Ueber den Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum der Bodenwurzeln.

Von

L Kny.

Die Wurzeln grüner Leitbündelpflanzen sind, wenn man von vereinzeltten Fällen von Anpassung an eigenartige Lebensverhältnisse absieht, in ihrem fortwachsenden Theile sämtlich der Einwirkung intensiveren Lichtes entzogen. Man sollte deshalb erwarten, dass, falls überhaupt eine unmittelbare Einwirkung des Lichtes auf das Wachsthum der Bodenwurzeln in Richtung der Länge und Dicke besteht, diese sich bei normalen Landpflanzen in gleichem Sinne äussern werde. Die Angaben der Litteratur stehen hiermit aber nicht im Einklange. Teodoresco, welcher jüngst den Einfluss des Lichtes auf Form und Bau der Pflanzen einer ausgedehnten Untersuchung unterwarf, fasst die Ergebnisse seiner eigenen und früherer Untersuchungen anderer Forscher dahin zusammen, dass in den meisten Fällen ein irgend erheblicher Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum der Wurzeln nicht festzustellen sei (z. B. *Ricinus sanguineus*, *Vicia sativa*). Seltener wirke das Licht verzögernd auf das Längenwachsthum ein (*Lupinus albus*, *Faba vulgaris*, *Phaseolus multiflorus*): noch seltener beschleunigend (*Lepidium sativum*)¹⁾.

Es fiel mir auf, dass bei den Versuchen Teodoresco's ebenso wie bei denen der meisten seiner Vorgänger nicht die Wurzeln allein, sondern gleichzeitig mit ihnen auch die Keimspresse beleuchtet bzw. verdunkelt waren. Es war also die Möglichkeit gegeben, dass die beobachtete Wirkung des Lichtes auf die Wurzeln nicht eine ausschliesslich unmittelbare, sondern mindestens zum Theil eine durch den Spross inducirte war. Die Vermuthung, dass Correlationen beider Theile im Spiele sein könnten, lag um so näher, als nach Famintzin bei den im Boden erzeugten Keim-

1) Ann. des sc. nat. VIII^{me} série, t. X (1899), p. 210—212.

lingen der Kresse, mochten dieselben im Lichte oder im Dunkeln erwachsen sein, in den ersten Tagen (bis zur Erschöpfung der Reservestoffe) die Summe der Längenmaasse von Würzelchen und Kotyledonen der einzelnen Keimpflänzchen annähernd dieselbe war. Im Lichte waren die Hypokotyle relativ kürzer, die Wurzeln relativ länger. Im Dunkeln war das Verhältniss ein umgekehrtes¹⁾.

Bei Wiederaufnahme der Versuche musste also vor Allem darauf Bedacht genommen werden, dass nur den Wurzeln allein das Licht theils dargeboten, theils vorenthalten wurde, während die Sprosse beider Versuchsgruppen einander in jeder anderen Beziehung gleichgestellt werden mussten. Die aus weissem Glase gefertigten Gefässe mussten mit undurchsichtigen Deckeln versehen sein, deren Oeffnungen, soweit sie nicht durch die Keimpflanzen ausgefüllt wurden, mit schwarzer Watte verstopft werden konnten. Bei den einen Versuchsreihen mussten die Sprosse beider Parallelkulturen in gleicher Weise dem Tageslichte ausgesetzt, bei den anderen in gleicher Weise verdunkelt werden, während nur für die Wurzeln ungleiche Beleuchtung zulässig war.

Es musste ferner der Versuch gemacht werden, einen etwaigen Einfluss des Sprosses auf das Wachstum der Wurzel dadurch zu beseitigen, dass der Spross des Keimpflänzchens durch Eingypsen nach der von Pfeffer eingeführten Methode an der Entwicklung behindert wurde oder dass der Keim spross von der Wurzel gänzlich abgetrennt wurde. Durch gleichzeitige Anwendung dieser verschiedenen Methoden liess sich hoffen, der Lösung der Frage nach der directen Einwirkung des Lichtes auf das Wachstum der Wurzeln näher zu kommen.

Für meinen Zweck schien es zunächst ausreichend, mit denjenigen 3 Arten Versuche anzustellen, welche sich nach den Angaben von Teodoresco ganz besonders abweichend verhalten sollen. Es sind dies

Lupinus albus.

	im Lichte	im Dunkeln
Wurzellängen nach 47 Tagen	152 mm	360 mm
also im Dunkeln weit überwiegend.		

1) Diese Resultate wurden von Lasareff für eine Anzahl anderer Arten bestätigt (cf. Just's Jahresbericht, II (1874), p. 775). Da in den Versuchen beider Forscher die Wurzeln stets verdunkelt, nur die oberirdischen Sprosse z. Th. belichtet, z. Th. verdunkelt waren, ist es mir nicht recht verständlich, wie Teodoresco beide Arbeiten im oben angegebenen Sinne verwerthen konnte.

Lepidium sativum.

	im Lichte	im Dunkeln
Wurzellängen nach 10 Tagen	115 mm	25 mm

also im Lichte weit überwiegend.

Vicia sativa.

	im Lichte	im Dunkeln
Wurzellängen nach 8 Tagen	150 mm	145 mm
„ „ 18 „	166 „	159 „

also im Lichte und im Dunkeln annähernd gleich¹⁾.

1. *Lupinus albus.*

Der grössere Theil der Kulturen wurde in 265 mm hohen Cylindergläsern von etwa 4,5 l Inhalt ausgeführt. Bei einigen der ersten Versuche waren dieselben mit Korkplatten, bei den späteren, an Zahl weit überwiegenden, mit flachen, übergreifenden Deckeln von starkem vernickeltem Blech bedeckt, in welche in gleichen Abständen eine bestimmte Zahl (10) Oeffnungen von passendem Umfang angebracht waren. Jede Oeffnung war mit einer Nummer bezeichnet. Die Cylindergläser wurden mit Leitungswasser gefüllt. Mit destillirtem Wasser, das ich sonst vorgezogen hätte, hatte ich bei früheren Gelegenheiten sehr üble Erfahrungen gemacht. Solches von tadelloser Beschaffenheit lässt sich in so grossen Mengen, wie es hier benöthigt wurde, sehr schwer beschaffen.

1) Die von Teodoresco für obige drei Pflanzen gemachten Angaben sind der sehr verschiedenen Versuchsdauer wegen nicht wohl vergleichbar. Da die belichteten Versuchspflanzen während der langen Dauer der Versuche reichlich Assimilate erzeugen konnten, musste ein indirecter Einfluss des Lichtes auf das Wurzelwachsthum zur Geltung kommen und die Resultate störend beeinflussen (vergl. Strehl. Untersuchungen über d. Längenwachsthum der Wurzel und des hypokotylen Gliedes, 1874, bes. p. 24). — Was speciell *Lepidium sativum* betrifft, so hatte schon Morgen (Ueber den Assimilationsprocess in der keimenden Kresse [*Lepidium sativum* L.]“, Botan. Ztg. 1877, p. 553 ff.) bei einer Reihe von Versuchen, welche über mehr als einen Monat ausgedehnt wurden, gefunden, dass Steigerung der Licht-Intensität das Längenwachsthum der Wurzeln und ihre Zunahme an organischem Trockengewichte günstig beeinflusst. Er sagt aber auf p. 590 ausdrücklich: „Wenn die Wurzeln von vorn nach hinten (d. h. bei steigender Entfernung vom Fenster. Ref.) an Länge abnehmen, so mag dies einerseits seinen Grund in ungenügender, absolut geringerer Menge von Baumaterial überhaupt haben; andererseits könnte es seinen Grund auch darin haben, dass der längere Stengel in einem solchen Falle relativ mehr Material beanspruchte.“ Dieser Erklärung schliesst sich auch Pfeffer (Pflanzenphysiologie, 1. Aufl., II (1881), p. 137) an.

Die Samen wurden nach kurzem Anquellen zunächst in feuchtes, in einem hohen Kasten befindliches Sägemehl gebracht. Nachdem die Wurzeln bei geradlinigem Wachsthum eine passende Länge erreicht hatten, wurden sie vorsichtig in mit Wasser gefüllte Schalen gelegt. Hier fand die Auswahl annähernd gleich weit entwickelter Exemplare für beide Parallel-Serien statt, und hier wurden die genauen Messungen vorgenommen. Als Marke für den Nullpunkt wurden dicht unterhalb der Grenze des Hypokotyls sehr feine Nadeln aus rothem Glase quer durch die Aussenrinde gesteckt. Eine irgend bemerkbare Schädigung der Keimpflanze fand hierdurch nicht statt. Die für diesen Zweck gewöhnlich verwendeten Tuschmarken sind leicht verwischbar. Sie können, wie ich erfahren musste, die Resultate ganzer Versuchsreihen unbrauchbar machen.

Um nicht eine der beiden Parallel-Serien in der Versuchsdauer zu bevorzugen, wurde darauf geachtet, dass immer abwechselnd die Wurzel je eines für die Lichtkultur und eines für die Dunkelkultur bestimmten Keimpflänzchens gemessen und in den Deckel gesteckt wurde.

Die Cylindergläser standen nebeneinander in geringer Entfernung von einem grossen, nach Norden gerichteten Fenster. Die Temperatur des Wassers war unter diesen Umständen derjenigen der umgebenden Luft so ähnlich wie möglich und brauchte nicht besonders bestimmt zu werden.

Nach Schluss des Versuches wurde zuvörderst die Längenzunahme der Wurzeln, und zwar auch wieder abwechselnd bei den belichteten und verdunkelten Keimpflanzen, gemessen. Bei einigen der Versuche mit *Lupinus albus* wurden sodann von jeder Wurzel in 50 mm Entfernung vom Scheitel Querschnitte gemacht, und sowohl die Grösse ihres Gesamtdurchmessers als auch des Durchmessers ihres Centralcylinders auf mikrometrischem Wege bestimmt.

Von den angestellten Versuchen sollen im Folgenden nur diejenigen verwerthet werden, bei welchen sämtliche Keimpflanzen sich ohne Störung entwickelten. Um dem Leser ein Urtheil über die der Ausführung gewidmete Sorgfalt zu ermöglichen, gebe ich je einen Versuch im Einzelnen wieder. Von den anderen sollen nur die Schlussergebnisse angeführt werden.

Versuch I.

Beginn am 29. März, Schluss am 5. April 1900.

Der Deckel jedes Cylinderglases nahm 9 Keimpflanzen auf.

Die zu dem Versuche verwendeten 8 Cylindergläser waren in 4 Gruppen von je 2 vertheilt.

1. Gruppe. Das eine der beiden Gläser war in allen Theilen unbedeckt, gestattete also während des Tages überall den Zutritt von Licht; das andere Glas war durch eine übergestülpte Hülle aus dickem, innen geschwärztem Pappdeckel, deren unterer Rand von schwarzer Watte umgeben war, in allen Theilen verdunkelt.

2. Gruppe. An den Keimlingen beider Gläser waren die Kotyledonen und der obere Theil der Keimspresse ohne Unterbrechung verdunkelt. Die Wurzeln des einen Glases waren belichtet, die des anderen verdunkelt.

3. Gruppe. An den Keimlingen beider Gläser waren die Kotyledonen und der obere Theil der Keimspresse unbedeckt, empfingen also am Tage gleichmässig Licht. Die Wurzeln des einen Glases waren belichtet, die des anderen verdunkelt.

4. Gruppe. An sämtlichen Keimlingen war bei Beginn des Versuches der eine Kotyledo und der epikotyle Keimspross entfernt worden¹⁾. Auch während der Versuchsdauer etwa hervortretende Adventivknospen wurden entfernt. Der übrigbleibende Kotyledo sammt dem oberen Theile des Hypokotyls war in beiden Gläsern verdunkelt. Die Wurzeln waren bei dem einen Glase dem Tageslichte ausgesetzt, bei dem anderen verdunkelt.

1. Gruppe.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	129	199	70	1	136	253	117
2	129	198	69	2	119	222	103
3	120	178	58	3	120	209	89
4	111	217	106	4	103	228	125
5	138	205	67	5	152	272	120
6	108	206	98	6	96	202	106
7	122	186	64	7	112	241	129
8	98	168	70	8	90	184	94
9	114	175	61	9	106	178	72
	1069	1732	663		1034	1989	955

1) Die Entfernung des Epikotyls unter Schonung beider Kotyledonen ist nicht ausführbar.

2. Gruppe.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d.Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse d.Versuches mm	Also Zuwachs mm	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d.Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse d.Versuches mm	Also Zuwachs mm
1	129	226	97	1	143	245	102
2	116	195	79	2	122	230	108
3	121	201	80	3	111	221	110
4	106	169	63	4	104	194	90
5	130	211	81	5	155	269	114
6	109	182	73	6	111	240	129
7	118	194	76	7	110	203	93
8	90	153	63	8	85	215	130
9	119	181	62	9	122	221	99
	1038	1712	674		1063	2038	975

3. Gruppe.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d.Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse d.Versuches mm	Also Zuwachs mm	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d.Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse d.Versuches mm	Also Zuwachs mm
1	139	193	54	1	117	232	115
2	107	167	60	2	121	274	153
3	112	205	83	3	120	227	107
4	108	162	54	4	115	224	109
5	145	225	80	5	145	241	96
6	103	162	59	6	93	219	126
7	111	176	65	7	109	227	118
8	84	121	37	8	73	186	113
9	119	207	88	9	109	238	129
	1028	1618	590		1002	2068	1066

4. Gruppe.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der	Länge der	Also	Nummer	Länge der	Länge der	Also
	Wurzeln am	Wurzeln am			Zuwachs	Wurzeln am	
	Beginne	Schlusse			Beginne	Schlusse	
	d.Versuches	d.Versuches			d.Versuches	d.Versuches	
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	137	209	72	1	127	205	78
2	117	184	67	2	113	225	112
3	117	172	55	3	120	233	113
4	98	159	61	4	115	235	120
5	119	183	64	5	131	188	57
6	108	180	72	6	107	174	67
7	114	176	62	7	112	207	95
8	78	163	85	8	86	166	80
9	111	195	84	9	116	196	80
	999	1621	622		1027	1829	802

Nach Schluss des Versuches wurden von allen 9 Keimwurzeln eines jeden der 8 Gläser in 50 mm Entfernung vom Scheitel Querschnitte ausgeführt und an denselben in der Richtung der grössten Ausdehnung des diarchen Holzkörpers

1. der Durchmesser des ganzen Querschnittes,
2. der Durchmesser des Centralcylinders gemessen.

Die folgenden Zahlen bedeuten die Zahl der Zwischenräume des benutzten Ocular-Mikrometers.

1. Gruppe.

Im Lichte: Durchmesser der ganzen Wurzel: 73, 70, 54, 67, 43, 79, 78, 83, 86 mm. — Mittel: 70,33 mm.

Durchmesser des Centralcylinders: 19, 25, 21, 19, 16, 27, 24, 27, 28 mm. — Mittel: 22,89 mm.

Im Dunkeln: Durchmesser der ganzen Wurzel: 51, 43, 46, 42, 51, 53, 47, 45, 49 mm. — Mittel: 47,44 mm.

Durchmesser des Centralcylinders: 20, 17, 17, 18, 21, 20, 19, 19, 19 mm. — Mittel: 18,89 mm.

2. Gruppe.

Im Lichte: Durchmesser der ganzen Wurzel: 60, 58, 81, 61, 76, 71, 55, 78, 66 mm. — Mittel: 67,33 mm.

Durchmesser des Centralcylinders: 23, 20, 25, 22, 23, 19, 19, 28, 24 mm. — Mittel: 22,56 mm.

Im Dunkeln: Durchmesser der ganzen Wurzel: 58, 43, 40, 45, 47, 43, 42, 41, 43 mm. — Mittel: 44,67 mm.

Durchmesser des Centralcyinders: 21, 17, 17, 18, 18, 18, 17, 17, 18 mm. — Mittel: 17,89 mm.

3. Gruppe.

Im Lichte: Durchmesser der ganzen Wurzel: 84, 92, 64, 99, 91, 54, 55, 67, 91 mm. — Mittel: 77,44 mm.

Durchmesser des Centralcyinders: 24, 26, 20, 30, 31, 20, 21, 22, 28 mm. — Mittel: 24,67 mm.

Im Dunkeln: Durchmesser der ganzen Wurzel: 64, 51, 46, 47, 43, 50, 49, 50 mm. — Mittel von 8¹⁾ Querschnitten: 50,0 mm.

Durchmesser des Centralcyinders: 19, 18, 18, 17, 17, 18, 18, 21 mm. — Mittel von 8¹⁾ Querschnitten: 18,25 mm.

4. Gruppe.

Im Lichte: Durchmesser der ganzen Wurzel: 63, 69, 56, 61, 66, 61, 48, 65, 61 mm. — Mittel: 61,11 mm.

Durchmesser des Centralcyinders: 23, 23, 21, 23, 22, 22, 18, 20, 21 mm. — Mittel: 21,44 mm.

Im Dunkeln: Durchmesser der ganzen Wurzel: 55, 49, 51, 59, 50, 51, 47, 66, 42 mm. — Mittel: 52,22 mm.

Durchmesser des Centralcyinders: 19, 18, 20, 23, 20, 17, 17, 26, 17 mm. — Mittel: 19,67 mm.

Versuch 2.

Beginn am 16. März, Schluß am 22. März 1900.

Versuchs-Anstellung genau wie bei Versuch 1.

A. Gesamt-Zuwachs in Richtung der Länge.

1. Gruppe.

Im Lichte: 598 mm. Im Dunkeln: 643 mm.

2. Gruppe.

Im Lichte: 565 mm. Im Dunkeln: 698 mm.

3. Gruppe.

Im Lichte: 557 mm. Im Dunkeln: 732 mm.

4. Gruppe.

Im Lichte: 636 mm. Im Dunkeln: 462 mm.

1) Einer der Querschnitte war bei der Untersuchung verloren gegangen.

B. Gesamt-Zuwachs in Richtung der Dicke.

1. Gruppe.

	Durchmesser der Wurzel	Durchmesser des Centralcyllinders
Im Lichte:	76,83 mm	29,67 mm.
Im Dunkeln:	60,33 „	25,83 „

2. Gruppe.

	Durchmesser der Wurzel	Durchmesser des Centralcyllinders
Im Lichte:	71,33 mm	29,50 mm.
Im Dunkeln:	60,0 „	26,60 „

3. Gruppe.

	Durchmesser der Wurzel	Durchmesser des Centralcyllinders
Im Lichte:	73,83 mm	28,83 mm.
Im Dunkeln:	60,50 „	25,83 „

4. Gruppe¹⁾.

	Durchmesser der Wurzel	Durchmesser des Centralcyllinders
Im Lichte:	55,67 mm	24,17 mm.
Im Dunkeln:	66,33 „	27,83 „

Versuch 3.

Beginn am 8. März, Schluss am 15. März 1900.

Versuchs-Anstellung wie bei Versuch 1 u. 2.

A. Gesamt-Zuwachs in Richtung der Länge.

1. Gruppe.

Im Lichte: 632 mm. Im Dunkeln: 978 mm.

2. Gruppe.

Im Lichte: 616 mm. Im Dunkeln: 875 mm.

3. Gruppe.

Im Lichte: 601 mm. Im Dunkeln: 1046 mm.

4. Gruppe.

Im Lichte: 634 mm. Im Dunkeln: 932 mm.

1) Gruppe 4 stellt nicht nur im Längenwachstum, sondern auch im Dickenwachstum eine Ausnahme dar.

B. Gesamt-Zuwachs in Richtung der Dicke.

Die Querschnitte, welche durch die Keimwurzeln aller 72 Versuchspflänzchen in 70 mm Entfernung vom Scheitel am Schlusse des Versuches ausgeführt worden waren, zeigten bei nicht unerheblichen individuellen Verschiedenheiten im Allgemeinen bei den belichteten Wurzeln einen erheblich grösseren Durchmesser (— in extremen Fällen bis auf mehr als das Doppelte —) als bei den verdunkelten. Auch in der Ausbildung des Leitbündels waren die belichteten Wurzeln den verdunkelten durchschnittlich um ein Geringes voraus. Genaue Messungen wurden nicht vorgenommen.

Versuch 4.

Um die Wurzeln von etwaigen sekundären Beeinflussungen durch den Keimspross nach Möglichkeit zu befreien, führte ich 3 Versuche mit Keimlingen aus, deren Spross bald nach beginnendem Auswachsen der Wurzel nach der Pfeffer'schen Methode eingegypst war, und weitere 3, bei welchen er vollkommen entfernt war. Die Wurzel des Keimlings wurde bei den Versuchen 4 bis 6 durch die genau passende Oeffnung einer oben offenen Hülse aus steifem Papier hindurchgesteckt und ragte in das Wasser eines Erlenmeyer-Kolbens von $\frac{1}{2}$ l Gehalt. Die Hülse wurde dann mit einem frisch angerührten Gemenge von $\frac{1}{2}$ gebranntem Gyps und $\frac{1}{2}$ Wasser ausgegossen. Nach vollständigem Erhärten wurde an der Grenze von Wurzel und Hypokotyl eine dünne, rothe Glasnadel durch die Aussenrinde gesteckt und der Abstand zwischen ihr und der Wurzelspitze gemessen. Auch bei diesen und den folgenden Versuchen standen die Kulturen in geringer Entfernung von einem grossen nach Norden gerichteten Fenster. Nach Schluss des Versuches wurde die Gypshülle bei einer grösseren Zahl von Keimlingen entfernt. Es zeigte sich, dass der Keimspross selbst nach 6tägiger Umhüllung keinen dauernden Schaden gelitten hatte und sich in normaler Weise entfaltete.

In allen darauf untersuchten Pflänzchen enthielt die Wurzelspitze am Schlusse des Versuches noch Stärke.

Beginn des Versuches 4 am 9. August 1902 ca. 1 $\frac{1}{2}$ Uhr Nm. Zimmer-Temperatur 21,5° C.

Schluss des Versuches am 12. August ca. 1 Uhr Nm. Zimmer-Temperatur 22,5° C.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Wurzel- länge am Beginne d. Versuches	Wurzel- länge am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Wurzel- länge am Beginne d. Versuches	Wurzel- länge am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	19,0	71,0	52,0	1	23,0	93,0	70,0
2	21,0	62,5	41,5	2	22,5	72,5	50,0
3	19,5	82,0	62,5	3	19,0	85,0	66,0
4	27,0	89,5	62,5	4	23,5	77,5	54,0
5	24,5	87,0	62,5	5	24,0	83,5	59,5
6	20,0	73,5	53,5	6	19,5	60,0	40,5
7	23,5	67,5	44,0	7	23,5	90,5	67,0
8	19,5	66,5	47,0	8	21,0	108,0	87,0
9	20,5	59,0	38,5	9	20,0	74,0	54,0
10	23,5	74,0	50,5	10	23,0	86,0	63,0
	218,0	732,5	514,5		219,0	830,0	611,0

Versuch 5.

Beginn den 25. Juni 1902, ca. 3 1/4 Uhr Nm. Zimmer-Temperatur 20° C.

Schluss den 28. Juni, ca. 1 Uhr Nm. Zimmer-Temperatur 21,3° C.

Versuchs-Anstellung genau wie bei Versuch 4, nur dass die Zahl der Versuchspflänzchen im Lichte und im Dunkeln je 12 betrug. Auch in diesen und allen folgenden Versuchen wurden die Wurzelspitzen am Schlusse mit positivem Erfolge auf die Anwesenheit von Stärke geprüft.

	Im Lichte	Im Dunkeln
Länge sämtlicher Wurzeln am Beginne des Versuches	240,5	246,5
Länge sämtlicher Wurzeln am Schlusse des Versuches	681,0	945,8
Also Zuwachs	440,5	699,3

Versuch 6.

Beginn den 3. Juli 1902, ca. 11 1/2 Uhr Vorm. Zimmer-Temperatur 21° C.

Schluss den 8. Juli, ca. 12 1/2 Uhr. Zimmer-Temperatur 21° C.

Versuchs-Anstellung genau wie bei den Versuchen 4 und 5, nur dass ausserdem zwischen Beginn und Schluss, nämlich am 5. Juli ca. 2 Uhr Nm. eine Messung vorgenommen wurde. Die Zahl der Versuchs-Pflänzchen betrug wie bei Versuch 5, beiderseits 12.

	Im Lichte	Im Dunkeln
Länge sämtlicher Wurzeln am Beginne des Versuches	390,5	389,4
Länge sämtlicher Wurzeln zwischen Beginn und Schluss des Versuches	743,6	906,6
Länge sämtlicher Wurzeln am Schlusse des Versuches	1065,6	1536,6
Also Zuwachs	675,1	1147,2

Versuch 7.

Dieser und die beiden folgenden Versuche wurden derart ausgeführt, dass die Wurzel durch einen Querschnitt vom Hypokotyl abgetrennt, und dass durch sie in Entfernung von etwa 2—3 mm unterhalb der Schnittfläche eine genügend lange Glasnadel durchgesteckt wurde, welche, über eine der Oeffnungen der vernickelten Deckel gelegt, die Wurzel in den grossen Eingangs beschriebenen Glasgefässen schwebend erhalten konnte. Um rasches Austrocknen der Schnittflächen zu verhüten, wurde über die Deckel der Glasgefässe je eine Krystallisirschale in verkehrter Stellung gestülpt.

Die Wurzeln wuchsen unter diesen Verhältnissen zwar langsam, aber doch genügend, um das Ergebniss klar hervortreten zu lassen. Die Prüfung auf Stärke zeigte am Schlusse, dass noch nicht alles für das Wachstum verfügbare plastische Material erschöpft war.

Gegenwärtiger Versuch, bei welchem je 10 Versuchswurzeln in 6 Gläsern vertheilt waren, soll als Beispiel mit allen einzelnen Zahlen angeführt werden, um einen Einblick in die grossen individuellen Schwankungen zu ermöglichen. Von den beiden nächsten Versuchen werden nur die Gesamt-Resultate angegeben.

Beginn des Versuches 7 den 19. Juli 1902, ca. 3 $\frac{1}{2}$ Uhr Nm. Zimmer-Temperatur 22,0° C.

Schluss des Versuches den 22. Juli, ca. 2 $\frac{1}{2}$ Uhr Nm. Zimmer-Temperatur 21,0° C.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	43,8	51,2	7,4	1	41,5	66,9	25,4
2	31,0	39,9	8,9	2	29,0	38,4	9,4
3	11,8	58,0	16,2	3	12,0	54,0	12,0
4	32,6	43,0	10,4	4	32,4	44,9	12,5
5	41,1	53,1	12,0	5	38,1	60,9	22,8
6	32,9	32,9	0,0	6	36,0	48,5	12,5
7	33,9	48,1	14,2	7	37,8	48,1	10,3
8	33,7	44,9	11,2	8	33,9	47,7	13,8
9	28,6	38,1	9,5	9	33,6	47,2	13,6
10	27,8	36,8	9,0	10	26,4	42,3	15,9
11	28,2	41,7	13,5	11	28,4	40,9	12,5
12	28,9	40,9	12,0	12	30,0	45,3	15,3
13	31,9	43,0	11,1	13	31,9	42,9	11,0
14	26,9	37,9	11,0	14	27,1	37,7	10,6
15	28,0	41,3	13,3	15	30,0	41,3	11,3
16	32,8	43,0	10,2	16	28,0	37,8	9,8
17	25,0	26,5	1,5	17	25,0	36,6	11,6
18	32,9	40,0	7,1	18	26,0	33,7	7,7
19	20,6	32,1	11,5	19	27,8	38,4	10,6
20	24,8	26,7	1,9	20	24,0	49,2	25,2
21	20,6	31,4	10,8	21	19,0	24,2	5,2
22	20,2	24,1	3,9	22	21,9	29,1	7,2
23	24,3	30,6	6,3	23	25,4	33,1	7,7
24	27,1	35,1	8,0	24	28,0	34,0	6,0
25	23,3	32,7	9,4	25	22,4	35,0	12,6
26	21,2	23,1	1,9	26	20,7	22,8	2,1
27	24,0	28,1	4,1	27	25,4	43,2	17,8
28	28,9	31,4	2,5	28	29,3	39,1	9,8
29	30,8	41,8	11,0	29	37,5	53,0	15,5
30	31,1	40,9	9,8	30	28,0	37,9	9,9
	878,7	1138,3	259,6		886,5	1254,1	367,6

Versuch 8.

Derselbe wurde ebenso wie Versuch 7 angestellt; doch betrug die Zahl der Versuchsobjecte nur je 29. Da von den 30 belichteten Wurzeln eine verunglückt war, blieb die mit ihr correspondirende verdunkelte bei den Messungen unberücksichtigt.

Beginn des Versuches den 16. Juli 1902, 2 $\frac{1}{4}$ U. Nm. Zimmer-Temperatur 21 $^{\circ}$ C.

Schluss des Versuches den 19. Juli, 12¹/₂ U. Nm. Zimmer-Temperatur 21,7° C.

Am Schlusse des Versuches war noch Stärke in den Wurzelspitzen nachweisbar.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge sämtlicher Wurzeln bei Beginn des Versuches	Länge sämtlicher Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge sämtlicher Wurzeln bei Beginn des Versuches	Länge sämtlicher Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
1354,9	1720,7	365,8	1338,1	1763,3	425,2

Versuch 9.

Versuchs-Anstellung wie bei den Versuchen 7 und 8; doch betrug die Zahl der Versuchsobjecte nur je 10.

Beginn: den 25. Mai 1900. Schluss: den 29. Mai 1900.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge sämtlicher Wurzeln bei Beginn des Versuches	Länge sämtlicher Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge sämtlicher Wurzeln bei Beginn des Versuches	Länge sämtlicher Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
982	1043	61	1015	1086	71

2. *Lepidium sativum.*

Die Kleinheit der Keimpflänzchen und die hierdurch bedingte Gefahr, die Wurzeln beim Herausheben aus dem Wasser zum Zweck der ersten Messung zu verletzen, liess es wünschenswerth erscheinen, bei dieser Art eine andere Art der Versuchsanstellung zu wählen.

Auf sechs Glasplatten von 212 mm Länge und 130 mm Breite wurde eine bestimmte Menge gut gereinigten, stark mit Leitungswasser angefeuchteten Sandes, wie er für wissenschaftliche Kulturen Verwendung findet¹⁾, gebracht und derselbe durch starkes Anstossen mit der rechten Hand bei entsprechender Neigung gleichmässig über die Oberfläche vertheilt. Bei einiger Uebung gelingt dies

¹⁾ Der von mir benutzte wurde von den Hohenbocker Glassandgruben, H. Weichert & Co., Elsterwerda bezogen.

leicht. Auf den Sand wurden in geringer Entfernung von dem einen Ende der Platte eine bestimmte Zahl (im vorliegenden Falle je 10) gequollene Samen in annähernd gleichen und möglichst weiten Abständen derart gebracht, dass das Würzelchen, welches die Samenschale schon gesprengt hatte, nach dem entgegengesetzten Ende der Glasplatte schaute. Die Platten wurden nun einzeln in Cylindergläsern von 4,5 l Inhalt, deren Boden mit stark befeuchtetem Sande bedeckt war, in steiler Neigung so aufgestellt, dass die Wurzeln gleich anfangs abwärts gerichtet waren. Geotropische Krümmungen bei der Fortentwicklung waren dadurch ausgeschlossen.

Die sechs Cylindergläser wurden mit je einer Glasplatte bedeckt. Sie standen nebeneinander in geringer Entfernung von einem grossen Nordfenster, vollständig geschützt vor directer Besonnung. Drei von ihnen wurden dem diffusen Lichte ausgesetzt; die drei anderen wurden durch eine übergestülpte Papphülle verdunkelt.

Bevor die Glasplatten in die Cylindergläser gestellt wurden, liess ich sie etwa 5 Minuten bei geringerer Neigung stehen, damit das überschüssige Wasser abtropfe und der Sand um so sicherer an dem Glase haften.

Die Entwicklung der Keimpflänzchen erfolgte auf dem feuchten Sande in durchaus normaler Weise. Die Würzelchen wuchsen auf der Oberfläche des Sandes fort, und es konnten jederzeit Messungen mit Hilfe des Zirkels vorgenommen werden, ohne die Pflänzchen zu verletzen. Freilich sind bei dieser Art der Versuchsanstellung Wurzel und Spross der Keimpflanzen immer gleichzeitig belichtet, resp. verdunkelt; doch würde eine getrennte Behandlung beider nach dem bei *Lupinus* angewandten Verfahren sehr viel grössere praktische Schwierigkeiten bieten als bei den Leguminosen-Keimlingen. Dafür lassen sich aber nach den eben beschriebenen Methoden Kulturen abgetrennter Wurzeln leichter ausführen als nach der bei *Lupinus* angewandten. Das Eingypsen des Hypokotyls sammt den Kotyledonen bietet bei *Lepidium sativum* so viele Schwierigkeiten, dass ich darauf verzichtete.

Es sei noch hervorgehoben, dass, wie ich mich durch mikroskopische Untersuchung von Wurzel-Querschnitten überzeugete, die Grenze von Wurzel und Hypokotyl bei *Lepidium sativum* durch die Wurzelhaare, welche sich in dichter Bürste über den Sand erheben, sehr deutlich gekennzeichnet ist. Eine genaue Ausführung der Messungen wird hierdurch sehr erleichtert.

Versuch 10.

Beginn: den 10. Juli 1902, 1 1/2 U. Nm. Temperatur: 21,3° C.
 Schluss: für 4 Gläser mit je 10 Pflänzchen den 11. Juli, 12 1/2 U. Nm.,
 Temperatur 21° C.; für 2 Gläser mit je 10 Pflänzchen den 12. Juli,
 12 1/2 U. Nm. Temperatur 20,3° C.

Nummer	Längenzuwachs von 20 Keimlingen nach 23 Stunden im Lichte		Nummer	Längenzuwachs von 20 Keimlingen nach 23 Stunden im Dunkeln	
	Wurzeln	Hypokotyle		Wurzeln	Hypokotyle
1	13,4 mm	6,8 mm	1	16,1 mm	5,3 mm
2	14,1 "	7,3 "	2	13,1 "	6,2 "
3	11,9 "	5,9 "	3	18,1 "	7,5 "
4	11,7 "	4,3 "	4	15,5 "	5,0 "
5	13,6 "	5,4 "	5	16,0 "	7,3 "
6	12,6 "	4,5 "	6	13,6 "	5,9 "
7	12,1 "	5,9 "	7	14,7 "	5,6 "
8	11,0 "	5,8 "	8	13,0 "	6,5 "
9	15,2 "	5,7 "	9	13,8 "	6,8 "
10	12,3 "	5,4 "	10	16,2 "	7,7 "
11	13,2 "	5,1 "	11	12,9 "	3,9 "
12	17,1 "	6,6 "	12	14,5 "	4,3 "
13	14,2 "	5,9 "	13	16,1 "	6,6 "
14	13,0 "	6,3 "	14	12,5 "	6,1 "
15	15,0 "	7,4 "	15	15,9 "	6,1 "
16	18,1 "	6,2 "	16	12,2 "	4,5 "
17	15,1 "	6,5 "	17	18,0 "	7,0 "
18	14,6 "	5,7 "	18	13,6 "	5,6 "
19	16,3 "	5,9 "	19	13,3 "	7,5 "
20	17,0 "	5,0 "	20	12,6 "	3,6 "
	281,5 mm	117,6 mm		291,7 mm	119,0 mm

Nummer	Längenzuwachs von 10 Keimlingen nach 47 Stunden im Lichte		Nummer	Längenzuwachs von 10 Keimlingen nach 47 Stunden im Dunkeln	
	Wurzeln	Hypokotyle		Wurzeln	Hypokotyle
1	42,0 mm	7,1 mm	1	32,7 mm	12,5 mm
2	39,7 "	8,5 "	2	50,0 "	15,9 "
3	42,8 "	10,4 "	3	40,8 "	9,3 "
4	30,5 "	6,5 "	4	35,0 "	11,9 "
5	39,0 "	7,2 "	5	47,3 "	12,5 "
6	42,2 "	6,9 "	6	45,0 "	14,0 "
7	35,5 "	7,5 "	7	36,7 "	9,0 "
8	41,3 "	7,2 "	8	40,7 "	10,3 "
9	42,8 "	10,3 "	9	49,1 "	13,7 "
10	27,0 "	9,2 "	10	38,4 "	9,7 "
	382,8 mm	80,8 mm		415,7 mm	118,8 mm

Versuch 11.

Beginn: den 7. Juli 1902, 1 U. Nm. Temp.: 20,5° C.

Schluss: für 4 Gläser mit je 10 Pflänzchen den 8. Juli, 2 U. Nm. Temp.: 21,0° C.
 " " 2 " " " " " den 9. Juli, 2 1/4 U. Nm. Temp.: 21,0° C.

Längen-Zuwachs von 20 Keimlingen nach 25 Stunden im Lichte		Längen-Zuwachs von 20 Keimlingen nach 25 Stunden im Dunkeln	
Wurzeln	Hypokotyle	Wurzeln	Hypokotyle
244,7 mm	117,8 mm	260,2 mm	120,8 mm
Längen-Zuwachs von 10 Keimlingen nach 48 3/4 Stunden im Lichte		Längen-Zuwachs von 10 Keimlingen nach 48 3/4 Stunden im Dunkeln	
Wurzeln	Hypokotyle	Wurzeln	Hypokotyle
326,4 mm	83,0 mm	342,1 mm	99,9 mm

Versuch 12.

Beginn: den 12. Juni 1902, 3 U. Nm. Temp.: 20° C.

Schluss: für 4 Gläser mit je 10 Pflänzchen den 13. Juni, 3 U. Nm. Temp.: 20,5° C.
 " " 2 " " " " " den 14. Juni, 12 U. M. Temp.: 20,5° C.

Längen-Zuwachs von 20 Keimlingen nach 24 Stunden im Lichte		Längen-Zuwachs von 20 Keimlingen nach 24 Stunden im Dunkeln	
Wurzeln	Hypokotyle	Wurzeln	Hypokotyle
210,8 mm	142,2 mm	242,7 mm	161,5 mm
Längen-Zuwachs von 10 Keimlingen nach 45 Stunden im Lichte		Längen-Zuwachs von 10 Keimlingen nach 45 Stunden im Dunkeln	
Wurzeln	Hypokotyle	Wurzeln	Hypokotyle
259,8 mm	77,7 mm	278,8 mm	107,3 mm

Bei den drei letzten Versuchen waren am Schlusse die Kotyledonen der belichteten Keimpflanzen schon deutlich ergrünt; es stand also den Wurzeln der Keimpflanzen ausser dem im Samen vorhandenen plastischen Materiale sehr wahrscheinlich auch secundär erzeugtes zur Verfügung. Es ist unter diesen Umständen um so bemerkenswerther, dass sie im Längenwachstum hinter denen der verdunkelten Keimpflanzen zurückgeblieben waren.

In allen Keimpflanzen, sowohl belichteten als verdunkelten, war am Schlusse des Versuches noch Stärke in der Wurzelhaube nachweisbar.

Versuch 13.

Von einer grösseren Zahl von Keimlingen, welche in der auf p. 435 beschriebenen Art auf mit feuchtem Sande bedeckten Glas-

platten soweit erzogen waren, dass man in den Wurzeln eine für geringe Fortentwicklung genügende Menge von plastischem Materiale voraussetzen durfte, wurden die Wurzeln von 60 gesunden Exemplaren an der durch Aufhören der Wurzelhaare bezeichneten Grenze des Hypokotyles mit einer feinen Scheere abgetrennt und zu je 10 auf 6 bereit gehaltene, ähnliche Platten übertragen. Auf jeder Platte befanden sich die Wurzeln im oberen Theile in möglichst grossen Abständen nebeneinander. Ihre Spitzen waren gleich anfangs abwärts gerichtet. Jedes Glas war mit einer Scheibe bedeckt.

Aufstellung der Gefässe und Verdunkelung eines Theiles derselben wie bei den früheren Versuchen.

Beginn des Versuches am 3. Juli 1902, 1 U. Nm. Schluss des Versuches am 4. Juli, 2 $\frac{1}{2}$ U. Nm. Zimmer-Temperatur 21,0^o—21,7^o C.

Auch nach Schluss dieses und der beiden folgenden Versuche wurde in den Wurzelhauben noch Stärke vorgefunden.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	9,6	11,6	2,0	1	10,1	12,8	2,7
2	11,2	13,7	2,5	2	14,1	15,6	1,5
3	10,5	12,0	1,5	3	13,5	15,6	2,1
4	12,3	13,5	1,2	4	12,2	14,3	2,1
5	11,2	11,8	0,6	5	11,8	14,3	2,5
6	11,5	11,7	0,2	6	11,0	12,8	1,8
7	13,5	15,6	2,1	7	9,8	11,4	1,6
8	11,7	14,2	2,5	8	11,4	13,0	1,6
9	13,0	15,3	2,3	9	11,3	12,3	1,0
10	13,0	15,5	2,5	10	11,8	14,0	2,2
11	11,0	11,9	0,9	11	12,2	14,2	2,0
12	11,7	13,1	1,4	12	12,2	13,8	1,6
13	13,0	14,3	1,3	13	12,3	15,0	2,7
14	11,6	12,4	0,8	14	11,0	14,3	3,3
15	8,0	8,6	0,6	15	12,9	14,3	1,4
16	10,0	10,9	0,9	16	10,4	11,9	1,5
17	10,4	12,0	1,6	17	11,5	12,5	1,0
18	10,0	11,1	1,1	18	11,0	12,0	1,0
19	9,7	11,7	2,0	19	10,0	12,1	2,1
	212,9	240,9	28,0		220,5	256,2	35,7

(Fortsetzung der Tabelle.)

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
Uebertrag	212,9	240,9	28,0		220,5	256,2	35,7
20	9,3	10,4	1,1	20	12,6	14,6	2,0
21	12,9	14,3	1,4	21	11,1	13,3	2,2
22	11,0	12,0	1,0	22	13,0	14,8	1,8
23	9,6	11,0	1,4	23	13,6	15,8	2,2
24	12,0	12,6	0,6	24	11,1	13,2	2,1
25	12,0	12,1	0,1	25	12,0	13,0	1,0
26	11,5	12,3	0,8	26	10,2	11,0	0,8
27	12,3	13,5	1,2	27	12,1	14,5	2,4
28	12,8	14,0	1,2	28	9,5	10,9	1,4
29	10,1	11,7	1,6	29	12,8	13,9	1,1
30	10,5	11,6	1,1	30	8,1	10,0	1,9
	336,9	376,4	39,5		346,6	401,2	54,6

Versuch 14.

Genau ebenso wie Versuch 13 ausgeführt.

Beginn den 27. Juni 1902, 2½ U. Nm. Schluss den 28. Juni, 3 U. Nm.
Zimmer-Temperatur 20,5—21,3° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der 30 Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der 30 Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der 30 Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der 30 Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
248,3	276,3	28,0	263,3	293,3	30,0

Versuch 15.

Genau ebenso wie die Versuche 13 und 14 ausgeführt.

Beginn den 24. Juni 1902, 2 U. Nm. Schluss den 25. Juni, 1 U. Nm.
Zimmer-Temperatur nahezu 19,5° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der 30 Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der 30 Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der 30 Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der 30 Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
345,9	361,7	15,8	365,2	400,6	35,4

3. *Vicia sativa*.

Da bei dieser Art die für *Lepidium sativum* hervorgehobenen Bedenken in der Hauptsache wegfielen, kehrte ich bei den meisten Versuchen zu der bei *Lupinus* erprobten Versuchsanstellung zurück. Nur für die mit abgetrennten Wurzeln ausgeführten Versuche schien mir die Sandkultur bei dieser Art ebenso wie bei *Lepidium sativum* zuverlässiger zu sein, da das Aufhängen so dünner Wurzeln an quer durchgesteckten Glasnadeln leicht zum Verluste von Versuchsobjecten führen konnte.

Versuch 16.

Es wurden 60 Keimpflänzchen auf je 6 Gefässe von etwa $4\frac{1}{2}$ l Inhalt vertheilt. Ueber jede der 10 Oeffnungen der vernickelten Deckel war ein Cartonstückchen mit entsprechend engerer, gut passender Oeffnung gelegt, auf welchem die quer durch die Rinde der Wurzelbasis gesteckte, als Marke für die Messungen dienende Glasnadel ruhte. Die über dem Deckel befindlichen Theile der Keimpflanzen waren an allen 6 Gläsern durch eine übergestülpte Blechkappe verdunkelt; die unter ihm in Leitungswasser tauchenden Wurzeln waren bei 3 Gefässen belichtet, bei den 3 anderen verdunkelt.

Beginn: den 31. Juli 1902, $1\frac{1}{2}$ U. Nm.; Temp.: $21,3^{\circ}$ C.

Schluss: den 4. August, $11\frac{1}{2}$ U. Vm.; Temp.: $20,5^{\circ}$ C.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	14,1	67,0	52,9	1	13,2	64,8	51,6
2	15,9	73,9	58,0	2	16,1	49,9	33,8
3	21,0	97,6	76,6	3	20,0	92,9	72,9
4	15,5	56,3	40,8	4	15,0	84,5	69,5
5	15,0	65,5	50,5	5	14,5	74,9	60,4
6	21,1	68,2	47,1	6	21,1	99,1	78,0
7	18,3	64,7	46,4	7	18,0	70,2	52,2
8	19,3	81,4	62,1	8	20,0	57,1	37,1
9	24,4	74,1	49,7	9	22,7	72,6	49,9
10	20,1	88,8	68,7	10	19,9	73,2	53,3
	184,7	737,5	552,8		180,5	739,2	558,7

(Fortsetzung der Tabelle.)

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
Uebertrag	184,7	737,5	552,8		180,5	739,2	558,7
11	21,1	66,9	45,8	11	21,0	86,6	65,6
12	16,8	57,0	40,2	12	16,3	77,9	61,6
13	29,2	93,9	64,7	13	28,8	108,2	79,4
14	17,8	43,1	25,3	14	17,0	94,0	77,0
15	20,4	87,8	67,4	15	20,9	88,3	67,4
16	19,0	58,7	39,7	16	17,2	73,1	55,9
17	20,0	65,6	45,6	17	20,1	58,9	38,8
18	16,4	48,2	31,8	18	17,8	93,8	76,0
19	17,8	69,8	52,0	19	17,0	60,2	43,2
20	25,9	64,8	38,9	20	27,1	98,8	71,7
21	24,0	90,0	66,0	21	23,9	89,3	65,4
22	24,0	68,4	44,4	22	25,0	111,1	86,1
23	28,1	108,9	80,8	23	28,0	113,9	85,9
24	27,6	94,9	67,3	24	26,2	97,9	71,7
25	18,5	71,3	52,8	25	18,7	99,0	80,3
26	20,9	70,5	49,6	26	21,1	78,4	57,3
27	18,0	86,1	68,1	27	17,9	83,1	65,2
28	17,8	79,9	62,1	28	17,1	77,3	60,2
29	16,0	74,5	58,5	29	15,3	79,9	64,6
30	23,9	85,5	61,6	30	23,2	104,3	81,1
	607,9	2223,3	1615,4		600,1	2513,2	1913,1

Versuch 17.

Versuchsanstellung genau wie bei Versuch 16.

Beginn: den 16. August 1902, 12 U. M.; Temp.: 20,4° C.

Schluss: den 19. August, 10 1/2 U. Vm.; Temp.: 19,6° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
1122,6	2780,8	1658,2	1127,8	3128,6	2000,8

Versuch 18.

Versuchsanstellung genau wie bei Versuch 16 und 17.

Beginn: den 29. August 1902, 11 $\frac{1}{2}$ U. Vm.: Temp.: 19,7° C.

Schluss: den 1. September, 9 $\frac{1}{2}$ U. Vm.: Temp.: 21,2° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches mm	Also Zuwachs mm	Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches mm	Also Zuwachs mm
1050,1	2209,9	1159,8	1054,8	2454,4	1399,6

Versuch 19.

Bei diesem und den beiden folgenden Versuchen wurden die von der Samenschale umschlossenen Theile der Keimpflanzen eingypst. Die Gypspflöcke hatten denselben Umfang, wie bei den Versuchen 4—6 (*Lupinus albus*). Auch im Uebrigen stimmte die Versuchsanstellung mit der dort beschriebenen überein. Am Schlusse jedes der drei Versuche wurden die Wurzelspitzen auf die Anwesenheit von Stärke mit positivem Erfolge untersucht und bei einigen Exemplaren festgestellt, dass die Keimpflänzchen nach Entfernung der Gypshülle sich normal fortentwickelten.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches mm	Also Zuwachs mm	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches mm	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches mm	Also Zuwachs mm
1	26,4	63,0	36,6	1	28,6	76,0	47,4
2	26,0	56,9	30,9	2	25,1	74,5	49,4
3	29,0	61,8	32,8	3	29,7	87,1	57,4
4	21,2	61,1	39,9	4	24,5	64,8	40,3
5	26,8	74,0	47,2	5	29,1	80,0	50,9
6	29,0	69,0	40,0	6	28,8	85,1	56,3
7	20,8	61,8	41,0	7	21,1	60,0	38,9
8	38,4	87,3	48,9	8	34,9	92,6	57,7
9	32,3	71,9	39,6	9	29,4	85,5	56,1
10	28,7	65,0	36,3	10	26,5	68,2	41,7
11	22,6	67,7	45,1	11	22,5	69,9	47,4
12	20,5	57,3	36,8	12	23,1	56,1	33,0
	321,7	796,8	475,1		323,3	899,8	576,5

Ein irgend erheblicher Unterschied war im Querdurchmesser zwischen belichteten und verdunkelten Wurzeln mit blossem Auge nicht festzustellen. Von der Herstellung von Querschnittserien und deren mikrometrischer Messung wurde Abstand genommen.

Beginn des Versuches den 15. Juli 1902, 4. U. Nm.; Temp. 20,5° C.

Schluss des Versuches den 18. Juli, 12 1/2 U. Nm.; Temp. 21,5° C.

Versuch 20.

Beginn d. 21. Juli 1902, 12 1/2 U. Nm. — Temp. 21° C.

Schluss d. 23. Juli, 12 U. M. — Temp. 20,7° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
449,7	745,1	295,4	451,6	821,4	369,8

Versuch 21.

Beginn d. 25. Juli 1902, 1 U. Nm. — Temp. 20,7° C.

Schluss d. 28. Juli, 12 U. M. — Temp. 22,0° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
368,1	825,3	457,2	377,2	826,5	449,3

Versuch 22.

Dieser und die beiden nächsten Versuche sind genau nach dem Muster der Sandkulturen isolirter Wurzeln von *Lepidium sativum* (Versuche 13—15) ausgeführt worden. Am Schlusse jeder Versuchsreihe wurde festgestellt, dass in den Wurzelspitzen noch Stärke vorhanden war.

Beginn d. 26. Juli 1902, 2 1/2 U. Nm. — Temp. 21,3° C.

Schluss d. 28. Juli, 12 1/2 U. Nm. — Temp. 22,0° C.

Im Lichte				Im Dunkeln			
Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs	Nummer	Länge der Wurzeln am Beginne d. Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse d. Versuches	Also Zuwachs
	mm	mm	mm		mm	mm	mm
1	18,0	20,0	2,0	1	18,7	21,5	2,8
2	21,0	25,1	4,1	2	18,9	22,7	3,8
3	20,1	23,0	2,9	3	18,8	21,8	3,0
4	17,4	20,5	3,1	4	19,1	23,2	4,1
5	20,1	22,0	1,9	5	16,9	19,6	2,7
6	13,9	18,2	4,3	6	15,5	18,6	3,1
7	16,2	19,0	2,8	7	13,7	17,6	3,9
8	14,6	17,9	3,3	8	16,4	19,0	2,6
9	14,4	16,3	1,9	9	18,8	23,1	4,3
10	11,6	15,6	4,0	10	14,6	17,1	2,5
11	13,5	15,2	1,7	11	12,9	16,0	3,1
12	17,8	19,6	1,8	12	15,7	17,7	2,0
13	14,2	16,2	2,0	13	16,1	18,7	2,6
14	12,2	15,9	3,7	14	13,1	16,4	3,3
15	13,7	15,6	1,9	15	12,5	16,9	4,4
16	16,4	20,7	4,3	16	12,0	14,6	2,6
17	11,5	12,7	1,2	17	13,8	16,2	2,4
18	13,9	15,8	1,9	18	12,1	14,1	2,0
19	10,9	13,0	2,1	19	11,7	15,1	3,4
20	13,3	15,0	1,7	20	13,0	15,1	2,1
21	15,9	18,0	2,1	21	15,2	19,5	4,3
22	13,4	15,7	2,3	22	14,2	16,9	2,7
23	15,1	17,0	1,9	23	14,9	21,0	6,1
24	12,9	15,3	2,4	24	15,6	16,5	0,9
25	14,8	20,1	5,3	25	16,7	17,8	1,1
26	14,1	17,6	3,5	26	16,0	18,6	2,6
27	13,8	16,7	2,9	27	17,1	18,3	1,2
28	12,1	15,9	3,8	28	13,6	15,5	1,9
29	13,5	16,0	2,5	29	15,9	19,3	3,4
30	12,6	15,0	2,4	30	10,4	12,8	2,4
	442,9	524,6	81,7		453,9	541,2	87,3

Versuch 23. Beginn den 24. Septemb. 1902, 2 U. Nm. — Temp. 19,2° C.
Schluss den 25. Septemb., 2¹/₂ U. Nm. — Temp. 19,0° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
585,2	645,4	60,2	582,0	658,3	76,3

Versuch 21.

Beginn d. 1. October 1902, 2 $\frac{3}{4}$ U. Nm. — Temp. 20,0° C.
 Schluss d. 2. October, 3 U. Nm. — Temp. 20,7° C.

Im Lichte			Im Dunkeln		
Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs	Länge der Wurzeln am Beginne des Versuches	Länge der Wurzeln am Schlusse des Versuches	Also Zuwachs
mm	mm	mm	mm	mm	mm
587,3	630,9	43,6	584,4	641,7	57,3

Die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchung lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Der Einfluss des diffusen Tageslichtes auf das Längenwachsthum der Bodenwurzeln, welches nach den bisherigen Anschauungen nicht nur grosse Abweichungen zeigen, sondern sich bei verschiedenen Pflanzen sogar in entgegengesetztem Sinne geltend machen sollte, hat sich bei den 3, für unsere Untersuchung gewählten Pflanzen (*Lupinus albus*, *Lepidium sativum*, *Vicia sativa*), welche diese Verschiedenheiten besonders deutlich zum Ausdruck bringen sollten, als im Wesentlichen gleichartig herausgestellt. Bis auf Weiteres, d. h. solange nicht Ausnahmen durch sorgfältige Untersuchung festgestellt sind, wird also der Satz Geltung haben müssen, dass diffuses Tageslicht das Längenwachsthum der Bodenwurzeln verzögert, Dunkelheit es begünstigt.

Diese Thatsache hat sich sowohl bei solchen Keimpflanzen nachweisen lassen, wo Wurzel und Hypokotyl den Einfluss des Lichtes, bzw. der Dunkelheit gleichsinnig erfuhren, als auch bei solchen, wo das Hypokotyl durchweg verdunkelt war und nur die Wurzel verschiedene Behandlung erfuhr. Auch da, wo durch Eingypsen der Keimspross in seiner Entwicklung behindert, oder wo er vollständig entfernt war, wo also correlative Beeinflussung der Wurzel durch den Spross ausgeschlossen war, blieben die belichteten Wurzeln den verdunkelten gegenüber im Längenwachsthum durchschnittlich zurück.

Das Maass der Verzögerung des Längenwachsthums scheint bei den 3 untersuchten Arten nicht das gleiche zu sein. Um hierüber Gewissheit zu erhalten und das Verhältniss, in welchem das Licht das Wurzel-Wachsthum bei verschiedenen Arten beeinflusst, genau beurtheilen zu können, müsste eine grosse Reihe von Parallelversuchen zu gleicher Zeit und unter gleichen äusseren Bedingungen durchgeführt werden.

2. An den Wurzeln von *Lupinus albus* hatte sich herausgestellt, dass mit einer Steigerung des Längenwachstums sehr gewöhnlich eine Minderung des Dickenwachstums und eine Verzögerung in der Ausbildung des Centralcyinders Hand in Hand ging und umgekehrt. Bei *Vicia sativa* und bei *Lepidium sativum* trat diese Erscheinung nicht mit gleicher Deutlichkeit hervor. Es wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, festzustellen, ob Längen- und Dickenwachsthum sich etwa derart compensiren, dass das organische Trockengewicht der im diffusen Lichte und im Dunkeln erzeugten Wurzelmasse das gleiche ist.

3. Bei allen auf das Wachstum der Wurzeln bezüglichen Untersuchungen ist Bedacht darauf zu nehmen, dass eine möglichst grosse Zahl von Versuchspflanzen zur Untersuchung gelange, weil die individuellen Schwankungen sehr erhebliche sind. Durch Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmassregel mag ein Theil der abweichenden Resultate früherer Forscher verursacht sein. Um diese individuellen Schwankungen deutlich hervortreten zu lassen, habe ich von jeder Serie von 3 ähnlichen Versuchen die Ergebnisse des einen mit allen einzelnen Zahlen mitgetheilt. Bei den beiden anderen glaubte ich, mich mit Anführung des Schlussresultates begnügen zu sollen.

Hätte ich z. B. nur den Versuch 21 ausgeführt, so wäre ich zu dem Resultate gelangt, dass bei eingegypsten Keimpflanzen von *Vicia sativa* die Wurzeln im diffusen Lichte stärker in die Länge wachsen als im Dunkeln. Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der in übereinstimmender Weise angestellten Versuche 19 und 20 ergab sich das entgegengesetzte Resultat. Ebenso zeigte im Versuch 2 die Gruppe 4 eine nicht unerhebliche Begünstigung der belichteten Wurzeln, während in den drei anderen Gruppen ebenso, wie in allen 4 Gruppen der Versuche 1 und 3 das Gegentheil der Fall war. Auch hier trat die Gesetzmässigkeit erst in dem Endergebniss einer grösseren Versuchsreihe klar hervor.

Meinem früheren Assistenten, Herrn Privatdocenten Dr. Kolkwitz, welcher mir bei einigen der ersten Versuche behilflich war, und meinem jetzigen Assistenten, Herrn Dr. Seckt, welcher mich bei der Mehrzahl der anderen Versuche unterstützt hat, spreche ich hierdurch meinen Dank aus.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Kny Leopold

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss des Lichtes auf das Wachsthum der Bodenwurzeln. 421-446](#)