

DIE ERKLÄRUNG DES PHOTOTROPISCHEN KRÜMMUNGSVERLAUFS

von

F. W. WENT (Buitenzorg).

In meiner vorigen Arbeit (Went 1927) habe ich gezeigt, dass eine quantitative Erklärung des Phototropismus von *Avena* mittels der Lichtwachstumsreaktionen der belichteten und vom Licht abgekehrten Flanke nicht möglich ist (54)¹⁾. Ich nehme dagegen an — wie Cholodny es in seiner, kurz vor der gleichzeitig erschienenen Arbeit (1927) von mir auch tut — dass das Licht eine Polaritätsänderung des Wuchsstofftransports hervorruft (60). Für diese Annahme haben Cholodny und ich verschiedene Gründe angeführt, jedoch habe ich eine quantitative Vergleichung der Krümmung mit der gefundenen Wuchsstoffdifferenz unterlassen, weil ich keine genauen Messungen des Krümmungsverlaufes nach einseitiger Belichtung ausgeführt hatte.

Im folgenden werde ich erst die Messung der phototropischen Krümmung besprechen, und nachher soll geprüft werden, inwiefern die erhaltenen Resultate mit meiner Anschauung über das Wachstum (Went 1927, Abschnitt IV) zu erklären sind.

¹⁾ Diese und folgende eingeklammerte Zahlen verweisen auf die Schlussfolgerungen in der oben genannten Arbeit, die als Dissertation von Utrecht in 1927 erschien und in Bd. 25 des Rec. des Trav. bot. néerl. aufgenommen wird.

1. Der phototropische Krümmungsverlauf.

Zur Methodik der Messungen sei folgendes bemerkt. Die einseitig phototropisch gereizten Pflanzen werden, in der früher von mir beschriebenen Weise (Seite 71), kinemographisch mit rotem Licht etwa dreifach verkleinert aufgenommen. Die so erhaltenen Bilder erfahren eine etwa zehnfache (= genau dreifach natürliche) Vergrösserung, indem sie von unten her auf eine Glasplatte projiziert werden, auf die ein Stück Pauspapier liegt. Bei dieser Vergrösserung zieht man den Umriss der einen Koleoptilseite zweckmässig sehr genau mit einer scharfen Bleistiftspitze auf dem Papier nach. In dieser Weise werden von jedem Krümmungsstadium etwa fünf Zeichnungen hergestellt.

Die Krümmungen sollen sodann in der Wachstumsdifferenz zwischen den verschiedenen Zonen der konkaven und der konvexen Seite ausgedrückt werden. Die Bestimmung dieser Wachstumsdifferenz, die sich mit der Wachstumsverteilung in der normalen ungekrümmten Koleoptile vergleichen lässt, hat mir grosse Schwierigkeiten bereitet. Nach verschiedenen mislungenen Versuchen stellte sich folgende Methode schliesslich als die beste heraus. Leider ist sie doch noch ziemlich ungenau und es schleicht sich immer noch ein subjektives Element in die Bestimmungen ein. Das geht so weit, dass ich es nicht mehr wage zu behaupten, dass es nie eine Spitzenasymmetrie gibt nach einseitiger Belichtung (Seite 71 und 72); die erste *deutliche* Krümmung entsteht aber in einiger Entfernung der Spitze (Vergl. Figur 1).

Wenn der mittlere Krümmungsradius jeder Zone bei den verschiedenen Krümmungsstadien einer Koleoptile gemessen wird, so lässt sich aus der Änderung dieses Radius die Wachstumsdifferenz der opponierten Seiten berechnen. Für diese Berechnungen habe ich den mittleren Durchmesser d der Koleoptile gleich 1.2 mm gestellt. Bei 1 mm

Zonenlänge und einen Krümmungsradius r ist die Wachstumsdifferenz:

$$W = \frac{2 \pi d}{2 \pi r} = \frac{d}{r} = \frac{1.2}{r}$$

Die Bestimmung des Radius habe ich folgendermassen ausgeführt. Aus Glacé-Karton werden sehr genau Kreisflächen mit verschiedenem Radius geschnitten. Sodann wird geprüft, welcher Kreis sich am besten an einer bestimmten

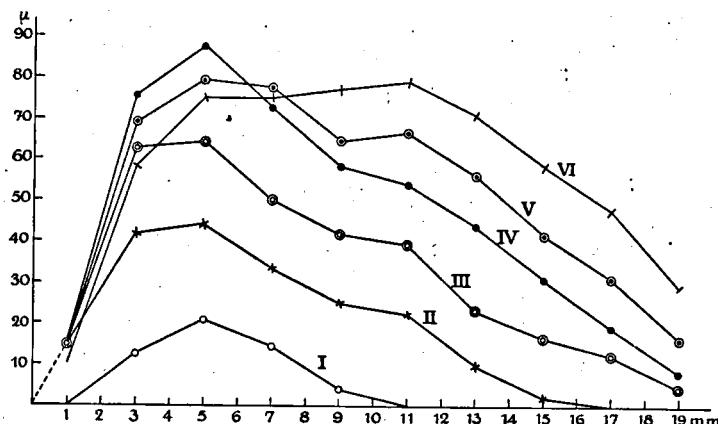


Fig. 1. Der phototropische Krümmungsverlauf einer in Erde gezogenen Pflanze. Abszisse: Koleoptilzonen in mm Entfernung von der Spitze. Ordinate: Wachstumsdifferenz der opponierten Seiten pro mm Länge nach einseitiger totaler Belichtung mit 1000 M. K. S. Kurve I 20 Min., II 40 Min., III 60 Min., IV 80 Min., V 100 Min. und VI 120 Min. nach Belichtung aufgenommen.

gekrümmten Zone auschmiegt, und auf diese Weise lässt sich die ganze Koleoptile in Zonen verschiedener Krümmungsradien zerlegen. Aus allen fünf Bestimmungen eines Stadiums berechne ich den Mittelwert für Zonen von je 2 mm Länge. Als Beispiel für den Verlauf einer Krümmung kann Figur 1 dienen. Hier ist die ganze in Erde gezogene

Koleoptile einseitig mit 1000 M. K. S. belichtet. Die erste sichtbare Krümmung ist bei diesem Objekt 3—4 mm von der Spitze zu finden und tritt nach 20 Min. zu Tage. Dann breitet die Krümmung sich sowohl basal- wie apikalwärts aus. Weil die Pflanze nicht auf einem Klinostaten gestellt ist, fängt der Geotropismus nach einer gewissen Zeit an der ursprünglichen Krümmung entgegenzuarbeiten, und die Krümmung geht in der Spitze zurück. Von 3—4 mm von der Spitze an krümmen alle reagierenden Zonen sich mit gleicher Geschwindigkeit.

2. Die Erklärung des Krümmungsverlaufs.

Jetzt werden wir diese Krümmung quantitativ mit dem Wachstum ungereizter Koleoptilen vergleichen. Als Ausgangspunkt nehme ich die Wachstumsverteilung, wie ich sie schon eher bestimmt habe (Went 1927, Abschnitt IV, 5) Dabei hat sich herausgestellt, dass die Wachstumsintensität ein für jede Zone bestimmtes Maximum nicht überschreiten kann, unabhängig von der Menge des Wuchsstoffes (45), (46). Das ist dem Faktor Z. S. M. zuzuschreiben.

Um wo möglich Verwicklungen zu vermeiden, habe ich bei den jetzt folgenden Messungen nur die äusserste Spitze der Koleoptilen (0.5 mm) belichtet. Jede direkte Lichtwirkung auf die basalen Teile war also ausgeschlossen, so dass ich nur mit einer Änderung im Faktor W (= Wuchsstoff) zu rechnen brauche.

Weil die Hinterseite einer phototropisch gereizten Koleoptile bei der von mir benutzten Lichtmenge mehr Wuchsstoff empfängt als in ungereiztem Zustand (58), kann ich annehmen, dass das Wachstum der Hinterseite nur vom Faktor Z. S. M. beschränkt wird (in Figur 2 A-B-C-G). Die Vorderseite ist dann soviel weniger gewachsen, wie es Figur 1 angibt. In dieser Weise erhält man Figur 2. Hier habe ich die Wachstumsverteilung (A-B-C-D-E-F) einer willkürlich gewählten in Wasser gezogenen

Pflanze (die punktierte Kurve der Figur 2, Went 1927) gezeichnet. Nach einseitiger Belichtung wird das Wachstum der Hinterseite ungefähr A-B-C-G-E-F sein. Will ich jetzt das Wachstum der Vorderseite einzeichnen, so brauche ich nur die Wachstumsdifferenz vom Wachstum der Hinterseite zu subtrahieren, und A-H-I-E-F gibt uns

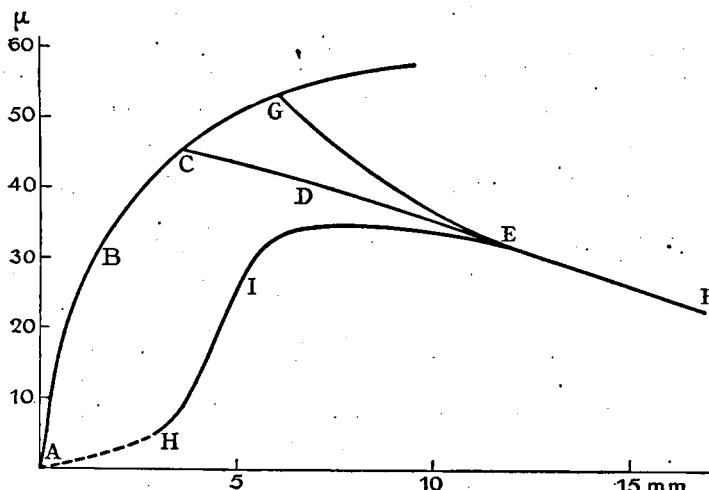


Fig. 2. Wachstumsverteilung einer im Dunkeln gewachsenen Pflanze (A-B-C-D-E-F) und der Vorder- (A-H-I-E-F) und Hinter- seite (A-B-C-G-E-F) einer einseitig mit 1000 M. K. S. phototropisch gereizten Pflanze. Abszisse: Koleoptilzonen in mm Entfernung der Spitze. Ordinate: Wachstumsgeschwindigkeit der Zonen in μ pro mm Länge pro Stunde.

das Wachstum der Vorderseite. Die Oberfläche A-B-C-G-E-I-H-A ist dann die Wachstumsdifferenz der opponierten Flanken. Diese habe ich bestimmt an ein paar in Wasser gezogenen einseitig mit 1000 M. K. S. belichteten Pflanzen. Ich habe noch verschiedene andere Bestimmungen der Wachstumsdifferenz bei einseitiger Belichtung mit 100 und 20 M. K. S. ausgeführt, auch mit in Erde gezogenen Pflanzen, aber stets erhielt ich dasselbe Bild.

Die Kurve A-H-I-E-F muss durch eine Änderung im Wuchsstoffgehalt der Vorderseite erklärt werden. Unsere erste Voraussetzung ist, dass überhaupt kein gebildeter Wuchsstoff mehr an der Vorderseite gelangt. Das ist auch wahrscheinlich der Fall, wenn man die Überlegung auf Seite 101 (Went 1927) und die Versuchsnummern 368—374 und 389—394 betrachtet. Wir sehen aber aus Fig. 2, dass schon nach einer Stunde an der Vorderseite, 1—3 mm von der Spitze, fast kein Wuchsstoff mehr da ist. Obwohl wir annehmen, dass kein neuer Wuchsstoff hierhin gelangt, so ist diese Verringerung doch nicht zu erklären mittels Verbrauch oder Abfluss des Wuchsstoffes nach unten, denn sogar bei dekapitierter Koleoptile ist nach zwei Stunden noch eine beträchtliche Menge des Wuchsstoffes in diesen Zonen anwesend. Der Wuchsstoff muss also in einer anderen Weise entweder aus diesen Zonen verschwunden oder unwirksam gemacht sein. Nach (60), (61) den Versuchen von Beyer (1927, Besprechung auf Seite 105 meiner Arbeit) muss letztere Annahme als sehr unwahrscheinlich zurückgewiesen werden. Ich nehme also an, dass *die Belichtung der Spitze die strenge Polarität des Wuchsstoffstromes (33) im basalen Teil mehr oder weniger aufhebt.....(62)*.

Da das Licht die Spitze derart transformiert, dass Wuchsstoff von der Vorderseite zur Hinterseite befördert wird (60), *so muss die Konzentration des Wuchsstoffes an der Vorderseite sehr schnell sinken und nahe der Spitze fast den Nullwert erreichen* (63).

Diese Hilfshypothese (62) ist leider nicht zu umgehen, sie ist aber der Analyse gut zugänglich. Weil es aber mittels dieser Hypothese möglich ist, den Verlauf der phototropischen Krümmung restlos zu erklären, so hoffe ich, dass sie bald geprüft wird. Wegen meiner baldigen Abreise nach Java bin ich nicht im Stande die Versuche selber durchzuführen.

Botanisches Institut der Universität.

Utrecht, November 1927.

Literatur.

- Beyer, A. 1927, Experimentelle Studien zur Blaauwschen Theorie I, *Planta, Arch. f. wiss. Bot.* 4 S. 411.
- Cholodny, N. 1927, Wuchshormone und Tropismen bei den Pflanzen. *Biol. Zentralbl.* 47, S. 604.
- Went, F. W. 1927, Wuchsstoff und Wachstum. *Diss. Utrecht* 1927 und *Rec. des Trav. bot. néerl.* 25, S. 1.