

ÜBER DEN VERLAUF DER GEOTROPISCHEN KRÜMMUNG BEI KÜNSTLICH TORDIERTEN KOLEOPTILEN VON AVENA.

von

P. M. L. TAMMES, (Menado, N. O. I.)

Unter den etiolierten Koleoptilen, die zu geotropischen und phototropischen Versuchen gebraucht werden, trifft man ausnahmsweise einzelne an, deren Gefäsbündel eine geringe Torsion aufweisen und infolgedessen vom normalen gradlinigen Verlauf abweichen (Beyer (1) Fig. 1. (I, II, III).

Das Vorfinden solcher Koleoptile¹⁾ brachte mich auf den Gedanken, diese zu benutzen, um die Leitung eines geotropischen Reizes in der Basis eines Koleoptils zu untersuchen. Dass man, ohne Unterbrechung des organischen Zusammenhangs, Spitze und Basis von verschiedenen Seiten geotropisch reizen kann, ist hier von groszem Vorteil. Es erwies sich als möglich, die Koleoptile künstlich zu tordieren.

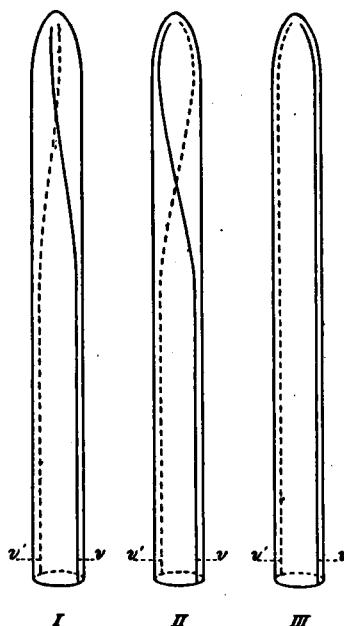


Fig. 1. I Tordiertes Koleoptil.
II Künstlich tordiertes Koleoptil.
III Normales Koleoptil.
v Gefäsbündel Vorderseite.
v' Gefäsbündel Hinterseite.

¹⁾ Die Versuche waren schon vor dem Erscheinen der Arbeit van H. Gradmann (2) beendet.

Die Arbeitsweise war folgende:

Material und Methode. Die Haferkörner wurden, nachdem man sie einige Tage hatte vorkeimen lassen, in ein Zinkgefäß mit gesiebter Gartenerde ausgepflanzt und zwar so, dass die Längsseite des Zinkgefäßes parallel zur Nutationsfläche der Koleoptile aufgestellt war. Nach ungefähr $1\frac{1}{2}$ Tag wurde um das Hypokotyl eines jeden Koleoptils eine enge paraffinierte Glasröhre angebracht um Hypokotylkrümmungen vorzubeugen. (Fig. 2).

Ein angeschmolzenes Glasstäbchen wurde zur gröszeren Stabilität der Röhre in die Erde gesteckt (Fig. 2). Die Koleoptile wurden dann, indem man die Spitze vorsichtig anfaszte, 360° torquiert,

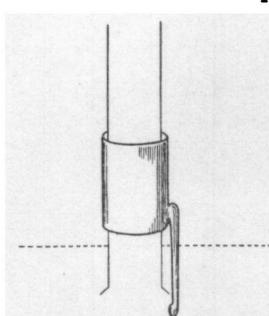


Fig. 2. Glasröhre um Hypokotylkrümmungen vorzubeugen.

Krümmungen von Koleoptilen, infolge der Torsion, treten in den nächstfolgenden Stunden zu Tage; diese Koleoptile kann man dann entfernen. Die Experimente wurden bei einer Temperatur von 22° C. bis auf $\frac{1}{2}^\circ$ konstant und einer Feuchtigkeit, welche bis auf 2 % konstant war, ausgeführt. Die Aufstellung geschah bei schwachem, rotem Licht; während des weiteren Verlaufs des Versuches blieben die Pflanzen in vollkommener Dunkelheit. Nach Beendigung des Versuches wurde ein Streifen photographischen Papiers auf die Erde des Zinkgefäßes gelegt und hierauf wurde ein Schattenbild der Koleoptile projiziert. Der Abweichungswinkel den das Koleoptil zur ursprünglichen Fläche, also der Reizrichtung folgend, gebildet hatte, konnte dann mit einem Gradmesser abgelesen werden.

Schlieszlich wurde die Torsion eines jeden Koleoptils bestimmt.

Dazu wurde das Koleoptil hart unterhalb der Krümmung abgeschnitten und mit der Schnittfläche ungefähr 10 Minuten in eine 2 % Lösung von Säurefuchsin gestellt. Die Gefäsbündelchen zu beiden Seiten des Koleoptils wurden dadurch hellrot gefärbt und ich konnte feststellen in welchem Teile des Koleoptils die Torsion aufgetreten, und wie grosz diese war. Koleoptile ohne Torsion und solche deren primäres Blatt ausgewachsen war, wurden nicht mitgerechnet; auch solche nicht, deren Torsion weniger als 10° betrug, da in diesem Falle die Ungenauigkeit der Beobachtung von *zu groszem Einflusz* sein würde.

Zum Vergleich wurden auch einige Versuche mit phototropischer Reizung angestellt:

A. Um zu untersuchen, ob die Beleuchtung der Breit- oder Schmalseite der ovalen Spitze eine Abweichung der sich krümmenden Koleoptile von der Reizfläche ergibt. Hierzu wurden untordierte Koleoptile solcherweise in ein Zinkgefäß gestellt, dasz die Nutationsflächen abwechselnd in einem Winkel von je 90° zueinander standen und die Spitzen während 45 Minuten mit 5 MK beleuchtet wurden; danach wurde das Zinkgefäß 3 Stunden und 15 Minuten auf einen Klinostaten gestellt. Die Beleuchtung fand in einem Winkel von 45° zu den beiden Nutationsflächen statt.

Der Versuch wurde mit 8 Koleoptilen angestellt. Bei der Krümmung traten keine Abweichungen auf; man kann folglich eine Spitze von allen Seiten beleuchten ohne eine Abweichung des Koleoptils von der Reizfläche zu verursachen. Zugleich geht hieraus hervor, dasz die Dorsentralitätskrümmung, welche infolge der Rotation auf dem Klinostaten auftreten könnte, keinen merklichen Einflusz ausübt.

B. Derselbe Versuch wie der vorige, nur dasz man jetzt geotropisch reizt und zwar indem man die Koleoptile solcherweise horizontal aufstellt, dasz eine Senk-

rechte mit den Nutationsflächen einen Winkel von 45° bildet. Dauer 4 Stunden.

Der Versuch wurde mit 18 Koleoptilen ausgeführt; bei der Krümmung trat keine Abweichung zu Tage, sodass man eine Spitze also von allen Seiten geotropisch reizen kann, ohne eine nennenswerte Abweichung von der Reizfläche zu verursachen.

- C. Die Spitzen der tordierten Koleoptile werden während 45 Min. mit 5 MK gereizt und danach noch 3 Stunden und 15 Min. horizontal auf einen Klinostaten, der jede 5 Min. 180° gedreht wurde, befestigt.

TABELLE I.

Torsion	Abweichung
30	24
20	22
18	26
25	24
12	18
29	30
10	12
18	15
31	25
35	38
33	28
30	28
22	23
31	24
26	28
375	370

Der Versuch wurde mit 15 Koleoptilen ausgeführt und aus Tabelle I geht hervor, dass die Reizleitung ganz der Richtung der tordierten Elemente folgt. Die etwas gröszere Variabilität der Differenzen zwischen

Torsion und Abweichung kann zum Teil durch Ungenauigkeit des Ablesens, was jedesmal ungefähr 3° ausmacht, verursacht werden.

- D. Tordierte Koleoptile 4 Stunden lang horizontal gestellt.
Resultat in Tabelle II.

TABELLE II.

Torsion	Abweichung
15	25
10	5
10	20
10	13
25	15
17	15
40	18
38	30
22	30
12	30
30	28
20	17
27	15
15	3
25	10
316	274
Mitt. 21.	Mitt. 18.2.
Differenz 2,8.	

Aus diesem Versuch ersieht man, nebst einer sehr grossen Variabilität der Differenz zwischen Torsion und Abweichungswinkel, auch eine mittlere Differenz von 2,8.

Von dieser Differenz liesze sich sagen, dasz sie innerhalb der Grenzen des mittleren Fehlers liegt, bei diesem Experiment also ein schwieriger Faktor ist um mit zu arbeiten.

Ausserdem musz man die Gegenwirkung der Schwer-

kraft berücksichtigen, der die Spitze bei der Abweichung von der vertikalen Fläche von Anfang an unterworfen ist; und zwar wird diese Gegenwirkung gröszer je gröszer der Abweichungswinkel wird; der Abweichungswinkel wird also immer etwas gröszer sein als der gefundene Wert.

Das dies richtig ist, erhellt aus der Tatsache, dasz man bei normalen, horizontal in ein Zinkgefäß gestellten Koleoptilen, welche man in 4 Stunden 20° hat rotieren lassen (pro Stunde 5°) eine Abweichung von der ursprünglichen Reizfläche von $3\text{---}4^\circ$ bekommt. Berücksichtigt man dies, dann bleibt also für die Empfindlichkeit der Basis für Querleitung blosz eine schmale Marge. Auch Went (4) stellte schon beim Abschneiden einer 5 mm langen Spitze, wobei ein kleines Stück Gelatin mit Wuchsstoffen auf die Schnittfläche gelegt wurde, eine geringe Empfindlichkeit fest; so auch Guttenberg (3) nach der Methode Piccard.

Aus obigen Versuchen geht hervor, dasz die geotropische Empfindlichkeit der Basis von 1 cM unterhalb der Spitze an bis untenhin sehr klein ist und ferner, dasz die Leitung stattfindet in der Längsrichtung der Zellen eines Koleoptils ohne dasz die Schwerkraft in diesen Zonen eine nennenswerte Abweichung, welche ausserhalb der Grenzen des mittleren Fehlers liegt, induzieren kann.

Die Krümmung der tordierten Koleoptile vollzieht sich anfänglich in der Reizfläche, danach tritt eine zunehmende Abweichung, an das sich Winden eines Stengels erinnernd, auf. Schlieszlich wird eine, mit dem Torsionswinkel annähernd übereinstimmende Abweichung erreicht. Hieraus kann man folgern, dasz die Leitung geotropischer Reize in der Basis eines Koleoptils nur in der Längsrichtung der Zellen stattfindet und dasz die Empfindlichkeit für das Perzipieren geotropischer Reize in der Basis äusserst geringfügig sein musz.

Man bekommt also, was die Versuche Guttenbergs (3)

ja auch ausgewiesen haben, ohne den organischen Zusammenhang Spitze-Basis zu zerstören, die Bestätigung der groszen Spitzen- und äuszerst geringfügigen Basisempfindlichkeit bei Avena Koleoptilen.

Zum Schlusz möchte ich Herrn Prof. Dr. W. H. Arisz und Herrn I. de Haan meinen aufrichtigen Dank für die mir erteilte Hilfe aussprechen.

Literatur.

1. Beyer, A., Zur Keimungsphysiologie von *Avena sativa*. Berichte d. deutsche Bot. Ges., 1927, 179.
2. Gradmann, H., Die Lateralwirkung bei den Windenpflanzen. Jarhb. f. wiss. Bot. Bd. 68, 1928.
3. Guttenberg, H. von, Über die Verteilung der geotropischen Empfindlichkeit in der Koleoptile der Gramineen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 50, 1912.
4. Went, F. W., On growth-accelerating substances in the coleoptile of *Avena sativa*. Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 30 1926.