

Zustand als Rhizoplast infolge seiner ausgesprochenen Geluatur der ganzen Zelle einen inneren Halt. Bei den äußerlich höher organisierten Algen, z. B. den fadenförmigen oder andersartig thallosen Formen wird dagegen die Zellachse vorwiegend von Zellsaftvakuolen eingenommen, und die einzelnen Zellbestandteile erhalten eine viel größere Verschiebbarkeit gegeneinander. Es scheint, als ob diese größere Plastizität der Zellachsen eine wesentliche Voraussetzung für den Reichtum an äußeren Formen der höher organisierten Gewächse ist —, für den Reichtum, der ja entwicklungsphysiologisch auf Drehungen und Wendungen der Zellpolaritätsachsen zurückzuführen ist.

Freiburg i. Br., Botan. Institut.

48. N. A. Maximow und Elisabeth Lebedincev: Über den Einfluß von Beleuchtungsverhältnissen auf die Entwicklung des Wurzelsystems.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 5. Mai 1923. Vorgetragen in der Maisitzung.)

Die formbildende Wirkung der Beleuchtungsverhältnisse auf die Entwicklung und den Bau der Blätter ist schon vielfach von zahlreichen Forschern bemerkt und ausführlich untersucht worden, so daß der Unterschied zwischen Licht- und Schattenblättern ein Schulbeispiel der leichten Veränderungen des Pflanzenorganismus unter dem Einfluß von äußeren Verhältnissen geworden ist. Die Frage aber, ob diese Veränderungen in den oberirdischen Organen, welche die Einwirkung des Lichtes unmittelbar empfinden, auch durch irgendwelche Veränderungen in den unterirdischen Teilen begleitet werden, ist noch sehr wenig in der Literatur berührt worden.

Im Laufe einer Untersuchung über anatomische und physiologische Veränderungen, welche in vollständig entwickelten Blättern durch das Variieren der Beleuchtungsverhältnisse hervorgerufen werden (und von der an anderem Ort mitgeteilt wird) wurde unsere Aufmerksamkeit auf folgende Erscheinung gelenkt: nach dem Entfernen der Blätter treten Wassertropfen aus den zerschnittenen Blattstielen bei Lichtpflanzen viel schneller hervor als bei Schattenpflanzen.

Diese Beobachtung regte uns dazu an, das Wurzelsystem der Pflanzen, die bei verschiedener Beleuchtung kultiviert waren, zu untersuchen. Dabei fiel es uns sogleich auf, daß das Wurzelsystem

der Pflanzen, die in vollem Sonnenlichte wuchsen, viel üppiger als das der Schattenpflanzen entwickelt war. Die Arbeit wurde im Versuchsgewächshaus (das eine helle, offene und eine beschattete Abteilung hat) des Laboratoriums für experimentelle Morphologie und Ökologie des Petersburger Botanischen Gartens ausgeführt.

Es wurden Pflanzen von verschiedenen ökologischen Typen gewählt: eine Lichtpflanze — der Buchweizen, eine Schattenpflanze — *Impatiens parviflora*, und die eine Zwischenstellung einnehmende *Phaseolus vulgaris*, es sei aber von vornherein darauf hingewiesen, daß alle drei Pflanzen gleiche Resultate ergaben. Die Pflanzen wurden in Blumentöpfen von mittlerer Größe kultiviert, und die Entwicklung des Wurzelsystems nach seinem Trockengewicht geschätzt. Die Lichtpflanzen von *Impatiens* ergaben das Trockengewicht des Wurzelsystems 0,90—1,00 g, die Schattenpflanzen 0,06—0,14; die Lichtpflanzen von *Phaseolus* 1,01—2,59, die Schattenpflanzen 0,15—0,18; die Lichtpflanzen von Buchweizen 0,20—0,22, die Schattenpflanzen 0,12—0,14 (infolge des äußerst großen Lichtbedürfnisses des Buchweizens wurde es unvermeidlich, die Schattenexemplare nur bei schwacher Beschattung zu kultivieren).

Beobachtungen von solcher Art stellen nicht etwas ganz neues dar. Viele Autoren haben schon bemerkt, daß die in vollem Lichte wachsenden Pflanzen ein viel besser entwickeltes Wurzelsystem als die Schattenpflanzen besitzen.

In einer Arbeit von LUBIMENKO (1) ist ausführlich darauf hingewiesen. Er beobachtete eine merkliche Abnahme der Wurzellänge bei Schwächung der Beleuchtung und setzte voraus, daß zwischen den ober- und unterirdischen Pflanzenorganen ein gewisser Antagonismus besteht, daß nämlich das Licht, welches das Wachstum des Stengels hemmt, das Wachstum der Wurzel fördert, indem sich dahin der Überfluß an Assimilaten, die keine Anwendung im Stengel gefunden haben, wendet. Ebenso bemerkt auch COMBES (2), der den Einfluß der Beleuchtungsverhältnisse auf die Entwicklung der Pflanzen untersuchte, indem er die Pflanzen in besonderen Zelten aus Stoff von verschiedener Dichte kultivierte, daß parallel mit wachsender Beschattung das Gewicht des Wurzelsystems abnimmt. Jedoch legt COMBES seinen Beobachtungen nicht viel Gewicht bei und beruft sich bezüglich der Deutung dieser Erscheinung auf die Meinung von LUBIMENKO. Die von uns gewonnenen Resultate bestätigen also die Ergebnisse dieser Autoren, jedoch legen wir ihnen eine ganz andere Erklärung zu Grunde, indem wir in dem üppigen Wachstum des Wurzelsystems der Lichtpflanzen in erster Linie das Resultat einer Veränderung der Wasserverhältnisse erblicken.

Erhöhte Beleuchtung ruft, wie bekannt, eine stark erhöhte Transpiration hervor, so daß eine Pflanze, die im Schatten kultiviert wurde und daraufhin in das direkte Sonnenlicht exponiert wird, oft Zeichen von Welken äußert. Schon nach einigen Tagen jedoch „gewöhnnt“ sich die Pflanze an die Sonne und erholt sich. Es interessierte uns die Frage, welche Veränderungen in dieser Zeit in der Pflanze vor sich gehen, und worin dieses „Gewöhnen“ besteht.

Wir konnten nicht annehmen, daß in den Blättern besondere, die Transpiration hemmende Anpassungen gebildet werden, da zahlreiche Beobachtungen von verschiedenen Autoren — mit GÉNEAU DE LAMARLIÈRE (3) anzufangen und mit einem von uns (4) und seinen Mitarbeitern im Tifliser Botanischen Garten zu schließen — übereinstimmend zeigen, daß die Lichtpflanzen im Vergleich mit den Schattenpflanzen keine herabgesetzte, sondern meistens eine erhöhte Transpirationsintensität besitzen.

Das Übertragen der Pflanze in Verhältnisse von stärkerer Beleuchtung muß also Veränderungen in der Blattstruktur hervorrufen, welche nicht zu einer Herabsetzung, sondern zu einer Erhöhung von Wasserabgabe durch das Blatt führen. Und damit muß, falls die Pflanze imstande ist, solch einen erhöhten Wasserverbrauch auszuhalten, eine Vergrößerung der Wasserabsorption durch die Wurzel und der Leitungsfähigkeit der Pflanze verknüpft sein.

Auf Grund dieser Überlegungen wandten wir unsere Aufmerksamkeit der Wirkung des Übertragens der Pflanzen aus einem beschatteten Ort in volles Licht auf die Entwicklung des Wurzelsystems zu. Als Maß der Entwicklung des Wurzelsystems wurde auch hier dessen Gewicht in trockenem Zustande angenommen, indem der unterirdische Teil des Hypokotyls zu den oberirdischen Teilen zugerechnet wurde.

Tabelle I.
Impatiens parviflora.

| Bedingungen der Vegetation | Gewicht der Wurzeln | Gewicht des Stengels und der Blätter | Verhältnis |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------|
| 42 Tage im Schatten | 0,22 | 1,44 | 6,5 |
| 42 " " " | 0,20 | 1,30 | 6,5 |
| 37 " " " | 0,14 | 0,77 | 5,5 |
| 23 Tage im Schatten, 19 Tage im Licht | 0,42 | 0,85 | 2,0 |
| 23 " " " 19 " " " | 0,54 | 1,25 | 2,3 |
| 7 Tage im Schatten, 30 Tage im Licht | 0,91 | 1,58 | 1,7 |
| 7 " " " 30 " " " | 1,00 | 1,09 | 1,1 |

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß bei ungefähr gleicher Entwicklung der oberirdischen Teile bei allen Exemplaren die Pflanzen, welche aus dem Schatten ins Licht übertragen wurden, ein viel üppiger entwickeltes Wurzelsystem gebildet haben und um so mehr, je längere Zeit das Licht auf die Pflanze eingewirkt hat.

Am deutlichsten ist dieses aus den Angaben der letzten Rubrik zu ersehen, welche das Verhältnis des Gewichtes der oberirdischen Teile zu dem Gewicht der Wurzel bei dem Übertragen der Pflanzen ins Licht zeigt. Dieses Verhältnis vermindert sich von 5,5—6,5 bis zu 2,0—2,3 und bei früherem Übertragen sogar bis 1,1—1,7.

Ähnliche Resultate haben wir auch mit *Phaseolus vulgaris* erhalten, indem wir bei dieser Pflanze auch die volle Blattoberfläche gemessen haben und das Verhältnis des Trockengewichts der Wurzel in Milligramm zu der Blattoberfläche in Quadratcentimeter berechnet haben.

Tabelle II.
Phaseolus vulgaris.

| Bedingungen der Vegetation | Gewicht der Wurzeln (R) | Gewicht des Stengels und der Blätter (S) | Verhältnis S: R | Blattoberfläche in qcm | Gewicht der Wurzeln zu 1 qcm Blattoberfläche berechnet |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------------------------------|
| 42 Tage im Schatten | 0,15 g | 1 50 g | 10 0 | 447 | 0,34 mg |
| 27 Tage im Schatten | 0,46 g | 1,75 g | 3,8 | 419 | 1 10 mg |
| 15 Tage im Licht | | | | | |
| 42 Tage im Licht | 2,98 g | 5,20 g | 1,7 | 731 | 2,39 mg |
| 50 Tage im Schatten | 0,18 g | 1,23 g | 6,8 | 438 | 0,41 mg |
| 30 Tage im Schatten | 0 38 g | 0 88 g | 2,3 | 402 | 0 94 mg |
| 20 Tage im Licht | | | | | |
| 30 Tage im Licht | 0,72 g | 1 96 g | 2 7 | 661 | 1,09 mg |
| 20 Tage im Schatten | | | | | |
| 50 Tage im Licht | 1,01 g | 1,95 g | 1,9 | 574 | 1,76 mg |

Die Tabelle zeigt, daß beim Übertragen aus dem Schatten ins Licht die Wurzelmenge, auf 1 qcm Blattoberfläche berechnet, innerhalb 2—3 Wochen 2—3mal so groß geworden und das Verhältnis des Gewichtes der oberirdischen Teile zum Gewicht der unterirdischen Teile von 10,0 bis zu 3,8 in einem Versuch und von 6,8 bis 2,3 in einem anderen gefallen war.

Bemerkenswert ist es, daß das Übertragen aus dem Licht in den Schatten eine bedeutende Verminderung des Gewichtes des Wurzelsystems (berechnet auf 1 qcm Blattoberfläche) von 1,76 bis

zu 1,09 mg und auch eine Vergrößerung des Verhältnisses des Gewichtes der oberirdischen Teile zu dem Gewicht der unterirdischen Teile von 1,9 bis zu 2,7 zur Folge hat. Mit anderen Worten wirkt das Übertragen in den Schatten sofort verzögernd auf den weiteren Zuwachs der Wurzel.

Es schien uns interessant, die Veränderungen der Verhältnisse der Wasserleitung, die durch Variieren der Beleuchtungsverhältnisse hervorgerufen werden, zu erforschen. Zu diesem Zwecke haben wir auf Querschnitten des Hypokotyls von *Phaseolus* und *Impatiens* die Flächen des Xylems gemessen, wobei wir, natürlich in grober Annäherung, deren Dimensionen ihrer Leitungsfähigkeit proportional annahmen.

Wir haben für diese Untersuchungen deshalb das Hypokotyl gewählt, weil in seinem Holzzylinder alle Leitbündel, welche aus der Wurzel in den Stengel gehen, zusammengefaßt sind. Falls wir den Querschnitt der Fläche des Xylems eines Schattenexemplars von *Phaseolus vulgaris* für 100 annehmen, erhalten wir für ein Lichtexemplar 194 und für eine Pflanze, die inmitten ihrer Vegetationsperiode aus dem Schatten ins Licht übertragen wurde, 145. Für *Impatiens* haben wir folgende Zahlen erhalten: Die Fläche des Xylems der Schattenpflanze — 100, der Lichtpflanze — 139; die Zahl der großen Tracheen bei der Schattenpflanze 139, bei der Lichtpflanze 237.

Aus diesen Zahlen können wir mit voller Bestimmtheit schließen, daß das Leitungssystem der Wurzel durch die erhöhte Beleuchtung der oberirdischen Teile eine Anregung zu mächtiger Entwicklung erfährt. Dadurch wird ein erhöhter Transpirationsstrom hervorgerufen.

Die von uns erhaltenen Resultate können, wie es uns scheint, in Parallele zu den Versuchen von WINKLER (5) gesetzt werden, in welchen er den Blattstiel von *Torenia asiatica* in einen Stengel umwandelte. Indem er abgeschnittene Blätter von dieser Pflanze als Blattstecklinge kultivierte, hat er zuweilen Entwicklung von Sprossen aus Knospen, die sich am oberen Ende des Stièles oder sogar auf der Blattspreite bilden, beobachtet. Dabei erwies es sich, daß, in Übereinstimmung mit der Verstärkung des Wasserstromes im Blattstiele dessen Leitungssystem sich mehrfach vergrößert und sogar morphologisch einem sproß-Leitungssystem ähnlich zu sein beginnt.

WINKLER spricht die Meinung aus, daß die Ursache einer reichlichen Gefäßbildung nicht in überreicher Stoffzufuhr, sondern in erhöhten Ansprüchen an die Tätigkeit der wasserleitenden Ge-

webe zu suchen ist. Die von uns gewonnenen Resultate liefern eine neue Stütze dieser Meinung von WINKLER, die in ähnlicher Weise noch früher von JOST ausgesprochen wurde. Wir ersehen in der unter dem Einfluß von intensiver Beleuchtung gesteigerten Wasserabgabe die Ursache der Entwicklung des Absorptions- und Leitungssystems der Wurzel.

Was für eine Art von Wirkung diese Beleuchtung ausübt, ob es ein chemischer Reiz im Sinne der „wurzelbildenden Stoffe“ von SACHS, die neuerdings von LOEB (6) wieder erwähnt werden, oder irgendetwas anderer ist, können wir zurzeit nicht sagen, es sind dazu spezielle Untersuchungen erforderlich. Indem wir die Absicht aussprechen, in der nächsten Zeit die in dieser kurzen Mitteilung besprochenen Fragen näher zu bearbeiten, wollen wir die gewonnenen Resultate kurz zusammenfassen:

1. Wenn auch das Licht auf das im Boden sich befindende Wurzelsystem unmittelbar keinen Einfluß hat, reagiert letzteres doch ganz deutlich auf die Beleuchtungsverhältnisse der oberirdischen Teile.
2. Pflanzen, die in vollem Sonnenlichte kultiviert werden, entwickeln ein bedeutend größeres Wurzelsystem als Pflanzen, die im Schatten wachsen.
3. Diese Reizwirkung des Lichtes auf die Entwicklung des Wurzelsystems äußert sich ganz deutlich auch beim Übertragen von erwachsenen Pflanzen aus dem Schatten ins Licht.
4. Die Reizwirkung des Lichtes äußert sich am deutlichsten in der Entwicklung von wasserleitenden Elementen, und hiermit steht diese Erscheinung in Zusammenhang mit der Erhöhung der Transpiration im Lichte.

Petersburg, Botanischer Garten, April 1923.

Literatur.

1. W. LUBIMENKO, *Annales d. sc. nat. Bot.*, 9 série 1907, t. 7, p. 321–415.
 2. R. COMBES, *Ann. d. sc. nat.* 9 série, t. 11, p. 75–254.
 3. L. GÉNEAU DE LAMARLIÈRE, *Revue géo. de Bot.*, t. IV, 1892, p. 529.
 4. N. A. MAXIMOW, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 62, 1923, S. 128–144.
 5. H. WINKLER, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 45 1907, S. 1–80.
 6. J. LOEB, *Bot. Gazette*, vol. 63. 1917, p. 25–50.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1923

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Lebedincev Elisabeth

Artikel/Article: [Über den Einfluß von Beleuchtungsverhältnissen auf die Entwicklung des Wurzelsystems. 292-297](#)