

Über den Einfluß von extremen Temperaturen auf die Zellen der Wurzelspitze von *Galtonia candicans*.¹⁾

Von

Dr. Peter Georgevitch.

Mit Tafel VI und VII.

Über die Einwirkung von extremen Temperaturen auf die Zellen des Sprosses von *Vicia Faba* hat Franz Roland Schrammen²⁾ berichtet. Seine diesbezüglichen Resultate hat Schrammen nur teilweise mit denjenigen verglichen, welche Ch. Hottes bei ähnlichen Experimenten in den Zellen der Wurzelspitze von *Vicia Faba* gewonnen hatte, die aber von Strasburger in seiner Abhandlung: „Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildung im Pflanzenreiche“ (Jena 1900) mitgeteilt wurden. Bis jetzt ist aber keine cytologische Studie veröffentlicht worden, welche uns mit sämtlichen Veränderungen in den Zellen der Wurzelspitze irgend einer, dem Einflusse von extremen Temperaturen ausgesetzten Pflanze bekannt machen sollte.

Demnach wird die Aufgabe meiner Arbeit sein, eine Untersuchung aller Veränderungen in den Zellen der Wurzelspitze von *Galtonia candicans* unter dem Einfluß von extremen Temperaturen zu bieten, sowie meine diesbezüglichen Resultate mit den von Schrammen schon mitgeteilten für *Vicia Faba* zu vergleichen.

Material und Methoden.

Untersucht wurden bei allen Experimenten die Wurzelspitzen von *Galtonia candicans*. Die Zwiebel dieser Pflanze ließ ich bei Zimmertemperatur im reinen Leitungswasser 3—4 Tage keimen, und nachdem die Wurzelspitzen eine Länge von 1—2 cm erreicht

¹⁾ Die vorliegende Arbeit ist in den Annalen der Serbischen Akademie der Wissenschaften zu Belgrad erschienen, und mit ihrer Bewilligung wird auch dieser Auszug veröffentlicht.

²⁾ Über die Einwirkungen von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia Faba*. [Inauguraldissertation.] Bonn 1902.

hatten, wurden sie zu den Experimenten mit extremen Temperaturen verwendet.

Es wurden zweierlei Experimente vorgenommen: bei höheren Temperaturen bis $+ 40^{\circ}$ C und niederen bis $- 5^{\circ}$ C.

Zum Erzeugen von höheren Temperaturen diente der gewöhnliche Wärmekasten mit genauer Wärmeregulierung. Dagegen zum Erzeugen von niederen Temperaturen diente eine Mischung von Eis und Kochsalz oder die natürliche Kälte bei kalten Wintertagen.

In beiden Fällen wurde aber das Wasser im Gefäß zuerst bis zur gewünschten Temperatur erwärmt oder abgekühlt, und erst dann die gekeimte Zwiebel darin eingetaucht.

Nach vollendetem Experimente wurde eine gewisse Anzahl von Wurzelspitzen abgeschnitten und in die bis zur entsprechenden Temperatur erwärmte oder abgekühlte Fixierungsflüssigkeit eingetaucht.

Als Fixierungsflüssigkeit diente das Flemming'sche Gemisch, in welcher die Objekte 48 Stunden verblieben. Das Auswaschen und die Entwässerung der Objekte, sowie die Überführung ins Parafinbad erfolgte in bekannter Weise.

Es wurde ausschließlich die Schnittmethode angewendet; die Dicke der Mikrotomschnitte betrug vorwiegend 6μ .

Die Schnitte wurden nach Flemming mit drei Farben gefärbt.

Der normale Zellkern von *Galtonia candicans* enthält im Ruhezustande verhältnismäßig wenig Chromatin, welches an der Kernperipherie verteilt ist. In der Mitte des Zellkernes befindet sich ein großer Nukleolus, der in der Mitte seiner Masse eine Vakuole aufweist und vom chromatischen Kernnetze durch einen hellen Hof getrennt ist.

Der übrige Zellraum ist von Cytoplasma alveolarer Struktur ganz erfüllt.

I. Trophoplasma.

Die Zellen aus der Wurzelspitze, die einige Zeit lang bei niederen Temperaturen kultiviert waren, sind von Trophoplasma erfüllt, welches nur wenige Vakuolen aufweist. Außerdem enthält das Trophoplasma in solchen Zellen verhältnismäßig viele Stärkekörner, die leicht durch ihre charakteristische violette Färbung von anderen Bestandteilen des Cytoplasma zu unterscheiden sind.

Diese Tatsache hat zuerst C. Hottes¹⁾ bei ähnlichen Versuchen mit niederen Temperaturen konstatiert und als Hungerungserscheinung beschrieben. Bei der Einwirkung von hohen Temperaturen verhält sich das Trophoplasma ganz entgegengesetzt dem Verhalten des Trophoplasma in der Kälte. Schon bei der Wärme über 30° C wird das Trophoplasma sehr reduziert. Außerdem wird

¹⁾ Über den Einfluß von Druckwirkungen auf die Wurzel von *Vicia Faba*. [Inauguraldissertation.] Bonn 1901. p. 4.

in Trophoplasma eine gewisse Anzahl von kleinen und größeren Vakuolen gebildet. Durch erhöhte Temperatur werden immer größere Vakuolen gebildet, bis schließlich der ganze Zellraum von diesen eingenommen, das Trophoplasma aber als eine dünne Schicht an die Zellwände verdrängt wird (Fig. 18, 19).

Bei einer Temperatur von 40°C coaguliert das Trophoplasma in den Zellen von *Galtonia candicans*, und werden kleine Klümpchen gebildet, die sich viel intensiver als das normale Trophoplasma färben. Ein solches Stadium ist in der Figur 8 dargestellt. Die Wurzelspitze wurde nur eine Stunde bei 40°C kultiviert, dabei sind aber fünf größere und vier kleinere Körnchen schon gebildet. Sie färben sich mit drei Farben intensiv blau, manchmal auch blaßrot, und erinnern dadurch an extranukleare Nukleolen, wie das später p. 134 gezeigt werden wird. Dennoch ist anzunehmen, daß das Temperaturmaximum für das Trophoplasma in den Zellen der Wurzelspitze etwa bei 40°C liegt. Dies zeigt aber, daß die Wurzelspitze den hohen Temperaturen gegenüber bei weitem empfindlicher ist als der Sproß, dessen Trophoplasma erst bei $+52^{\circ}\text{C}$ gerinnt, wie das Schrammen¹⁾ für den Sproß von *Vicia Faba* gezeigt hat.

Interessant ist auch der Umstand, daß solche Körnchen in je einer Vakuole sich befinden, und machen den Eindruck eines Nukleolus mit seinem hellen Hof.

In einzelnen Kältepräparaten weist das Trophoplasma eigentümliche Vakuolen auf. So sehen wir in der Figur 9 eine größere Vakuole im Trophoplasma dargestellt, in deren Mitte sich ein farbloses Körnchen befindet. Außerdem liegt in diesem Falle die beschriebene Vakuole dicht neben dem Zellkern, dessen Membran sie eingedrückt hat.

Ähnliche Vakuolen sehen wir auch in der Figur 11, dem Bilde einer Periblemzelle aus einer 7 Stunden bei $0,5^{\circ}\text{C}$ kultivierten Wurzelspitze dargestellt. Hier sind aber die Vakuolen zahlreicher und etwas kleiner.

Es wurde schon bemerkt, daß diese Vakuolen nur in Kältepräparaten wahrzunehmen sind, deshalb nehmen wir an, daß diese Erscheinung als eine spezielle Reaktion niederer Temperatur aufzufassen ist.

Ähnliche Veränderungen hat auch Ch. Hottes für die Zellen der eingegipsten Wurzel von *Vicia Faba* beschrieben. So findet er „in den großen Vakuolen, im besonderen der Streckungszone, Haufen von orangegefärbten Körpern, die anscheinend coagulierte, osmotisch aktive Substanzen darstellen, liegen.“ Außerdem „um ein deutliches Körnchen erscheinen mehrere, oftmals konzentrische Ringe, die sich sowohl mit Hämatoxylin, Eosin, als auch mit der Flemmingschen Dreifarben-Methode violett färben.“ (p. 25.)

Hottes erklärt diese Erscheinung als eine Folge der Reduktion der Cytoplasmamasse, mit welcher auch die beschriebenen Veränderungen bei niederen Temperaturen zu vergleichen wären.

¹⁾ l. c. p. 15.

II. Kinoplasma.

Als Einfluß von niederen Temperaturen auf das Kinoplasma ist eine Hemmung in der Ausbildung neuer und die herabgesetzte Aktivität der vorhandenen kinoplasmatischen Strukturen zu betrachten. Die Ausbildung der Spindel ist verlangsamt und bei noch niederen Temperaturen auch ganz gehemmt.

Ebenso ist die Funktion der Spindelfasern bei niederen Temperaturen ganz unregelmäßig geworden. Die Folge davon ist ein unregelmäßiger Transport der Chromosomen; einzelne Chromosomen gelangen nicht gleichzeitig, oder gelangen überhaupt nicht an die Spindelpole. Infolge der ungleichzeitigen Insertion der Spindelfasern an die Chromosomen gelangt nur ein Teil derselben an die Spindelpole; der andere Teil von Chromosomen (ein oder mehrere) bleibt auf seinem Wege nach dem Spindelpole als eine Chromatinverbindung zwischen beiden Chromosomengruppen.

Diese chromatischen Verbindungen (Brücken) können auch dadurch entstehen, daß beide Spaltheilften eines Chromosoms an einem Ende kleben bleiben. Werden sie von Spindelfasern erfaßt, so werden sie nicht bis an die Spindelpole transportiert, infolge der herabgesetzten Aktivität der Spindelfasern. So sehen wir in Fig. 10, in welcher die Chromosomen auf dem Stadium der Anaphase dargestellt sind, eine chromatische Verbindung zwischen beiden Tochterkernen.

In der Figur 11 sehen wir dagegen zwei solche Chromatinverbindungen, und für eine von diesen können wir wohl annehmen, daß sie durch eine Verschmelzung beider Spaltheilften eines Chromosoms an einem Ende entstanden ist, während die beiden anderen Enden von Spindelfasern erfaßt und nach den Spindelpolen gerichtet wurden. Wir nehmen also an, daß zwei Spindelfaserbündel von beiden Spindelpolen her sich an das eine Ende eines schon längsgeteilten Chromosoms inseriert haben. Durch die Kontraktion der Spindelfasern werden auch die korrespondierenden Spaltheilften dieses Chromosoms nachgezogen, gelangen aber nicht an die entsprechenden Spindelpole, entweder infolge der herabgesetzten Aktivität der Spindelfasern selbst, oder weil die Spaltheilften fest aneinander kleben bleiben. Für die letzte Annahme sprechen besonders die in der Figur 11 dargestellten Chromatinverbindungen, welche in ihrer Mitte eine deutliche Verdickung, beziehungsweise einen Einschnitt aufweisen.

Die linke Chromatinverbindung in dieser Figur ist wahrscheinlich aus zwei Chromosomen entstanden, die mit einem Ende verklebt, mit anderen aber nach den entsprechenden Spindelpolen zu gerichtet wurden.

Die rechte Chromatinverbindung ist aber aus beiden Spaltheilften eines Chromosoms entstanden, welche nur mit einem Ende sich berühren. Auf die Einwirkung von niederen Temperaturen ist weiter eine Verschmelzung von Chromosomen zu beiden Tochterkernen zurückzuführen, wie das in den Figuren 10—12 dargestellt worden ist.

An beiden Spindelpolen verklumpen und verschmelzen die Chromosomen zu einer kompakten Masse, in welcher nicht mehr die Konturen einzelner Chromosomen zu unterscheiden sind.

In allen beschriebenen Fällen sahen wir die Chromatinverbindungen aus den Chromosomen selbst oder aus deren Spalthälften entstehen. Außerdem konnten wir feststellen, daß eine Verbindung zwischen beiden Chromatingruppen auch durch den Nukleolus, welcher seine ursprüngliche Form ganz verändert hat, hergestellt werden kann.

Einen solchen Fall haben wir in der Figur 14 dargestellt, wo die beiden Tochterkerne ein in der Länge ausgezogener Nukleolus verbindet.

Bekanntlich färbt sich der Nukleolus mit drei Farben intensiv hellrot, die Chromosomen dagegen purpurrot, welche Eigenschaft uns die Möglichkeit bietet, beide Bestandteile scharf voneinander zu unterscheiden.

Auf Grund dieses funktionellen Verhaltens können wir nun feststellen, daß die in der Figur 14 dargestellte Chromatinverbindung aus der Masse des Nukleolus entstanden ist. Eine weitere Stütze für unsere Annahme finden wir in dem in der Figur 15 dargestellten Stadium, auf welchem zwei Nukleolen zwischen beiden Tochterkernen vorhanden sind. Die beiden Nukleolen färben sich hellrot und sind von je einem hellen Hof umgeben, woraus der Schluß zu ziehen ist, daß diese Massen mit den wahren Nukleolen identisch sein müssen. Die Form der beiden Nukleolen ist insofern geändert, als ihre Masse in zwei lange Enden ausgezogen ist. Diese Enden färben sich etwas blasser als die zentrale Masse selbst, erscheinen aber auch bei der stärksten Vergrößerung als kontinuierliche Verlängerung der Nukleolarmasse. Wir konnten also in diesen Enden keine mit dem Nukleolus verklebten Chromosomen wiedererkennen.

Schrammen¹⁾ hat als „hauptsächliche Eigentümlichkeit des Kinoplasma bei der Einwirkung von Kältegraden eine Hemmung in der Ausbildung und eine sehr herabgesetzte Aktivität schon vorhandener kinoplasmatischer Strukturen“ beschrieben. Er findet auch „kleine Spindel und dünne Faserbündel als Eigentümlichkeit der Karyokinesen in den Kälteversuchen.“

In den sich teilenden Zellen derjenigen Sprosse, welche der Kälte ausgesetzt waren, findet Schrammen ebenfalls eine Chromatinverbindung, wenn auch nicht so häufig wie bei der Einwirkung von hohen Temperaturen.

Während die Tätigkeit der kinoplasmatischen Strukturen bei niederen Temperaturen gehemmt wurde, ist sie bei hohen Temperaturen sehr gesteigert. Infolgedessen finden wir in den Wärmepräparaten viel größere Spindeln mit kräftigeren Spindelfasern, die sich viel intensiver als die normalen färben. In den wachsenden Zellen vergrößert sich die Spindel viel mehr in die Länge als die Zellwände selbst; sie muß sich in der Zelle vorwölben oder herumwinden und berührt mit ihrer Mitte die laterale Zellwand, mit

¹⁾ l. c. p. 17.

ihren Enden die Zellkerne (Fig. 16). Infolge erhöhter Aktivität der Spindelfasern werden die Chromosomen sehr schnell an die Spindelpole transportiert, weshalb die Kernteilungen von kurzer Dauer sind und schnell ihrem Ende zustreben (Fig. 16).

Eine Folge davon ist, wie das von Schrammen¹⁾ gezeigt wurde, „das häufige Unterlassen einer Wandbildung und die hierdurch veranlaßte große Zahl von zweikernigen Zellen“ (Fig. 17). Endlich treffen wir in den Wärmepräparaten eine Verkettung der Chromosomen, welche dadurch entstanden ist, daß einzelne Chromosomen sehr schnell an die Spindelpole herantransportiert wurden, während eine Anzahl davon gar nicht von Spindelfasern erfaßt wurde. So sehen wir in Figur 20 eine ganze Chromosomenkette, durch welche beide Chromosomengruppen verbunden sind.

Einen weiteren Schritt in der Verkettung der Chromosomen sehen wir in der Figur 21 dargestellt.

Alle Chromosomen sind gegenseitig zu zwei Ketten verbunden, die parallel zu der Längsachse der Spindel verlaufen.

Die beiden chromatischen Ketten sind in der Spindelmitte getrennt, wo auch eine Vakuole vorhanden ist, und sind verbunden nur durch ein am unteren Spindelende liegendes Chromosom.

Ähnliche Chromatinverbindungen, wie sie in meinen Kältepräparaten beschrieben wurden, findet auch Schrammen in ziemlich großer Zahl in seinen Wärmepräparaten. Daraus könnte man wohl schließen, daß der Einfluß extremer Temperaturen auf die Zellen der Wurzelspitze und des Sprosses einer Pflanze nicht ganz derselbe, vielmehr bei der Entstehung der Chromatinverbindungen gerade ein entgegengesetzter sei.

Es wurde schon gezeigt (p. 129), daß beim Kultivieren in der Wärme große Vakuolen in dem Trophoplasma infolge des schnellen Wachstums der Pflanze entstanden sind.

Diese Vakuolen in dem Trophoplasma deformieren die Spindel und nötigen den Chromosomen eine abnorme Lage auf. So ist in der Figur 18 eine solche Zelle mit zwei großen Vakuolen dargestellt, welche die Spindelfasern und die Chromosomen selbst an die Zellwände gedrückt haben.

Aus der Lage der Chromosomen können wir den Schluß ziehen, daß sich der Zellkern im Stadium der Metaphase befand. Durch die Vergrößerung der Vakuolen wurde ein Teil der Chromosomen zwischen beiden Vakuolen eingeengt, der größere Teil aber nach unten gedrückt, während nur ein einziges Chromosom nach dem oberen Spindelpol gerichtet worden ist. In der Figur 19 haben wir ebenfalls eine durch die Vakuolen deformierte Spindel mit zwei Chromosomengruppen.

Solche deformierte Spindeln geben demnach keine abnormen Zellkerne, weil die Chromosomen nachträglich nach dem entsprechenden Spindelpole transportiert werden. Beim normalen Weiterkultivieren der Wurzelspitzen, in deren Zellen solche deformierte Spindeln vorkommen, werden aber keine abnormen Zellkerne ge-

¹⁾ l. c. p. 19.

bildet, da nach einiger Zeit die Vakuolen verschwinden und die Spindel ihre ursprüngliche Form bekommt.

In den Wärmepräparaten trafen wir endlich im Trophoplasma auch solche kinoplasmatischen Fasern, welche außerhalb des Zellkernes gebildet wurden. Diese Fasern zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit den Spindelfasern und werden deshalb als aktiviertes Trophoplasma betrachtet (Fig. 8), wie das auch Strasburger¹⁾ nach Versuchen von Ch. Hottes für *Vicia Faba* gezeigt hat.

III. Der Zellkern und der Nukleolus.

Die Kälte wirkt deformierend auf den ruhenden Kern, welcher dadurch eine unregelmäßige, amoeboide Gestalt bekommt (Fig. 2).

Außerdem ändert der Zellkern seine Form auch in der Wärme, aber nicht in dem Maße, wie in der Kälte. Dabei ist interessant, daß der Zellkern zuerst ein oder mehrere Hörnchen bekommt, und zwar an der von der Wurzelspitze abgewandten Zellwand. Erst später kommen auch an anderen Punkten des Zellkernes solche Auswüchse mit entsprechenden Vertiefungen auf, wodurch die Umrisse des Kernes ganz unregelmäßig werden.

Beim längeren Kultivieren in der Kälte, in unserem Falle 27 Stunden bei 1,7° C, bekommt der Zellkern eine längliche Form (Fig. 6). In der Mitte des verlängerten Kernes zeigt sich bald ein merklicher Einschnitt, der immer tiefer wird, bis endlich der ganze Kern in zwei ungleiche Abschnitte geteilt wird (Fig. 7). Diese Anomalien sind Pseudoamitosen genannt, da sie mit echten Amitosen nicht zu vergleichen sind, sondern deformierte Kerne darstellen, wie das auch Schrammen²⁾ für die Zellen des Sprosses von *Vicia Faba* gezeigt hat. Im Allgemeinen kann man sagen, „daß die Kälte die Ausbildung der chromatischen Substanz“ hemmt, „Wärme sie dagegen fördert“. So sehen wir in der Figur 2 das chromatische Netz ziemlich locker und mit wenig Chromatin. Dagegen in den Zellen derjenigen Wurzelspitzen, welche in der Wärme kultiviert wurden, ist das Kernnetz viel dichter, mit feineren, aber zahlreicheren Chromatinkörnern. In den Kältepräparaten findet man in den Knoten des Kernnetzes kleinere oder größere Ansammlungen von Chromatin, welche den Eindruck von wahren Nukleolen machen. Diese chromatischen Ansammlungen färben sich blau, wie auch die übrige Chromatinmasse des Kernnetzes, während der Nukleolus mit Dreifarben sich intensiv rot färbt.

Deshalb werden solche Körner Pseudonukleolen genannt, die auch Schrammen in den Zellen des Sprosses von *Vicia Faba* beschrieben hat (p. 29). Einige solcher Pseudo-Nukleolen haben wir in der Fig. 2, 6 und 7 dargestellt.

Außer diesen Kälte-Pseudonukleolen hat Schrammen³⁾ auch die sogenannten Wärme-Pseudonukleolen in den Zellen derjenigen

¹⁾ l. c. p. 143.

²⁾ l. c. p. 27 und 28.

³⁾ l. c. p. 33.

Sprosse, welche 5 Stunden bei einer Temperatur von 40° C kultiviert wurden, beschrieben. „Ihre Zahl kann eine beträchtliche sein, bis zu zwanzig Stück häufiger in einzelnen Kernen gezählt werden“ (p. 33), sind aber kleiner als die Kälte-Pseudonukleolen.

In unseren Wärmepräparaten konnten wir zwar eine sehr große Zahl von Körnchen im Kernnetze feststellen, sie machten aber gar nicht den Eindruck der Nukleolen.

Es sind dies vielmehr gewöhnliche chromatische Ansammlungen im Kernnetze, wie sie auch in normalen Kernen aufgefunden werden. Daraus ist wohl zu schließen, daß Pseudonukleolen in den Zellen derjenigen Wurzelspitzen von *Galtonia candicans* gebildet werden, welche nur in der Kälte kultiviert wurden. Beim Kultivieren in der Kälte zeigen weiter die Nukleolen eine Größen- und Massenzunahme. Außerdem wird auch die Zahl der Nukleolen in einer und derselben Zelle erhöht. So haben wir in der Figur 5 den Zellkern aus einer 5 Stunden lang bei 1,7° C kultivierten Wurzelspitze dargestellt. Statt der normalen Anzahl (1—2) der Nukleolen sehen wir hier fünf wahre Nukleolen. Dieser Zellkern befindet sich in der Prophase: Ein Teil des Chromatins aus dem Kernnetze hat sich schon zu Chromosomen differenziert, der andere Teil aber bildet noch das chromatische Kernnetz mit deutlichen Knoten.

In den Maschen dieses Kernnetzes befinden sich die Nukleolen, welche von allen Seiten durch das Netzgerüst umgeben sind, was den Eindruck eines hellen Hofes macht.

Die Masse eines jeden dieser fünf Nukleolen ist kleiner als die Masse eines normalen Nukleolus; ihre Gesamtmasse ist aber größer als die Masse eines oder beider normalen Nukleolen. Schrammen¹⁾ hat ebenfalls eine Größenzunahme der Nukleolen in den Zellen derjenigen Sprosse beschrieben, welche etwa zwei Tage lang Temperaturen unter 0° C ausgesetzt wurden. Auch er findet die Nukleolen in den Kernen „in größerer Zahl vor, als dies der Fall zu sein pflegt“.

Die extranuklearen Nukleolen, welche Strasburger²⁾ „als einen Überschuß von Nukleolarsubstanz“ auffaßt, konnten wir in unseren Kältepräparaten nicht auffinden.

Dagegen in unseren Wärmepräparaten trafen wir in dem Trophoplasma eine größere Zahl rundlicher Körnchen, welche sich gewöhnlich blau, die größeren dagegen blaßrot färbten, wie das in der Figur 8 dargestellt wurde. Diese Gebilde betrachten wir als coagulierte Trophoplasmaklumpchen, wie dies p. 129 betont wurde. Ebenso wenig konnte Schrammen extranukleare Nukleolen in den Zellen der Sprosse, welche der Kälte ausgesetzt waren, nachweisen. Auf Seite 37 sagt Schrammen darüber folgendes: „Dagegen habe ich dieselben (extranukleare Nukleolen) bei analoger Versuchsanordnung, allerdings mit dem Unterschiede, daß das Medium Luft statt Wasser war, in meinen Präparaten bei allen Kälteversuchen nicht beobachten können.“

¹⁾ l. c. p. 36.

²⁾ l. c. p. 130.

Schrammen sucht dieses abweichende Verhalten mit Strasburg'scher¹⁾ Meinung zu begründen, „daß verschiedene Pflanzenarten, ja verschiedene Individuen derselben Art und verschiedene Gewebe desselben Individuums in dem Vorhandensein oder Fehlen eines solchen Überschusses an Nukleolarsubstanz voneinander abweichen können.“ Die interessante Erscheinung von Kerndurchpressungen in den Zellen der Versuchspflanze haben wir in unseren Kältepräparaten nicht beobachtet. Um diese interessante Reaktion der Versuchspflanze gegenüber den Temperatureinflüssen feststellen zu können, haben wir zu unseren Versuchen auch die Wurzelspitzen von *Allium cepa*, welche in einer Kälte von -5°C $\frac{1}{2}$ —2 Stunden kultiviert wurden, verwendet.

Trotzdem bekamen wir auch hier keine besseren Resultate, was uns veranlaßte, anzunehmen, daß die Zellkerne aus den Wurzelspitzen von *Galtonia candicans* und *Allium cepa* in dieser Hinsicht sich anders verhalten als die Zellkerne aus dem Sprosse derselben Pflanze.

Figurenerklärung.

Sämtliche Figuren sind mit Hilfe des Abé'schen Zeichenapparates gezeichnet.

Fig. 1. Eine Periblemzelle mit normalem Zellkern im Ruhezustande. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ L.

Fig. 2. Eine Periblemzelle mit dem Zellkerne im Ruhezustande. Die Wurzel war einer Temperatur von $1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ eine halbe Stunde ausgesetzt. Amoeboide Form des Zellkernes mit Pseudonukleolen. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 3. Der Zellkern ist im Ruhezustande. Die Wurzel wurde einer Temperatur von 40°C eine halbe Stunde ausgesetzt. Die Bildung der Auswüchse. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 4. Wie die Figur 3, die Form des Zellkernes ist aber viel unregelmäßiger geworden.

Fig. 5. Eine Periblemzelle mit dem Zellkerne in der Prophase. Die Wurzel wurde einer Temperatur von $1,7^{\circ}\text{C}$ 27 Stunden ausgesetzt. Die Bildung von fünf wahren Nukleolen, welche sich in den Maschen des chromatischen Kernnetzes befinden. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 6. Der Zellkern ist im Ruhezustande. Die Wurzel wurde einer Temperatur von $1,7^{\circ}\text{C}$ 27 Stunden ausgesetzt. Die längliche Form des Zellkernes mit einem Einschnitte in seiner Mitte. Ok. V, Obj. 6 L.

Fig. 7. Wie die Figur 6, nur der mittlere Einschnitt ist tiefer geworden.

Fig. 8. Eine Periblemzelle mit dem Zellkern im Ruhezustande. Die Wurzel wurde einer Temperatur von 40°C 1 Stunde ausgesetzt. Die Bildung der kinoplasmatischen Fasern und der Körnchen von coaguliertem Cytoplasma. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ L.

Fig. 9. Eine Periblemzelle mit dem Zellkerne im Ruhezustande. Die Wurzel wurde einer Temperatur von $1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ eine halbe Stunde ausgesetzt. Die Bildung der Vakuolen im Trophoplasma. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

¹⁾ l. c. p. 130.

136 Georgevitch, Über den Einfluß von extremen Temperaturen etc.

Fig. 10. Der Zellkern befindet sich in der Anaphase. Die Wurzel wurde einer Temperatur von 1°C 5 Stunden ausgesetzt. Die beiden chromatischen Gruppen sind durch eine chromatische Brücke verbunden. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ L.

Fig. 11. Der Zellkern befindet sich in der Anaphase. Im Trophoplasma sind Vakuolen mit kompakten Zentren gebildet. Die Wurzel wurde 7 Stunden bei $+0,5^{\circ}\text{C}$ kultiviert. Ok. IV, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 12. Der Zellkern befindet sich in der Anaphase. Die Chromosomen sind in zwei Gruppen verklebt, welche durch eine chromatische Verbindung vereinigt sind. Die Wurzel wurde sechs Stunden bei $0,5^{\circ}\text{C}$ kultiviert. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ L.

Fig. 13. Wie die Figur 12, nur ist die angebahnte Verklebung der Chromosomen hier vollendet.

Fig. 14. Eine Periblemzelle mit dem Zellkerne in der Anaphase. Die beiden Chromosomengruppen sind durch einen Nukleolus verbunden. Die Wurzel wurde 6 Stunden bei $0,5^{\circ}\text{C}$ kultiviert. Ok. IV, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 15. Wie in der Figur 14, nur zwischen beiden Chromosomengruppen befinden sich zwei Nukleolen im hellen Hof. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ L.

Fig. 16. Der Zellkern befindet sich in der Anaphase; die Spindel ist stark gebogen. Die Wurzel wurde eine halbe Stunde bei 40°C kultiviert. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

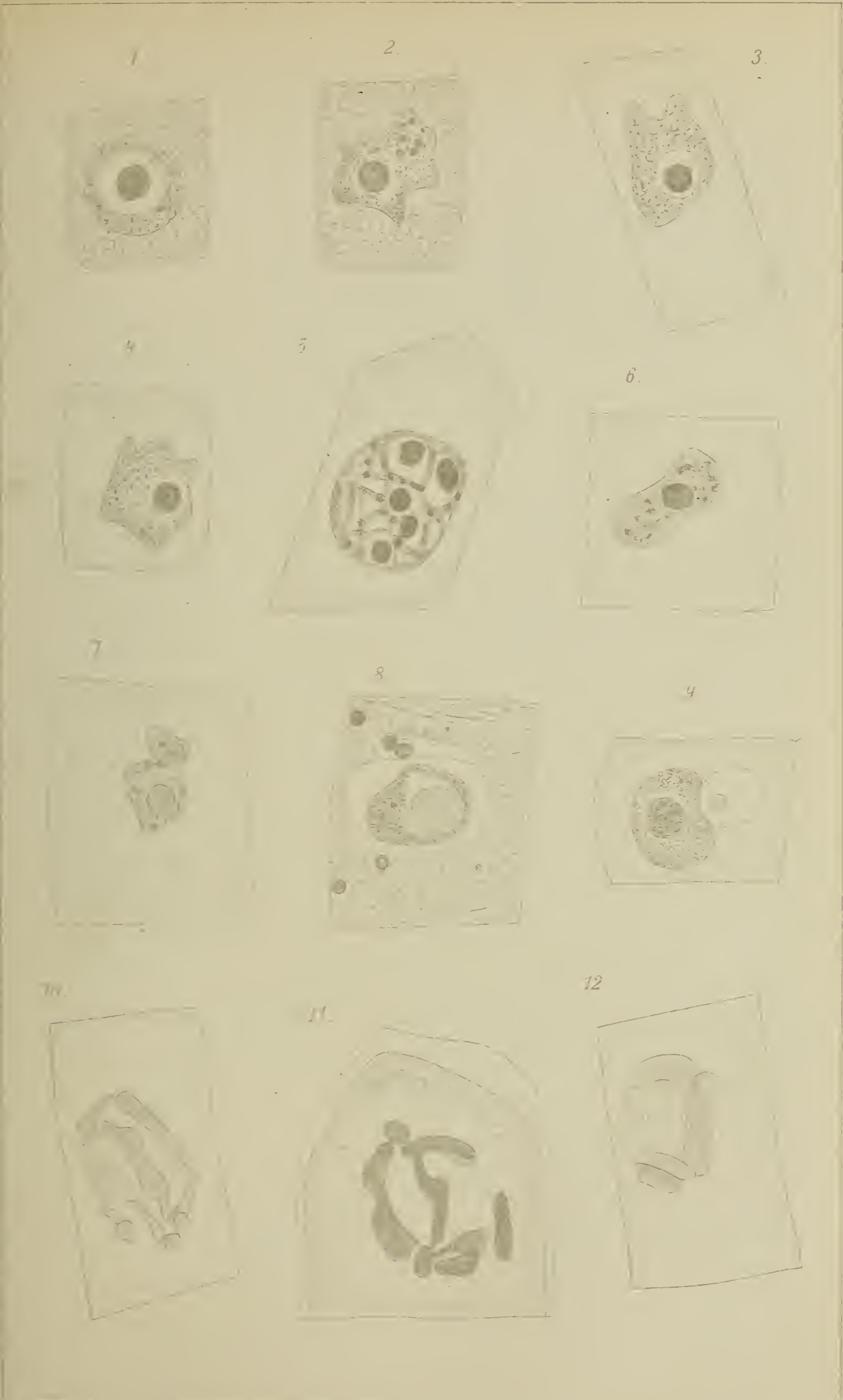
Fig. 17. Eine Periblemzelle mit zwei Zellkernen im Ruhezustande. Die Wurzel wurde bei 37°C 7 Stunden lang kultiviert. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ L.

Fig. 18. Eine Periblemzelle mit zwei großen Vakuolen, welche die Spindel deformiert und die Chromosomen vom Spindeläquator verdrängt haben. Die Wurzel wurde eine halbe Stunde bei 40°C kultiviert. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 19. Wie in der Figur 18, nur die Spindel ist durch beide Vakuolen mehr deformiert.

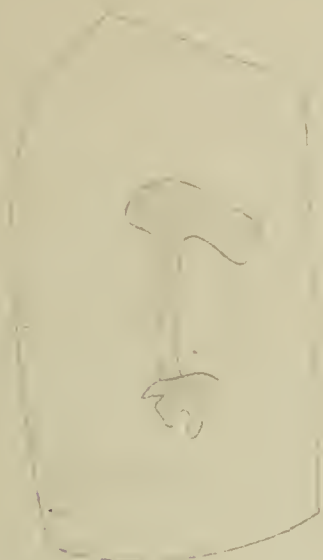
Fig. 20. Eine Periblemzelle mit dem Zellkern in der Anaphase. Die beiden Chromosomengruppen sind durch eine Chromosomenkette aus mehreren Chromosomen verbunden. Die Wurzel wurde eine halbe Stunde bei 40°C kultiviert. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.

Fig. 21. Eine Periblemzelle mit zwei Chromosomenketten. Die Wurzel wurde bei 40°C kultiviert. Ok. III, Obj. $\frac{1}{12}$ Zeiß.





13



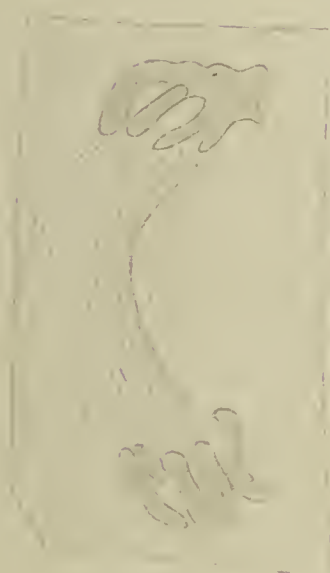
14



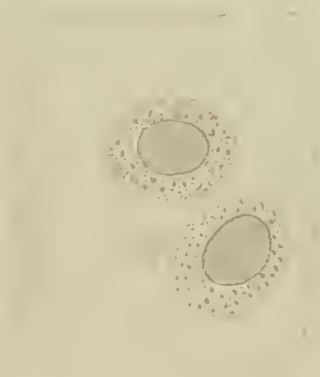
15



16.



17.



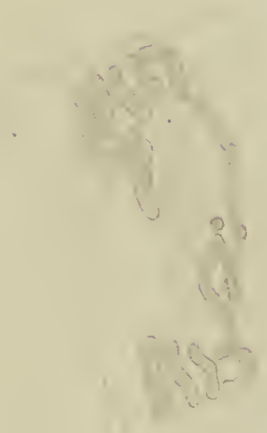
18



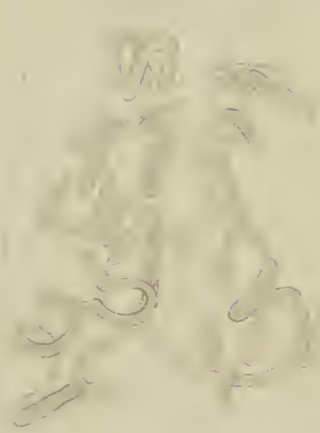
19.



20.



21



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [BH_25_1](#)

Autor(en)/Author(s): Georgevitch Petar

Artikel/Article: [Über den Einfluß von extremen Temperaturen auf die Zellen der Wurzeispitze von Galtonia candicans. 127-136](#)