

# Über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls bei Keimlingen von *Avena sativa*

von

MARIE S. DE VRIES.

Es ist bekannt, dass bei Kultur der Keimlinge von *Avena sativa* das Auswachsen des Hypokotyls oft beschwerlich ist. Wenn bei einem Keimling von *Avena sativa* das Hypokotyl auswächst, bekommt es oft eine schiefe Richtung, welche es in der Erde schon angenommen hatte und in der Luft beibehält, indem es geotropisch nicht reizbar ist; die Koleoptile biegt sich in einen Bogen empor, ist also nicht zum Experimentieren brauchbar.

In der Literatur findet man verschiedene Meinungen über die Ursache des Auswachsens der Hypokotyle. So meint Blaauw<sup>1)</sup>, das Auswachsen werde von niederen Temperaturen verursacht. Dagegen ist Rutgers<sup>2)</sup> der Meinung, das Auswachsen werde von höheren Temperaturen befördert, obwohl er bei höheren Temperaturen ebensogut aufrecht gewachsene Pflänzchen, wie Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl erhielt. Rutgers meint aber, die Hauptursache des Auswachsens sei nicht die Temperatur sondern Unreinheit der Luft. Die Zinkgefässe,

1) A. H. Blaauw. Die Perzeption des Lichtes. Rec. des Trav. Bot. Néerl. Vol. V; 1909.

2) A. A. L. Rutgers. The influence of temperature on the geotropic presentation-time. Rec. des Trav. Bot. Néerl. Vol. IX; 1912.

in welchen die Keimlinge gepflanzt waren, wurden nämlich in zum Abschliessen des Lichtes mit schwarzem Tuche bekleidete und abgedeckte Holzkästen gestellt. Wurden die Holzkästen stets gut ausgelüftet, so war die Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenen Hypokotylen klein. Ich schliesse mich ganz der Meinung Rutgers' an; es gelang mir bei früheren Untersuchungen <sup>1)</sup> stets am Besten, aufrecht gewachsene Pflänzchen zu bekommen, wenn ich die Holzkästen oft im Freien auslüftete.

Von Noack <sup>2)</sup> und Arisz <sup>3)</sup> wird das Auswachsen des Hypokotyls dem Feuchtigkeitszustand der Erde in den Gefässen zugeschrieben. Während Noack der Meinung ist, Mangel an Feuchtigkeit sei die Ursache des Auswachsens, schreibt Arisz diese Erscheinung zu grosser Feuchtigkeit des Bodens zu.

Es waren also sehr verschiedene Meinungen geäussert über die Ursache des Auswachsens des Hypokotyls und zwar waren dafür verantwortlich gemacht:

- 1° niederen Temperaturen.
- 2° höheren Temperaturen.
- 3° Trockenheit der Erde.
- 4° Feuchtigkeit der Erde.
- 5° Unreinheit der Luft.

Es schien wünschenswert, den Einfluss dieser verschiedenen Faktoren auf die Keimung noch einmal genau zu prüfen.

Die etiolierte Keimlinge wurden in folgender Weise gezogen: die von den Spelzen befreiten Haferkörner <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> M. S. de Vries. Der Einfluss der Temperatur auf den Phototropismus. Recueil: Vol. XI; 1914.

<sup>2)</sup> K. Noack. Die Bedeutung der schiefen Lichtrichtung für die Helio-perzeption parallelotroper Organe. Zeitschr. f. Botanik. Jahrg. VI; 1914.

<sup>3)</sup> W. H. Arisz. Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil XII; 1915.

<sup>4)</sup> Gearbeitet wurde mit Svalöf's „Goldregnhavre“.

kamen während zweier Tage auf feuchtem Filtrirpapier zum Keimen. Das feucht gehaltene Filtrirpapier lag auf einer Glasplatte zwischen zwei erdenen Schüsseln. Nach zwei Tagen wurden die Körner in Zinkgefäße gepflanzt, welche dann entweder in mit schwarzem Tuche bekleidete Holzkästen oder in einen Thermostat im Zimmer für konstante Temperatur des botanischen Instituts der Universität Utrecht gestellt wurden.

Um die Resultate der Kultur bei konstanter und nicht konstanter Temperatur zu vergleichen, wurden die Holzkästen mit Keimlingen entweder ins Zimmer für konstante Temperatur oder ins Gewächshaus gestellt. Die Temperatur im Glashaus schwankte um einige Grade (etwa 16 bis 20° C).

Zwei Reihen von Versuchen ermöglichten den Vergleich der Kultur in reiner und unreiner Luft. In einigen der Holzkästen wurde die Luft so frisch wie möglich gehalten, indem ich sie oft auslüften liess. In anderen aber war die Luft nicht frisch, indem die Kästen nur zum Hineinstellen oder Herausnehmen der Pflänzchen geöffnet wurden. Die Kultur in reiner oder unreiner Luft geschah sowohl bei konstanter als bei nicht konstanter Temperatur.

In beiden Versuchsreihen wurde die Erde der Gefäße entweder trocken, normal feucht oder sehr feucht gehalten, um den Einfluss des Feuchtigkeitszustandes zu prüfen.

Die Pflänzchen wurden also zu gleicher Zeit gezogen bei konstanter oder nicht konstanter Temperatur, in reiner oder unreiner Luft, in trockener, normal feuchter oder sehr feuchter Erde.

Die Kultur der Keimlinge bei nicht konstanter Temperatur im Glashaus in reiner (Tabelle I) oder unreiner Luft (Tab. II).

Die Pflänzchen wurden in Holzkästen in reiner oder unreiner Luft gezogen; in beiden Fälle wurden drei Reihen von Versuchen gemacht; die Erde der Gefäße war entweder trocken, normal feucht oder sehr feucht.

Das Resultat dieser Versuche zeigen die Tabellen I und II. Die verschiedenen Spalten der Tabellen geben der Reihe nach das Datum der Versuche und die Zahl der Pflänzchen mit ausgewachsenen Hypokotylen in Gefässen mit trockener, normal feuchter und sehr feuchter Erde an. Mit Zahl ausgew. Pfl. wird gemeint: die Zahl der Pflänzchen mit ausgewachsenen Hypokotylen. Jedes Gefäss enthielt 20 Pflänzchen.

Tabelle I.

Pflänzchen im Gewächshaus in ausgelüfteten  
Kästen gezogen; Temperatur nicht  
konstant (16 bis 20° C.).

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
	2		
	2		
8 VIII '16	2		
	1		
	1		
9 VIII '16			2
			1
			1
17 VIII '16		2	2
		2	2
18 VIII '16			1
			3
			1
25 VIII '16			2
			1
		1	
26 VIII '16		1	
		2	
		1	

Tabelle II.

Pflänzchen im Gewächshaus in nicht ausgelüfteten Kästen gezogen; Temperatur nicht konstant (16 bis 20° C.).

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
		9	
		10	
7 VIII '16		10	
		9	
		9	
	12		
9 VIII '16	11		
	8		
	9		
13 VIII '16		10	12
		12	10
18 VIII '16		10	
		10	
		9	
25 VIII '16		10	9
		10	9

Wie sich aus den Tabellen I und II ergibt, hat der Feuchtigkeitszustand des Bodens keinen Einfluss auf das Auswachsen des Hypokotyls; die Unreinheit der Luft aber ist die Ursache, dass bei etwa 50 Prozent der Keimlinge das Hypokotyl auswächst.

Die Kultur der Keimlinge bei konstanter Temperatur in reiner (Tabelle III) und unreiner Luft (Tabelle IV).

Eine zweite Reihe von Versuchen bezog sich auf die Kultur bei konstanter Temperatur. Die Pflänzchen wurden

in ausgelüfteten oder nicht ausgelüfteten Holzkästen im Zimmer für konstante Temperatur gezogen; die Erde der Gefäße war trocken, normal feucht oder sehr feucht. Die Tabellen III und IV zeigen die Resultate.

Tabelle III.

Pflänzchen im Zimmer für konstante Temperatur bei 20° C. in ausgelüfteten Kästen gezogen.

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
9 VIII '16		2 1 2	2 1
10 VIII '16		3 2 1	
12 VIII '16	2 2	1 2 2	2 3
13 VIII '16	1 2	2 2 2	3 2 2
15 VIII '16	1 2	1 2 1 2	2 2 1 1
19 VIII '16		1 2 1	2 1 1
20 VIII '16		2 2	1 2

Tabelle IV.

Pflänzchen im Zimmer für konstante Temperatur bei 20° C. in nicht ausgelüfteten Kästen gezogen.

Datum.	Erde trocken. Zahl ausgew. Pfl.	Erde normal feucht. Zahl ausgew. Pfl.	Erde sehr feucht. Zahl ausgew. Pfl.
13 VIII '16		9	9
		8	9
16 VIII '16	9	10	12
	10	12	11
19 VIII '16	9		
	10		
20 VIII '16		8	9
		10	8

Die Resultate dieser Versuche sind dieselben wie der, in den Tabellen I und II zusammen gefassten: grössere oder geringere Feuchtigkeit der Erde hatte keinen Einfluss; die Unreinheit der Luft veranlasste auch hier das Auswachsen des Hypokotyls bei etwa 50 Prozent der Keimlinge.

Wenn man sich die Tabellen I und III ansieht, ergibt sich, dass bei 5 bis 10 Prozent der, in den ausgelüfteten Kästen gezogenen, Pflänzchen das Hypokotyl ausgewachsen ist. Dies könnte dadurch veranlasst sein, dass die Luft in den ausgelüfteten Kästen nicht ganz frisch bleibt. Ist dies der Fall, so müsste man bei Kultur in vollkommen reiner Luft das Fehlen der Erscheinung des Auswachsens erwarten.

Die Gefässe mit Keimlingen wurden dazu in einen Thermostat, durch welchen, mit Hilfe einer Wasserstrahl-  
luftpumpe frische Luft geführt wurde, gestellt. In fünf Gefässen, welche alle 20 Keimlinge enthielten, waren alle Pflänzchen aufrecht gewachsen.

Wurde keine frische Luft durchgeführt, wurde die Luft im Thermostat also allmählich unrein, so gab es wieder eine bestimmte Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl.

Der Einfluss höherer Temperatur<sup>1)</sup>.

Um den Einfluss höherer Temperatur auf das Auswachsen der Hypokotyle zu prüfen, wurden die Pflänzchen im Thermostat bei 30° C. gezogen. Wenn reine Luft durchgeführt wurde, wuchsen in 5 Gefässen, welche alle 20 Keimlinge enthielten, alle Pflänzchen aufrecht.

Wurde keine frische Luft durchgeführt, so wuchsen, wie die Tabelle V zeigt, bei etwa 45 Prozent der Keimlinge die Hypokotyle aus.

Tabelle V.

Pflänzchen im Thermostat bei 30° C. gezogen;  
keine frische Luft durchgeführt.

Datum.	Zahl ausgew. Pfl.
23 VIII '16	9
	9
	10
	8
26 VIII '16	8
	9
	9
	10

<sup>1)</sup> Versuche über Kultur bei niederen Temperaturen habe ich jetzt nicht vorgenommen. Wenn ich aber bei früheren Untersuchungen die Keimlinge im Thermostat bei 10 oder 15° C. zog, so wuchsen die Pflänzchen sehr schön aufrecht. Indem das Auswachsen, wie wir sehen werden, von der CO<sub>2</sub>-Entwicklung bei der Atmung verursacht wird, kann es uns nicht wundern, dass bei Kultur bei niederen Temperaturen die Keimlinge aufrecht wachsen; ist doch die Atmung und also auch die CO<sub>2</sub>-Entwicklung bei niederer Temperatur geringer wie bei höherer.

Aus dem oben Gesagten kann man schliessen, das Auswachsen des Hypokotyls werde von Unreinheit der Luft verursacht. Es ist eine Tatsache, dass, je öfter man die Holzkästen, in welchen die Pflänzchen gezogen werden, auslüftet, desto kleiner die Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl. Je weniger man die Holzkästen auslüftet, desto grösser ist diese Zahl.

Das „unrein werden“ der Luft könnte von der Atmung der Keimlinge veranlasst sein, also auf  $\text{CO}_2$ -Entwicklung beruhen. Ist dem so, dann muss man bei Kultur in mit  $\text{CO}_2$  gesättigter Luft eine grosse Zahl der Keimlingen mit ausgewachsenem Hypokotyl erwarten.

Die Keimlinge wurden zu diesem Zweck im Thermostat bei  $20^\circ \text{C}$ . gezogen. Ein Kipp'scher Apparat war, statt der Wasserstrahlluftpumpe, mit dem Thermostat verbunden und so konnte ganz leicht  $\text{CO}_2$  hineingepresst werden.

Wie sich aus der Tabelle VI ergibt, ist hier die Zahl der Keimlinge mit ausgewachsenem Hypokotyl viel grösser, wie bei den Pflänzchen, welche in unreiner Luft in den Holzkästen gezogen waren (z. B. Tabelle II), was uns auch nicht wundern kann; ist doch die Menge der hineingepressten  $\text{CO}_2$  viel grösser, wie die Menge  $\text{CO}_2$ , welche allmählich in Folge der Atmung der Keimlinge in den Holzkästen entwickelt wird.

Tabelle VI.

Pflänzchen im Thermostat bei  $20^\circ \text{C}$ . gezogen;  
 $\text{CO}_2$  wird hineingepresst.

Datum.	Zahl ausgew. Pfl.
29 VIII '16	14
	15
	16
	14
	15

Das Auswachsen der Hypokotyle bei Keimlingen von *Avena sativa* wird also von der  $\text{CO}_2$ -Entwicklung bei der Atmung verursacht.

Utrecht, Botanisches Institut der Universität, Dezember 1916.