© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

48. W. Remer: Der Einfluss des Lichtes auf die Keimung bei Phacelia tanacetifolia Benth.

Eingegangen am 15. Juni 1904.

Von den Faktoren, welche den Eintritt der Keimung bewirken oder beeinflussen, besitzen wir nur lückenhafte Kenntnis. Es beruht das zum grossen Teil darauf, dass die Samen oft wenig sichtbar gegen einzelne Einflüsse reagieren. Am besten bekannt ist die Rolle, die Wärme und Feuchtigkeit spielen. Namentlich bei den landwirtschaftlich genützten Pflanzen ist die Bedeutung der Wärme und Feuchtigkeit für die Keimung durch die Samenkontrolle besser bekannt geworden. Für eine grössere Anzahl von Samen sind die Maxima, Minima und Optima der Temperatur, sowie ihres Wasserbedürfnisses bekannt. So sehr empfindlich sich viele dieser Samen zeigen gegen Variationen der Wärme und Feuchtigkeit, so geringe Empfindlichkeit zeigen sie gegen die Einwirkungen des Lichtes. Es ist das in einem Grade der Fall, dass die Praxis der Samenkontrolle geglaubt hat, von Belichtung ganz absehen zu sollen, und dass bisher nur wenige Fälle bekannt wurden, in denen Samen deutliche Reaktionen gegen Belichtung bei der Keimung zeigten.

Zu den ersten, die den Einfluss des Lichtes auf die Keimung experimentell beobachteten, gehört STEBLER[1]). Nach STEBLER's Versuchen fördert Belichtung die Keimung bei *Poa nemoralis* und *Poa pratensis*. Auch bei anderen Gräsern vermutet STEBLER dasselbe. Die von ihm ermittelten Differenzen der Keimkraft sind für *Poa nemoralis* 52—62 pCt. bei Belichtung gegen 1—3 pCt. bei Verdunkelung, für *Poa pratensis* 59—61 pCt. bei Belichtung gegen 0—7 pCt. bei Verdunkelung. Obwohl die Nachuntersuchung ergibt, dass diese Zahlen nicht zutreffen, so bleibt doch richtig, dass bei *Poa*-Samen ein günstiger Einfluss des Lichtes besteht, wenn es sich auch mehr um eine Beschleunigung der Keimung, als um eine Vermehrung des Prozentsatzes der Keimlinge handeln dürfte.

Schon 1876[2]) hatte NOBBE den Satz aufgestellt, dass die Keimung vom Licht nicht oder doch nicht vorteilhaft beeinflusst werde. Die STEBLER'schen Mitteilungen veranlassten ihn zu einer Erwiderung[3]), in der er auf Grund von Versuchen an Mais, Wiesenrispengras, Knaulgras und Timothee wieder zu dem Ergebnis kam, dass Licht die

1) Bot. Centralblatt VII, 1881, S. 157.
2) Handbuch der Samenkunde, 1876.
3) Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1882, Bd. 27, S. 347.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Keimung hemmt. Unter anderm fand NOBBE, dass Mais im Dunkeln mit 67 pCt. keimte, im Licht mit 8 pCt. nach 11 Tagen. Das Resultat von 67 pCt. beweist, dass entweder nicht die richtigen Keimungsbedingungen oder kein Saatgut von normaler Beschaffenheit angewendet wurde. Versuche, welche beide Fehler vermeiden, ergeben übereinstimmend, dass Mais die von NOBBE gefundenen Unterschiede der Keimung im Licht und im Dunkeln nicht besitzt.

Bereits im folgenden Jahre widerlegte CIESLAR[1]) die Ausführungen NOBBE's in eingehender Weise auf Grund zahlreicher, wenn auch noch nicht genügend vervollkommneter Versuche. CIESLAR konstatierte, dass die Samen der Phanerogamen sich bei der Keimung gegen Licht verschieden verhalten. Die meisten sind indifferent; speziell nachgewiesen wird das an Mais und Gerste. Von *Viscum album* war damals schon durch WIESNER[2]) bekannt, dass seine Samen nur im Licht keimen. Begünstigend wirkt Licht bei *Poa nemoralis*, *Agrostis stolonifera*, *Nicotiana macrophylla*. Keine Samenart keimt im Licht schlechter. — Gegen CIESLAR's Beweisführung ist einzuwenden, dass seine Versuche verschiedentlich erkennen lassen, dass er nicht immer im Besitz der besten Keimungsmethoden war. So fand er für *Agrostis stolonifera* im Dunkeln 56 pCt., im Licht 73 pCt. nach 20 Tagen bei einer konstanten Temperatur von 22° C., während Fioringras bei dauernd oder intermittierend höherer Temperatur schon nach 10 Tagen leicht und sicher mit mehr als 90 pCt. auch im Dunkeln keimt, wozu im Licht vielleicht noch eine kleine weitere Beschleunigung tritt. Auch auf die Versuche mit *Poa* kann derselbe Einwand Geltung finden. Bei Gerste fand CIESLAR Keimzahlen von 65—80 pCt.; auch das weist auf eine unzureichende Erfüllung der Vorbedingungen hin. Normale Gerste keimt bei richtiger Behandlung mit ca 95 pCt. Erfahrungsgemäss geben aber Keimversuche, welche die richtigen Bedingungen nicht innehalten, oft völlig trügerische Resultate, welche keinen sichern Schluss auf die wirklich obwaltenden Einflüsse gestatten. Bedenklich ist es ferner, Saatgut von nicht normaler Beschaffenheit zu derartigen Beobachtungen zu verwenden, es sei denn, dass Versuche mit guter Saat als Kontrolle nebenher gehen, oder dass der Beobachter sich vorher mit allen Eigenheiten der betreffenden Samenart genau vertraut gemacht hat. — Von besonderem Interesse ist, dass CIESLAR aus seinen Versuchen folgert, dass kleine, an Reservestoffen arme Samen im Licht besser keimen, während grosse Samen indifferenter sind, ferner, dass gelbes Licht die Keimung mehr begünstigt als violettes. Mit Recht hält er durch seine Resultate die

1) Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes auf die Keimung des Samens. WOLLNY, Forschungen auf dem Gebiet der Agrikultur-Physik, Bd. VI, 1883, S. 270.

2) Denkschr. der K. K. Wiener Akad. der Wissensch. 1878.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Anschauungen NOBBE's über die Rolle des Lichtes bei der Keimung für widerlegt.

Die neuere Literatur scheint sich der Frage erst in den letzten Jahren wieder mit mehr Interesse zuzuwenden. 1897 bestätigt WIESNER[1]) seine schon erwähnte Beobachtung an *Viscum album* und fügt als neu hinzu, dass andere *Viscum*-Arten (*Viscum articulatum*) sich anders verhalten; desgleichen keimt *Loranthus* auch im Dunkeln. Der Ansicht, dass vorzugweise kleine Samen mit wenig Reservestoffen auf die frühzeitige Hilfe des Lichtes angewiesen seien, tritt WIESNER bei, worauf noch zurückzukommen sein wird. 1899 richtete HEINRICHER[2]) seine Aufmerksamkeit auf die beschleunigende Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung. Gelegenheit, ein Beispiel davon zu beobachten, boten ihm die Samen von *Veronica peregrina*. Er sah, dass diese sehr kleinen Samen im Licht wesentlich besser und schneller keimten. Gelbes Licht wirkte stärker als blaues. Die Wirkung konnte aber nicht auf der raschen Aktivierung der Assimilation beruhen, da sie auch im kohlensäurefreien Raum eintrat. Vielmehr erblickte HEINRICHER den Grund des Verhaltens in der raschen Aktivierung der Reservestoffe. Die Verschiedenheit der Keimungsergebnisse je nach der Wahl des Keimbettes (Sand oder Filtrierpapier) veranlassten ihn, eine Mitwirkung des Substrates am Keimungsvorgang anzunehmen.

HEINRICHER setzte diese Versuche in erweitertem Massstabe fort, eine vorläufige Zusammenfassung seines Befundes erschien im Jahre 1903[3]). Die Untersuchung umfasste jetzt eine grössere Anzahl von Formen. Von fünf Bromeliaceen keimten vier im Licht besser; *Pitcairnia maydifolia* keimte sogar nur im Licht, dagegen keimte eine Art, *Acanthostachys strobilacea*, besser im Dunkeln. Belichtung förderte die Keimung ferner bei einer Asclepiadacee, drei Cactaceen, drei Aizoaceen, einer Portulacacee. *Drosera capensis* keimte nur im Licht. HEINRICHER zieht aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass bei Licht liebenden Pflanzen stark insolierter Standorte das Licht die Keimung zu fördern scheine; auch Epiphyten dürften die gleiche Erscheinung zeigen. Hervorzuheben ist, dass *Pitcairnia* und *Drosera capensis* nur im Licht keimten und dass bei beiden lange Verdunkelung die Keimkraft aufhob.

Bezüglich letzteren Punktes erhielt ich für *Drosera capensis* nicht ganz das gleiche Resultat. Es wurden Samen bei vollem Licht und bei vollständiger Verdunkelung zur Keimung angesetzt, beide im

1) Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. XV, 1897; auch Sitzungsberichte der Kais. Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. 103, 1894, und Biologie der Pflanzen, 1902.

2) Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. XVII, 1899, S. 308.

3) Beihefte zum Botan. Centralblatt 1903, Bd. 13.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Warmhaus bei gleichmässiger Feuchtigkeit auf Moorboden. Der belichtete Versuch ergab nach 50 Tagen von je 100 Samen 43 Keimpflänzchen, der verdunkelte Versuch dagegen 0. Mangel an Licht schloss also, in Übereinstimmung mit HEINRICHER's Resultat, die Keimung aus. Dieselbe Kultur, die 50 Tage im Dunkeln gehalten worden war, wurde danach dem vollen Licht ausgesetzt, und es keimten nunmehr in 20 Tagen noch 32 Samen aus: die Keimkraft war durch 50tägigen Lichtabschluss nicht aufgehoben worden.

Interesse erregen muss, dass HEINRICHER keine Übereinstimmung der Keimungsbedingungen innerhalb der Familien fand. Als ein erwähnenswertes Beispiel dafür, wie auffallend nächstverwandte Pflanzen in ihren Keimungsbedürfnissen von einander abweichen können, glaube ich das Verhalten von *Aira caespitosa* L. und *Aira flexuosa* L. gegen Wärme hinzufügen zu können. Während *Aira caespitosa* das Maximum der Keimzahl im Wärmekasten bei einer intermittierenden Temperatur von 20—30° mit und ohne Belichtung erreicht, leidet die Keimung der *Aira flexuosa* unter der gleichen Behandlung bedeutend. Letztere keimt am besten bei mittlerer Zimmertemperatur von 17—19°, bei dauernder Erhöhung der Temperatur über 20° gehen Keimzahl und Keimungsenergie stark zurück. Beide Arten verhalten sich in ihrem Wärmebedürfnis sozusagen umgekehrt, dasselbe Wärmemass, das die Keimung der einen Art fördert, schädigt die der anderen Art. Die Deutung, dass die wärmegewohntere Pflanze stärker insolierter Standorte auch die wärmebedürftigeren Samen erzeuge, trifft für diesen Fall nicht zu, da *Aira flexuosa* besonnte Standorte wohl eher mehr aufsucht als *Aira caespitosa*.

Der bisherige Stand unserer Kenntnis von dem Einfluss des Lichtes auf die Keimkraft dürfte dahin zusammenzufassen sein, dass die meisten Samen bislang als indifferent gegen Belichtung anzusehen sind. Für eine geringe Anzahl ist eine Beschleunigung des Keimungsverlaufs und eine Vermehrung der Keimzahl durch Licht nachgewiesen. Einige wenige keimen sogar nur im Licht, so *Viscum album*, *Viscum peregrina*, *Pitcairnia maydifolia*, *Drosera capensis*. Von einer einzigen Form, der von HEINRICHER beobachteten *Acanthostachys strobilacea*, ist bekannt, dass Licht ungünstig auf ihre Keimung wirkt. Die eingangs versuchte Würdigung der älteren Äusserungen über den Gegenstand machte darauf aufmerksam, dass die Nachprüfung nicht immer gut stimmende Resultate liefert. Zum Teil dürfte das darauf zurückzuführen sein, dass die der Behandlung der Belichtungsfrage voran zu stellende Aufsuchung des Optimums der andern Keimungsbedingungen zu vermissen ist, zum Teil aber auch auf die grossen und nicht zu beseitigenden Schwierigkeiten, welchen die absolut exakte Durchführung von Keimversuchen in der Praxis immer begegnen wird. Es wird daher damit zu rechnen sein, dass

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die bislang erzielten Resultate und damit unsere Anschauungen über die Lichteinwirkung auf die Keimung noch mancherlei erhebliche Wandlungen erfahren werden.

Unter diesen Umständen muss jede weitere Einzelbeobachtung über die Beteiligung des Lichtes am Keimungsvorgang der Phanerogamen an Bedeutung und Interesse gewinnen. Zu einer solchen geben Gelegenheit die Samen der *Phacelia tanacetifolia* Benth., welche deutlich negativ gegen Belichtung reagieren.

Die Keimversuche mit *Phacelia* wurden begonnen im März 1903[1]) mit einer südrussischen sogenannten „Originalsaat" des Handels und zwei in Schlesien erzielten Absaaten. Zunächst handelte es sich darum, das Optimum des Keimungssubstrats, der Temperatur und der Feuchtigkeit aufzufinden, um danach auf Grund einer hinsichtlich aller andern Keimungsbedingungen besten Keimungsmethode den Einfluss des Lichtes prüfen zu können. Zu diesem Zwecke wurde eine grosse Anzahl von Vorversuchen mit je zweimal 100 Samen unter den verschiedensten Bedingungen ausgeführt. Als bestes Keimbett erwies sich geglühter Sand. Das in der Praxis der Samenkontrolle viel benutzte Fliesspapier, das bei Leguminosen z. B. sehr gute Dienste leistet, ist für *Phacelia* ungeeignet. Es hängt das offenbar damit zusammen, dass die *Phacelia*-Samen bei der Keimung nur eine mässige und nicht dauernd haftende Feuchtigkeit brauchen und ertragen. Die Wasserzufuhr muss etwa in der Weise geschehen, wie das die Früchte der meisten einheimischen Gräser beanspruchen. Die auf eine feuchte Sandschicht gebrachten Samen müssen täglich benetzt werden und wieder abtrocknen. Stagnierende Feuchtigkeit setzt die Keimzahl bedeutend herab. Die Feststellung des Temperaturoptimums ging aus vom Versuch im Thermostaten, der die Einhaltung von konstanten und intermittierenden Temperaturen von 20° C. aufwärts erlaubte. Nebenher wurden Versuche bei niedrigeren, innerhalb gewisser Grenzen schwankenden Temperaturen in geheizten und ungeheizten Räumen ausgeführt, die sich bald allen Versuchen im Thermostaten unbedingt überlegen erwiesen. Die besten Resultate ergab eine mit geringen Abweichungen nach oben und unten schwankende Temperatur von durchschnittlich 15—16° C. Ein vorübergehendes Sinken und Steigen der Temperatur bis zu 10 und 20° schädigte das Keimprozent nicht merklich. Im ganzen zeigte sich auch hier wieder, was für weitaus die meisten Samen zutrifft, dass allzu peinliche Gleichmässigkeit der Bedingungen dem Keimungsprozess viel weniger nützlich ist, als die zweckmässige Variation derselben. Als erforderliche Keimzeit ergab sich zehn

1) W. Remer, Bericht über die Tätigkeit der agrikultur-botanischen Versuchsstation zu Breslau vom 1. April 1902 bis 31. März 1903. Breslau 1903.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tage; die Keimungsenergie war nach drei Tagen gut erkennbar, nach fünf Tagen war bei guten Bedingungen die Hauptkeimung vorüber, nach zehn Tagen fanden nur bei vorangegangenem Keimverzug noch unwesentliche Nachkeimungen statt.

Auf der so gewonnenen Basis wurde die Prüfung des Einflusses der Belichtung vorgenommen. Es ergab sich mit vollständiger Regelmässigkeit, dass bei allen parallelen Versuchen immer derjenige das höhere Resultat lieferte, bei dem unter sonst gleichen Bedingungen Verdunkelung stattfand.

Nachstehende Tabelle I bringt dieses Ergebnis an einigen Beispielen zur Anschauung.

Für die Belichtung standen bei den Versuchen der Tabelle I sehr helle nach Süden gerichtete Fenster zur Verfügung. Die Einrichtung war so, dass die Samen vom hellsten Licht getroffen werden konnten und nur direkte Sonnenstrahlen abgewehrt wurden. Die Tabelle zeigt, dass die schärfsten Differenzen da entstanden, wo die hellste Belichtung der Verdunkelung gegenübertrat. Bereits eine Aufstellung etwas seitlich vom Fenster in sonst hellem Raum bewirkte ein deutliches Ansteigen des Keimprozents. Weiter unten zu erwähnende Versuche zeigten, dass das Keimprozent rascher zunimmt, als die Intensität der Belichtung abnimmt, so dass die Höchstzahl der Keime schon bei teilweiser Verdunkelung beinahe erreicht wird. Beachtenswert ist, dass nicht nur das Endresultat, sondern auch die Keimungsenergie den retardierenden Einfluss des Lichtes scharf hervortreten lässt. — Ich bemerke, dass zu allen Versuchen nicht sogenannte Vollkörner ausgelesen wurden, sondern dass streng nach der allein die annähernde Gleichmässigkeit verbürgenden Methode der Samenkontrolle verfahren wurde, d. h. die Samen wurden unter Einbeziehung aller äusserlich vollständigen Körner ohne Auswahl aus dem gut gemischten Saatgut abgezählt. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes, durch den im Interesse der Gleichmässigkeit das Keimungsergebnis etwas erniedrigt wird, bieten die erreichten Höchstzahlen die Gewähr dafür, dass den Samen ein Optimum der Bedingungen wirklich geboten wurde. Es ist das eine Voraussetzung, die bei derartigen Versuchen erfüllt sein muss, wenn sie beweisend sein sollen.

Im Januar und Februar dieses Jahres wurden die Versuche fortgesetzt mit einer südrussischen Saat und vier Saaten einheimischer Herkunft, sämtlich Ernte 1903. Es mussten diesmal andere Räume benutzt werden. Am günstigsten erwies sich bei den Vorversuchen hinsichtlich der Temperatur ein geheizter Raum, dessen Wärme um ein Mittel von 16° C. täglich ziemlich stark von 12—19° C. schwankte. Die einheimischen Saaten dieser Ernte blieben an Keimkraft hinter der durch vorzügliche Reinheit ausgezeichneten südrussischen Saat

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle I. — März 1903.

Bezeichnung		Temperatur	Art der Belichtung	Prozentsatz der Keime nach 3 Tagen	5 Tagen	10 Tagen
Schlesische Saat:	a	Ungeheizter Raum von durchschnittlich 14—15° C.	Verdunkelt.	71	86	92
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, helles Südfenster (ohne direkte Sonne).	5	11	34
Desgleichen:	b	Geheizter Raum von durchschnittlich 16—19° C.	Verdunkelt.	67	85	88
	b_1	Desgleichen.	Belichtet, seitlich vom Fenster im Zimmer.	27	46	62
	b_2	Desgleichen.	Belichtet, helles Südfenster (ohne direkte Sonne).	6	16	31
Südrussische Saat:	a	Ungeheizter Raum von durchschnittlich 14—15° C.	Verdunkelt.	70	87	89
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, helles Südfenster (ohne direkte Sonne).	8	30	37
Desgleichen:	b	Geheizter Raum von durchschnittlich 16—19° C.	Verdunkelt.	65	77	81
	b_1	Desgleichen.	Belichtet, seitlich vom Fenster im Zimmer.	42	63	63
	b_2	Desgleichen.	Belichtet, helles Südfenster (ohne direkte Sonne).	9	29	38
Oberschles. Saat:	a	Ungeheizter Raum von durchschnittlich 14—15° C.	Verdunkelt.	50	76	85
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, helles Südfenster (ohne direkte Sonne).	8	26	42

sehr zurück. In der folgenden Tabelle II sind die Mittel solcher Versuchspaare wiedergegeben, auf welche die günstigsten Bedingungen bezüglich Wärme, Feuchtigkeit und Keimbett Anwendung fanden. Der befördernde Einfluss der Verdunkelung auf Keimungsenergie und Endergebnis ist wieder unverkennbar. Jedoch erscheinen die Gegensätze im Vergleich zu Tabelle I etwas abgeschwächt, was darauf zurückzuführen ist, dass dieser Versuchsreihe ein nach Norden gelegenes Fenster als Lichtquelle diente.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle II. — Januar und Februar 1904.

Bezeichnung		Temperatur	Art der Belichtung[1])	Prozentsatz der Keime nach		
				3 Tagen	5 Tagen	10 Tagen
Südrussische Saat:	a	Geheizter Raum 12—19° C.	Verdunkelt.	65	82	87
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, Nordfenster.	32	46	48
Niederschles. Saat:	a	Desgleichen.	Verdunkelt.	73	77	80
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, Nordfenster.	35	41	55
Mittelschles. Saat I:	a	Desgleichen.	Verdunkelt.	38	41	45
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, Nordfenster.	17	28	32
Mittelschles. Saat II:	a	Desgleichen.	Verdunkelt.	68	71	73
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, Nordfenster.	21	22	26
Posen:	a	Desgleichen.	Verdunkelt.	60	62	64
	a_1	Desgleichen.	Belichtet, Nordfenster.	11	19	22

Bereits den vorjährigen Versuchen liess sich entnehmen, dass eine geringe Abdämpfung des Lichtes ein Anwachsen der Keimzahl bewirkte, welches relativ stärker war als die Abnahme der Lichtstärke. Diesmal wurden — unter anderen — fünf parallele Versuchsreihen in folgender Art angeordnet: ein Versuchspaar wurde dicht an einem Nordfenster aufgestellt, ein zweites $^1/_2$ *m*, ein drittes 2 *m* von demselben Fenster entfernt frei im Zimmer, ein viertes ebenda, aber mit weissem Fliesspapier bedeckt, bei einem fünften wurde das Licht ausgeschlossen; alle sonstigen Bedingungen waren gleich. Unter der Fliesspapierbedeckung war die Lichtstärke noch gross genug, um einen Streifen gewöhnlichen Chlorsilber-Celloidinpapiers nach einstündiger Exposition dunkelgrau zu färben. Tabelle III zeigt, wie Keimungsenergie und Keimprozent mit der Abnahme der Belichtung so beschleunigt zunehmen, dass unter der Fliesspapierbedeckung die Höchstzahl der vollen Verdunkelung schon beinahe erreicht wird. Erwähnt sei, dass andauernd trübes Wetter die Wirkung der hellsten Belichtung etwas herabsetzte.

Die Frage, welcher Teil des Spektrums auf die Auslösung des Keimungsvorganges wirkt oder vorzugsweise daran beteiligt ist, wurde schon mehrfach zu lösen versucht. CIESLAR und zuletzt HEINRICHER fanden, dass Licht der minder brechbaren Hälfte des Spektrums auf (lichtliebende) Samen günstiger wirkt, als Strahlen der stärker brechbaren Hälfte, indem sie beobachteten, dass Gelb die Keimung mehr

1) Während der Keimzeit war überwiegend trübes Wetter.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle III. — Februar 1904.

Bezeichnung		Temperatur	Art der Belichtung[1])	Prozentsatz der Keime nach		
				3 Tagen	5 Tagen	10 Tagen
Südrussische Saat:	1	Geheizter Raum 12—19° C.	Voll belichtet, Nordfenster.	34	51	55
	2	Desgleichen.	Belichtet, $^1/_2$ *m* von demselben Fenster entfernt.	37	60	70
	3	Desgleichen.	Belichtet, 2 *m* vom Fenster frei im Zimmer.	58	69	77
	4	Desgleichen.	Halb verdunkelt, 2 *m* vom Fenster mit weissem Fliesspapier bedeckt.	72	83	85
	5	Desgleichen.	Verdunkelt.	76	84	88

förderte als Blau. Mit unserer sonstigen Kenntnis von der Bedeutung des Lichtes für das Leben der Phanerogamen scheint das nicht ohne weiteres übereinzustimmen. Im allgemeinen wird als feststehend betrachtet, dass für alle Wachstums-, Gestaltungs- und Bewegungsvorgänge die stärker brechbaren Strahlen wirksamer sind, dass dagegen die Kohlensäureassimilation hauptsächlich unter der Wirkung der minder brechbaren Strahlen vor sich geht. Der Eintritt der Keimung wird ohne Neuaufnahme durch Umsetzung der Reservestoffe vollzogen und ist nicht den Assimilationsvorgängen, sondern den Wachstumsvorgängen zuzuzählen. Das Verhalten einer grösseren Anzahl von Samenarten, deren Keimung durch gelbes Licht mehr begünstigt gefunden wurde als durch blaues, würde danach mit obigem Satz in Widerspruch stehen, vorausgesetzt, dass nur der Keimungsbeginn und nicht die weitere Entwicklung des jungen Keimlings in Betracht gezogen wurde.

Es wurde der Versuch gemacht, auch das Verhalten der *Phacelia*-Samen gegen verschiedene Lichtarten kennen zu lernen durch eine Serie von Keimproben mit farbigem Licht. Als Lichtfilter wurden farbige Glasscheiben der besten erreichbaren Qualität benutzt. Es waren das natürlich durchaus keine korrekten Filter, immerhin waren sie aber so beschaffen, dass sie neben Strahlen mannigfacher Wellenlänge doch überwiegend Licht nur einer Gattung durchliessen. Als sehr störend erwies sich das während der Versuchszeit anhaltend trübe Wetter, da die Anwendung der farbigen Scheiben an sich schon eine starke Dämpfung des Lichtes mit sich brachte. Diese

1) Während der Keimzeit war fast durchweg sehr trübes Wetter.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Versuche sind also gewiss nicht einwandsfrei und bedürfen der Wiederholung, die mit verbesserten Lichtfiltern und unter vergleichender Heranziehung anderer Samenarten in Aussicht genommen ist. Trotz der anhaftenden Mängel liessen die Versuche ein bemerkenswertes Resultat wiederkehrend erkennen. Die höchsten Keimzahlen traten nicht in der einen Hälfte des Spektrums auf, etwa im Gegensatz zu den Samen mit gewöhnlicher Lichtreaktion im blauen Licht, sondern in der Mitte des Spektrums im Bereich des Grün, demnach dort, wo der chemisch wirksamere Teil des Spektrums in den thermisch wirksameren übergeht. Die Region des Grün liegt zwischen den Maxima der thermischen und der chemischen Wirkungskurve, jedoch auch abseits vom Maximum der Lichwirkungskurve. Das Weitere muss der exakteren Nachprüfung vorbehalten bleiben. —

Aus den zahlreichen einleitenden Nebenversuchen dürfen vielleicht diejenigen noch genannt werden, welche die Grenzen der zum Auskeimen erforderlichen Temperatur bei *Phacelia tanacetifolia* nachweisen sollten. Es ergab sich, dass unter 5° C. keine Keimung stattfand. Da infolge der milden Witterung des Winters es nicht gelang, die Versuche länger als zehn Tage unter 5° zu halten, konnte allerdings nur für diese Frist das Ausbleiben der Keimung festgestellt werden. Bei verdunkelten Keimproben trat beim Ansteigen der Temperatur auf 6 und 7° sehr bald, mitunter schon nach weiteren 24 Stunden eine teilweise Keimung ein; belichtete Proben folgten nur sehr langsam mit vereinzelten Keimen nach. So lange die Temperatur unter 10° gehalten wurde, geschah die Keimung zögernd und unvollständig. Bei mehr als 10° wurde die Annäherung an die Höchstzahl bald grösser, 15° genügten zur Erreichung derselben. Über das Optimum der Temperatur wurde oben gesprochen. Temperaturen über 20° erwiesen sich als hemmend, und zwar um so mehr, je höher sie waren und je länger sie einwirkten.

Um ein Urteil darüber zu gewinnen, wie *Phacelia*-Samen sich im Freiland verhalten mögen, wurden schliesslich noch Topfversuche gemacht. Die Samen wurden mit verschieden starker Bodenbedeckung, sowie ohne Bodendecke ausgesät; die Gefässe wurden gleichmässig der Sonneneinwirkung ausgesetzt, für Gleichhaltung der Feuchtigkeit wurde in geeigneter Weise gesorgt. Die Versuche ohne Bodendecke ergaben im Mittel nach zehn Tagen 15 pCt., nach weiteren zehn Tagen fand keine Nachkeimung statt. Die nachträgliche Bedeckung mit Boden ergab nur noch 17 pCt. Keime, der Rest der Samen hatte die Keimkraft eingebüsst. Dagegen liefen die von Anfang mit Boden gedeckten Aussaaten durchweg vorzüglich auf und erreichten bei der besten Saat eine Keimzahl von 97 pCt. innerhalb zehn Tagen. Die Bodendecke war bei diesen Versuchen verschieden stark; als günstig erwies sich eine Schicht von $^1/_2$—1 *cm* zerkleinerten Bodens.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wurde der Boden zu Pulver zerrieben oder feinst gesiebter Sand verwendet, so genügte eine Schutzdecke von wenigen Millimetern, um eine dichte Beschattung und den vollständigen Aufgang der Samen zu erreichen. Für die landwirtschaftliche Praxis, in der *Phacelia* eine Rolle zu spielen beginnt, ergibt sich daraus, dass es zweckmässig ist, die Samen bei der Aussaat leicht mit Boden zu bedecken.

Die Tatsache, dass die Samen der *Phacelia tanacetifolia* durch Licht in der Keimung gehemmt werden, ist von Interesse, weil dieselbe Erscheinung bisher nur noch von einer zweiten Blütenpflanze bekannt geworden ist, der von HEINRICHER beobachteten *Acanthostachys strobilacea*. Es muss sich die Frage aufdrängen, welche biologischen Gründe für diese Ausnahmestellung vorliegen.

Die Samen sind etwa von der Grösse der Luzernesamen, sie sind weder besonders gross noch klein zu nennen, weder besonders reich noch arm an Reservestoffen, so dass aus der Grösse nichts folgt. Die kräftige Samenschale ist netzig-grubig, von stumpfer, brauner, ziemlich dunkler Färbung und nimmt bei Wasseraufnahme eine noch tiefere Farbe an. Sie ist zweifellos in hohem Grade befähigt, Licht zu absorbieren, und es könnte daraus geschlossen werden, dass in einem erhöhten Lichtabsorptionsvermögen der Grund für die Lichtempfindlichkeit liegt. Wir kennen jedoch zahlreiche Samen und Früchte, deren äusserer Bau auf eine nicht schwächere Lichtabsorption schliessen lässt und an denen keinerlei Lichtempfindlichkeit beobachtet worden ist, sowie zahlreiche andere, welche eine helle, bisweilen rein weisse und spiegelnd glatte Oberfläche besitzen und die ebenfalls keine Reaktion gegen Licht aufweisen. Obwohl ich glaube, dass der Lichtabsorption im allgemeinen eine Beteiligung am Keimungsprozess nicht abzusprechen ist, und dass da manche Beziehungen bestehen mögen, die der Aufklärung harren, so meine ich doch nach Massgabe des zur Zeit Bekannten, in dem Bau der Samenschale keinen zureichenden Erklärungsgrund für den vorliegenden Fall erblicken zu können. Denn es würde alsdann der Einwand zu erheben sein, wie es hier zur Ausbildung einer stark Licht absorbierenden Samenschale kommen konnte, wenn kein Gebrauch von solcher Einrichtung gemacht wird, wenn sie im Gegenteil schädlich wirkt.

Es bliebe zu erwägen, ob die ökologischen Beziehungen eine Deutung an die Hand geben. Wenn aus den heimischen Standortsbedingungen der Pflanze hervorginge, dass die abgeworfenen Samen regelmässig durch beschleunigte Bodenbedeckung der Sonnenbestrahlung entzogen werden, so würde das ihre Entwöhnung vom Licht vielleicht verständlich erscheinen lassen. Nun bietet wohl die Heimat der Pflanze ähnliche örtliche Verhältnisse dar. Aeolische Faktoren nehmen daselbst an der geologischen Gestaltung der Oberfläche so erheblichen Anteil, dass an staubförmig zerkleinertem Material für

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Luftbewegung in den langen Trockenperioden, wie für die Aufschwemmung in den Regenzeiten kein Mangel sein kann. Trotzdem dürfte es gewagt sein, daraus die Deutung herzuleiten: denn die gleichen Bedingungen liegen an vielen andern Orten vor, ohne dieselben biologischen Wirkungen zu zeitigen.

Schliesslich könnte daran gedacht werden, dass die Pflanze in ihrer Heimat etwa in ausgesprochener Weise beschattete Standorte bevorzugt und deswegen ihre Samen mit geringem Lichtbedürfnis ausstattet. Zunächst wissen wir aber nichts Tatsächliches darüber, dass Schattenbewohner ihren Samen derartige Eigenschaften überliefern. Ferner kommt in dem Habitus der *Phacelia tanacetifolia* eine Vorliebe für Beschattung nicht zum Ausdruck, ebenso wenig wie die mir zugängliche Florenliteratur dergleichen aussagt. Auch würde das Verhalten der *Phacelia* als Feldfrucht bei uns, und noch mehr in Südrussland, dem widersprechen.

Eine befriedigende Deutung für das Verhalten der *Phacelia*-Samen gegen Licht scheint mir daher zu fehlen. Das geringe Wärmebedürfnis derselben, das in Rücksicht der Breitenlage des Verbreitungsbezirks auffallen könnte, findet in den Extremen des heimischen Klimas leichter eine ungezwungene Erklärung.

---

49. William Küster: Über die chemischen Beziehungen zwischen Blatt- und Blutfarbstoff.

Eingegangen am 17. Juni 1904.

Im Generalversammlungsheft des 20. Bandes dieser Berichte hat F. CZAPEK[1]) ein Sammelreferat über Chlorophyllfunktion und Kohlensäure-Assimilation veröffentlicht, in welchem auch die interessanten chemischen Beziehungen erwähnt werden, die zwischen dem Blatt- und dem Blutfarbstoff bestehen. Im Jahre 1901 wurde aus dem eisenhaltigen Bestandteil des letzteren, dem Hämatin, von NENCKI und ZALESKI[2]) durch Reduktion das Hämopyrrol gewonnen; derselbe Körper konnte bald darauf von NENCKI und MARCHLEWSKI[3]) aus dem Phyllocyanin, einem Derivat des Chlorophylls hergestellt werden.

1) Am 3. Januar 1903 erschienen.
2) Ber. der Deutschen Chem. Ges. **34**, 997 (1901).
3) Ebenda **34**, 1687 (1901).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 22

Autor(en)/Author(s): Remer Wilhelm

Artikel/Article: Der Einfluss des Lichtes auf die Keimung bei Phacelia tanacetifolia Benth. 328-339