nukleolen. (Vgl. DUSTIN, HAVAS & LITS 1937, MANGENOT 1942, MARTIN 1945, SOLACOLU & CONSTANTINESCO 1938, WETTSTEIN 1953, SHARMA & BHATTACHARYYA 1962). HERICH 1963 beobachtete in Zellen der meristematischen Zone von *Vicia Faba*-Wurzelspitzen Deformationen, Brüche und ein Zusammenschließen der Nukleolen unter Colchicin-Einfluß.

Das Färbebild der Kerne colchicinierter Pflanzen weist deutliche Unterschiede gegenüber den Kontrollen auf. Entweder sind die Nukleolen und Kristalle gleichzeitig rot oder violett gefärbt, oder sie sind mischfarbig. Differenzierte Farbunterschiede (rote Kristalle und violette Nukleolen), wie sie für den Normalfall charakteristisch sind, fehlen, da sich das Hämatoxylin aus den Kristallen nicht früher als aus den Nukleolen auswaschen läßt. Die Kristalle können von den Nukleolen nur durch ihre Umrißformen unterschieden werden. Das Colchicin dürfte auch diese Proteinkörper, ähnlich wie die Spindelsubstanz, strukturell oder chemisch verändert haben.

Den Großteil der Kerne findet man im Interphasestadium vor. Sie zeigen stark geänderte Formen, sind ausbebuchtet, gelappt oder haben sogar eine morulaartige Gestalt angenommen (Abb. 10—14). Ihr Volumen ist auf das 4-bis 6-fache angestiegen, während sich die Zellen nur in geringerem Maße vergrößert haben. Colchicin scheint hier ein deutlich voneinander unabhängiges Zell- und Kernwachstum herbeigeführt zu haben. Das Karyoplasma der Restitutionskerne erscheint grobkörnig und stark hydratisiert. Die Nukleolarsubstanz ist bedeutend angewachsen und anstelle des meist in der Einzahl auftretenden Nukleolus sind mehrere von verschiedener

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Größe vorhanden; ihre Zahl kann sogar 13 betragen (Abb. 12). Es treten aber auch Zellen auf, in denen die gesamten Nukleolarsubstanz in einem einzigen Körper vereint ist, der einen großen Teil des Kernes ausfüllt (Abb. 11). Solche Riesennukleolen entstehen offensichtlich durch Fusion. Ein Zusammenhang zwischen Nukleolen- und Kerngröße ist nicht festzustellen.

Nicht nur die Nukleolen treten zahlreicher auf, sondern auch die Substanz der Eiweißkristalle im Kern ist stark vermehrt. Zellkerne, die durch Colchicin stark vergrößert werden, scheinen auch eine Zunahme der Eiweißsubstanz erfahren zu haben. Diese wird entweder in einer Vielzahl von kleinen Kristallen, manchmal aber auch als ein einziger Riesenkörper ausgeschieden. Die Kristalle der Restitutionskerne sind vielfach breiter als die normaler Kerne, ihre Länge ist dabei aber annähernd gleich geblieben. Sie scheinen während der C-Mitose auch stärker hydratisiert worden zu sein. Behandelt man Zellen eines Dauergewebes längere Zeit (12 bis 24 Stunden) mit 1%iger C-Lösung, so verändern sich die Kristalle in den Kernen nicht mehr.

In colchicinierten Zellen von *Galtonia* treten mehrere Kristalle auf. Es könnte sich dabei entweder um ein Anlagern oder Aufsplittern von Kristallschichten handeln. Die Eiweißkörper liegen häufig in einer Vakuole. Im Gegensatz dazu zeigen Interphasekerne, die nach einer normalen Mitose entstehen, keine Vakuolen um die neu entstandenen Kristallstäbe.

Am Beginn des Prophasestadiums lassen sich noch etwas längere Chromosomenschleifen erkennen. Sowohl mehrere Nukleolen als auch Kristalle sind zwischen den Chromosomen zu sehen (Abb. 15). Diese können am besten im Stadium der „blockierten Metaphase" beobachtet werden. Sie sind verkürzt, dick und liegen meist unregelmäßig im Cytoplasma verstreut (Abb. 16, 17). Da die Chromosomenzahl 2n = 16 beträgt, dürften die Kerne meist im octoploiden Zustand vorliegen. Nur in seltenen Fällen sind „C-Paare" (vgl. Levan 1938) zu sehen, weil die Tochterchromosomen

---

Abb. 21, 22: *Campanula Trachelium*, Epidermis des Hypokotyls. — Abb. 21: normal; Kristallspindel und ein bis zwei Nukleolen im Kern. — Abb. 22: Colchiciniert (0,005%); Kristallspindel und Nukleolen in stark vergrößerten, abgerundeten Kernen. — Abb. 23—28: *Utricularia vulgaris*. Abb. 23: Epidermis eines Kontrollsprosses; Kerne mit je einem Nukleolus und vielen Kristallplättchen, Drüsenzellen ohne Kristalle. — Abb. 24: Epidermis eines colchicinierten Sprosses (1%). — Abb. 25: Epidermis eines colchicinierten Sprosses (0,02%); Kernmembran zum Großteil verschwunden, Kristallplättchen vergrößert; Drüsenzellen unverändert. — Abb. 26: Kerne mit je einem Nukleolus und mehreren Kristallplättchen aus Epidermis eines normalen Sprosses nahe der Vegetationsspitze. — Abb. 27, 28: Kernkristalle aus colchicinierten Sproßepidermen (0,02%). — Abb. 27: Kristallplättchen stark vergrößert, Kernmembran nicht sichtbar. — Abb. 28: Kern und Kristallplättchen nur wenig vergrößert, Kernmembran vorhanden.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

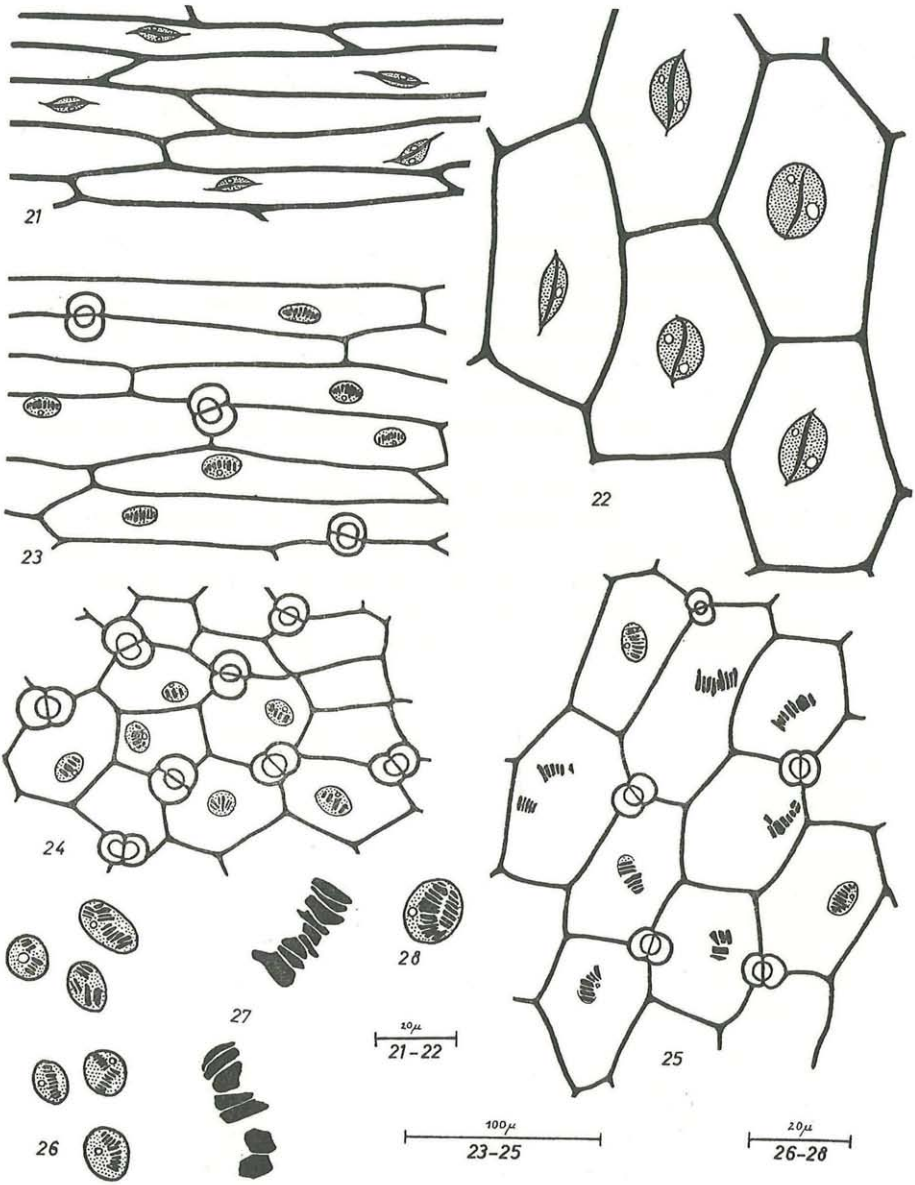

Abb. 21—28
(Erklärung auf der Seite gegenüber)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

zusammengeklebt bleiben oder sich zu dieser Zeit noch nicht getrennt haben. Von den durch BARBER & CALLAN 1943 aufgestellten Metaphasetypen ist nur der „unoriented" Typus zu finden. Die Nukleolen lösen sich wie in der normalen Mitose zu Beginn der Metaphase auf. Die Kristalle liegen dagegen zwischen den Chromosomen oder sind auch schon etwas an den Rand gedrängt worden. Die Chromosomen ordnen sich bisweilen um einen „freien Fleck" an; es dürfte sich dabei um die „achromatic sphere" (EIGSTI & DUSTIN 1955: 27), inaktiviertes Spindelmaterial, handeln (Abb. 19). Dieser Körper hat eine ovale Form und färbt sich mit Säurefuchsin intensiver als das Cytoplasma. Neben der „exploded metaphase" haben sich in einigen Zellen auch „Ball-Metaphasen" (BARBER & CALLAN 1943, REESE 1950) ausgebildet. Um die zusammengeklumpten und teilweise fusionierten Chromosomen lagern sich die Kristalle an (Abb. 18). Wann sich die Kristalle auflösen oder neu bilden, ist aus meinen Schnitten nicht zu entnehmen. Solange noch Chromosomen vorhanden sind, sieht man stets die Kristalle; sie sind aber auch in jedem Interphasekern enthalten.

Zellen, die zum Zeitpunkt der normalen Anaphase vom Colchicin getroffen werden, können die Spindel noch rückbilden. Die Chromosomen sind etwas verkürzt, Nukleolen sind noch nicht vorhanden und der einzelne Kristallstab liegt frei im Cytoplasma (Abb. 20). Die bipolar angeordneten Chromosomen werden nicht mehr durch einen Phragmoblast getrennt, sondern in einem tetraploiden Restitutionskern vereint.

Campanula Trachelium

In den Geweben colchicinierter Pflanzen beobachtete ich neben normalen Mitosen in den Epidermiszellen der Keimblätter und des Hypokotyls vorwiegend solche mit erhöhten Chromosomenzahlen. Es dürfte ein mixoploides Gewebe vorliegen. *C. Trachelium* besitzt diploid 34 Chromosomen (MARCHAL 1920). Diese sind sehr klein und es ist daher schwierig, den Polyploidiegrad der Kerne festzustellen. Sie dürften meist octoploid sein.

Die Größenzunahme der Kerne läßt sich besonders gut in den Epidermen des Hypokotyls und der Keimblätter beobachten. Vielfach ist das Volumen der Kerne unter dem C-Einfluß so stark angewachsen, daß die langen Kristallspindeln als ganzes von ihnen eingeschlossen werden und kaum mehr daraus hervorragen (Abb. 22). Konzentrationen von 0,1 und 0,005% zeigen in ihrer Wirkung keinen Unterschied. Eine Zunahme der Zahl der Nukleolen und Kristalle ist nie festzustellen (vgl. hiezu Abb. 21, 22). Auch colchicinierte Zellen enthalten immer nur einen Kristall neben ein oder zwei Nukleolen. In mehreren Kernen haben sich die Nukleolen etwas vergrößert.

Utricularia vulgaris

In *Utricularia* konnten leider, auch in Sproßepidermen nahe der Vegetationsspitze, nie Kernteilungen beobachtet werden. In sehr hohen

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

(1%) C-Konzentrationen haben die Kerne die gleiche Größe (Abb. 24) wie in Kontrollpflanzen (Abb. 23). Deutliche Unterschiede treten aber in einer 0,05 und 0,02%igen C-Lösung auf. Die Kerne sind stark vergrößert und enthalten Kristalle, deren Gesamtvolumen ein Vielfaches des normalen beträgt (Abb. 25). Die Plättchenstruktur im Aufbau der Kristallreihen ist dabei vollkommen erhalten geblieben und die Proteinkörper sehen, verglichen mit den normalen (Abb. 26), gequollen aus; eine Membran ist bei diesen kristallführenden Kernen selten zu beobachten, der Nukleolus ist meist verdeckt (Abb. 27). Falls er in vereinzelten Fällen aber noch zu sehen ist, so tritt er auch in colchicinierten Pflanzen stets nur in der Einzahl und unvergrößert auf (Abb. 28). Nie sieht man deformierte Kerne oder mehrkernige Zellen.

Schlußbetrachtung

Somit scheinen in *Galtonia* Kernkristalle während der normalen Mitose stets ins Cytoplasma überzutreten und hier, wenn auch nicht immer zum gleichen Zeitpunkt, resorbiert zu werden. Demgegenüber stellte SPERLICH 1907 diesen Fall als sehr selten hin, da es ZIMMERMANN 1893 nur einmal und ihm selbst, trotz Untersuchung reichen Materials, nie gelungen ist, solche Stadien festzuhalten.

Der Ablauf der C-Mitose in den drei untersuchten Pflanzen dürfte wohl in seinen wesentlichen Abschnitten gleich sein. Diese lassen sich, begünstigt durch die Größe der Chromosomen, nur in *Galtonia* genauer beobachten.

Im Unterschied zur normalen Mitose, bei der die Kristalle ins Cytoplasma ausgestoßen werden, bleiben die Proteinkörper während der C-Mitose in der Nähe der Chromosomen. Trotzdem vermute ich aber, daß sie sich auflösen, denn es treten nicht nur Kerne mit einer Vielzahl von kleinen Kristallen auf, sondern die vermehrte Eiweißsubstanz kann auch in einem einzigen Riesenkristall vereint sein.

Wesentliche Unterschiede ergeben sich aber bei den drei untersuchten Arten bezüglich der Kernformen, sowie des Nukleolar- und Kristallgehaltes.

Galtonia candicans, *Utricularia vulgaris* und *Campanula Trachelium* zeigen unter C-Einfluß stark vergrößerte Kerne. Ihre Form wird in *Utricularia*, wie in den normalen Pflanzen, von den Kristallreihen bestimmt. Die Kerne in *Campanula* sind meist oval oder rundlich und kaum mehr von der Eiweißspindel geformt. Abnorme Formen bilden sich nur in *Galtonia* aus. Das Volumen der Kerne ist hier in einem weit größeren Maße als das der Zellen angestiegen. Die geänderte Kern-Zell-Relation, die durch Colchicin herbeigeführt wird, ist auch von WETTSTEIN 1953 an keimenden Sporen von *Funaria* beschrieben worden. Er vermutet, daß für die Zunahme der Kerngröße der vervielfachte Chromosomensatz ausschlaggebend sein kann, aber keinesfalls die unbedingte Ursache darstellen muß. Die vergrößerten Kerne von *Campanula* scheinen ebenfalls auf höhere Chromoso-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

menzahlen zurückzugehen, während die Größe der Kerne in *Galtonia* auch vom angestiegenen Nukleolar- und Kristallvolumen bestimmt wird. Die Kerne machen einen stark hydratisierten Eindruck, ähnlich jenen, die SHARMA & BHATTACHARYYA 1962 in *Trigonella foenum-graecum* beschrieben hatten.

Im Gegensatz zu den Angaben von WETTSTEIN 1953, daß sich die Korngröße in Keimlingen von *Funaria hygrometrica* mit der jeweiligen C-Konzentration ändert, bleiben die Kerne von *Campanula Trachelium* in 0,1% und 0,005%igem Colchicin, das ist innerhalb eines Konzentrationsbereiches 1 : 20 gleich groß.

In colchicinierten Blattepidermen von *Utricularia* und *Campanula* sind trotz zahlreicher abgelaufener Teilungen Größe und Zahl der Nukleolen nahezu gleich wie bei den Kontrollen. Nur im Gewebe des Fruchtknotens und der Stiele der Blütenknospen von *Galtonia* hat sich die Nukleolarsubstanz stark vermehrt. Es läßt sich aber kein Zusammenhang zwischen Kern- und Nukleolengröße feststellen.

Das Entstehen der Nukleolen hängt vom Nukleolenorganisator ab. Dieser stellt ein „differenziertes Segment in bestimmten Chromosomen" dar (SIRLIN 1961: 146). Dadurch ist aber auch die maximale Anzahl der Nukleolen festgelegt. Der enge Zusammenhang zwischen Nukleolen und bestimmten Chromosomen zeigt sich auch darin, daß die Zahl der Nukleolen von der Zahl der Chromosomensätze abhängig ist (BRACHET 1957). SCHREIBER 1960 sieht darin einen zuverlässigen Weg, den Grad der Ploidie zu bestimmen. Allerdings kann dies nur in jungen Zellen, in denen die Nukleolen noch nicht verschmolzen sind, geschehen.

In Tochterkernen von *Galtonia* können aber normalerweise schon mehrere Primärnukleolen auftreten. Sie verschmelzen regelmäßig zu ein oder zwei Sekundärnukleolen, wobei die zufällige Lage der entsprechenden SAT-Chromosomen eine Rolle spielt (vgl. hiezu TISCHLER 1951). NAWASCHIN 1927 stellte für *Galtonia* 2 Trabantenchromosomen fest. Häufig treten aber in ganz normalen Wurzelspitzen tetraploide Kerne auf, in denen dann stets 4 Trabanten entdeckt wurden. Diese sind „in reifen Spiremen dem Nukleolus angelagert" (NAWASCHIN 1927). Im colchicinierten Gewebe der Blütenknospenstiele von *Galtonia* fand ich als Höchstzahl 13 Nukleolen. Falls auch hier ein Rückschluß auf den Ploidiegrad zulässig ist, so müßten zu dieser Zeit die Zellen bereits einen 16fachen Chromosomensatz enthalten haben. Die 3 fehlenden Nukleolen waren zu dieser Zeit anscheinend schon mit den anderen Nukleolen verschmolzen. SIRLIN 1961 meint hingegen, daß die Nukleolen in tierischen Tumorzellen keine charakteristischen Züge aufweisen. Ob dies auch für den pflanzlichen „Colchicin-Tumor" gilt, vermag ich nicht zu entscheiden. Die Zahl der Nukleolen in colchicinierten Zellen — zahlreiche einzelne oder wenige Riesenkörper — dürfte wohl mehr vom Zufall abhängen. HERICH 1963 meint, daß die Anordnung der jeweiligen Chromosomen in der Zelle und die Art, wie die pronukleo-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

lare Substanz auf den Chromosomen lokalisiert ist, hiefür ausschlaggebend sind.

Man nimmt an, daß Mitosespindel und Nukleolen nur ein einziges Protein enthalten und in ihrem chemischen Aufbau sehr ähnlich sind (SIRLIN 1961). Da bekannt ist, daß „all concentrations of colchicine conditioned a decrease in the structural viscosity of the spindle substance ..." (NORTHEN 1950: 710), so wäre es auch erklärlich, daß die Proteine, die am Aufbau der Nukleolen beteiligt sind, in ähnlicher Weise verändert würden. Das meist eintretende Zusammenfließen der Nukleolarsubstanz zu großen Kugeln dürfte durch die chemischen Veränderungen begünstigt werden.

Die drei untersuchten Pflanzen unterscheiden sich nicht nur bezüglich ihrer Nukleolen voneinander, sondern weisen auch große Unterschiede in ihrem Kristallgehalt auf. TISCHLER 1951 sieht in den Zellkernkristallen ein Abscheidungsprodukt der Karyolymphe. Da sich die Zellkerne durch das Colchicinieren stark vergrößert haben, so dürfte in ihnen auch die Menge des kristallisierbaren Eiweißes vermehrt worden sein.

Das Volumen der Kernkristalle in *Utricularia* ist durch Colchicin manchmal bis auf das Vierfache des normalen angestiegen. *Galtonia* bildet entweder zahlreiche kleine oder auch einzelne Riesenkristalle aus. Das Kristalleiweiß scheint in diesen beiden Pflanzen nicht nur mengenmäßig zugenommen zu haben, die Kristalle sehen auch gequollen aus. Dies läßt sich besonders gut an den dicken Kristallplättchen in *Utricularia* und den verbreiterten Kristallstäben von *Galtonia* feststellen. Es wäre denkbar, daß auch diese Proteine vor dem Auskristallisieren im Verlauf der Telophase, ähnlich wie die Spindelsubstanz, verändert worden sind. Neben dem veränderten Aussehen der Nukleolen und Kristalle spricht dafür auch die geänderte Affinität zu Hämatoxylin und Säurefuchsin. Über den chemischen Aufbau dieser Kernkristalle ist noch nichts Genaues bekannt.

Kernkristalle aus Zellen von Dauergeweben werden durch C-Lösungen auch dann nicht mehr verändert, wenn diese sogar tagelang darauf einwirken. MOLÈ-BAJER 1953 beobachtete hingegen, daß Spindeln aus Virus-eiweiß, wie sie in *Peireskiopsis* auftreten, durch eine 5%ige C-Lösung (in 20%igem Alkohol) irreversibel zerstört werden. Aus den Spindeln entstehen unregelmäßig geformte, granulierte Körper. Es dürfte dabei aber der Zusatz von Alkohol wesentlich mitgewirkt haben.

Zusammenfassung

1. In *Galtonia* werden die Kernkristalle während einer normalen Mitose zum Zeitpunkt der Metaphase ins Cytoplasma ausgestoßen und lösen sich hier in der frühen Telophase auf. In Ausnahmefällen sind sie aber noch im Cytoplasma zu beobachten, wenn die Tochterkerne bereits die neuen Kristalle enthalten. Nukleolen verschwinden in der frühen Metaphase; sie treten in der Telophase anfangs in vermehrter Zahl auf und verschmelzen erst nachträglich.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

2. Während der Colchicin-Mitose bleiben die Kristalle im Gegensatz zur normalen Mitose stets in Chromosomennähe. Sie sind bis zur frühen Telophase sichtbar, scheinen sich dann aufzulösen und treten in den Interphasekernen in vermehrter Zahl oder als Riesenkristalle auf. Auch die Nukleolen vermehren sich stark und können zusammenfließen.

3. Kerne colchicinierter *Galtonia*, *Utricularia* und *Campanula* vergrößern sich stark. In *Galtonia* nehmen Zahl und Größe der Kristalle und der Nukleolen auffallend zu; in den Kernen von *Utricularia* bleiben die Nukleolen unverändert, während sich die reihenförmig angeordneten Proteinplättchen wesentlich vergrößert. Die Eiweißspindeln im Kern von *Campanula* verändern sich durch das Colchicinieren kaum, die Nukleolen nehmen etwas an Größe zu.

Nachtrag

Während des Druckes wird mir durch Zufall noch eine ältere Arbeit bekannt, in der ähnliche Probleme bereits behandelt worden sind: Gavaudan P., Poussel H. & Arnaud-Lamardelle 1957. Sur les cristalloides intranucléaires de *Galtonia Candicans* Dcne. — Trav. Labor. Biol. véget., Fac. Sc. Poitiers, 9: (5 unbezifferte Seiten). Die Autoren untersuchten das Verhalten der Kernkristalle während der normalen Mitose und der Colchicin-Mitose in Wurzelgeweben von *Galtonia*. Sie beobachteten, daß diese Einschlußkörper während der Prophase einer normalen Mitose in das Cytoplasma ausgestoßen und hier resorbiert werden, wobei verschiedene Auflösungsstadien auftreten können. Die Kristalle fehlen in der Telophase und scheinen im Interphasekern neu gebildet zu werden. Während der Colchicin-Mitose bleiben die Proteinkörper hingegen in Chromosomennähe, werden stark vergrößert und vermehrt. Nähere Einzelheiten oder Abbildungen fehlen der Arbeit.

Schrifttum

Barber H. & Callan H. 1943. The effects of cold and colchicine on mitosis in the newt. — Proc. roy. Soc. London, Ser. B 131: 258—271.

Brachet J. 1957. Biochemical Cytology. New York.

Digby L. 1910. The somatic, premeiotic, and meiotic nuclear divisions of *Galtonia candicans*. — Ann. Bot. 24: 727—757.

Dustin A., Havas L. & Lits F. 1937. Action de la colchicine sur les divisions cellulaires chez les végétaux. — C. r. Ass. Anatomistes 32: 177—181.

Eigsti O. J. & Dustin P. 1955. Colchicine. Iowa.

Györffy B. 1940. Die Colchicinmethode zur Erzeugung polyploider Pflanzen. — Züchter 12: 139—149.

Herich R. 1963. Influence of colchicine on nucleoli. — Caryologia 16: 521—523.

Kemp H. P. 1910. On the question of the occurrence of „heterotypical reduction" in somatic cells. — Ann. Bot. 24: 775—803.

Kiehn Ch. 1917. Die Nukleolen von *Galtonia candicans* Decsne. — Diss. Marburg.

Klein J. 1882. Die Zellkern-Krystalloide von *Pinguicula* und *Utricularia*. — Jb. wiss. Bot. 13: 60—73.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

LEITGEB H. 1888. Krystalloide in Zellkernen. — Mitt. bot. Inst. Graz 3: 113—122.

LEVAN A. 1938. The effect of colchicine on root mitosis in *Allium*. — Hereditas 24: 471—486.

MANGENOT G. 1942. Action de la colchicine sur les racines d'*Allium Cepa*. — Actual. sci. ind. 915. Paris.

MARCHAL E. 1920. Recherches sur les variations mumiriques des chromosomes dans la série végétale. — Mém. Acad. roy. Belg. Sér. 2, 4: 1—108.

MARTIN G. 1945. Action de la colchicine sur les tissus de topinambour cultivés „in vitro". — Rev. Cytol. Cytophysiol. vég. 8: 1—34.

MEYER A. 1920. Analyse der Zelle 1. Jena.

MOLÈ-BAYER J. 1953. Experimental studies on protein spindles. — Acta Soc. Bot. Poloniae 22: 811—828.

MOLISCH H. 1913. Mikrochemie der Pflanze. Jena.

NAWASCHIN S. 1927. Zellkerndimorphismus bei *Galtonia candicans* DES. und einige verwandten Monokotylen. — Ber. dt. bot. Ges. 45: 415—428.

NORTHEN H. T. 1950. Alterations in the structural viscosity of protoplasm by colchicine and their relationship to c-mitosis and c-tumor formation. — Amer. J. Bot. 37: 705—711.

RADLKOFER L. 1859. Über Krystalle proteinartiger Körper pflanzlichen und thierischen Ursprungs. Leipzig.

REESE G. 1950. Beiträge zur Wirkung des Colchicins bei der Samenbehandlung. — Planta 38: 324—376.

RUSSOW E. 1881. Über das Vorkommen von Krystalloiden bei *Pinguicula vulgaris*. — S. B. Dorpater naturf. Ges. 5: 417—418.

SCHREIBER G. 1960. Ricerche di citologia quantitativa. — Z. mikr.-anat. Forsch. 66: 301—328.

SHARMA A. K. & BHATTACHARYYA U. C. 1962. The differential effect of colchicine on seeds and seedlings of *Trigonella foenum graecum* L. and the influence of temperature on the effect. — Phyton, Vicente López 18: 39—50.

SIRLIN J. L. 1961. Der Nukleolus. — Endeavour 20: 146—153.

SOLACOLU T., CONSTANTINESCO D. & CONSTANTINESCO M. 1938. Étude anatomique et cytologique des modifications provoquées par le mélange obtenu d'une substance organoformative et de la colchicine. — C. r. Acad. Sci. Paris 207: 246—249.

SPERLICH A. 1907. Die Zellkernkrystalloide von *Alectorolophus*. — Beih. bot. Cbl. 21: 1—41.

STRASBURGER E. 1906. Typische und allotypische Kernteilung. — Jb. wiss. Bot. 42: 1—71.

TISCHLER G. 1934. Allgemeine Pflanzenkaryologie. — In: Handb. Pflanzenanatomie 2, 1. Hälfte, 2. Aufl. Berlin.

— 1951. Allgemeine Pflanzenkaryologie. — In: Handb. Pflanzenanatomie 2. 2. Hälfte, 2. Aufl. Berlin-Nikolassee.

WETTSTEIN D. v. 1953. Beeinflussung der Polarität und undifferenzierte Gewebebildung aus Moossporen. — Z. Bot. 41: 199—226.

ZIMMERMANN A. 1893. Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. 1. Tübingen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1964

Band/Volume: 11_1_2

Autor(en)/Author(s): Wladarsch Ilse

Artikel/Article: Der Einfluss von Colchicin auf kristallführende Kerne. 37-49