

mutationen unabhängig voneinander entstehen, und empfiehlt auf Grund gleicher Mutationshäufigkeit fertiler und mehr oder weniger steriler Ähren den Nachbau von fertilen Ähren. Auch wir konnten in unseren Versuchen keine Abhängigkeit der Mutationsrate von der Fertilität der β_1 -Ähren finden.

Zusammenfassung

1. In Samenquell-, Wasserkultur- und Sandkulturversuchen wurde die mutagene Wirkung (Mutationen des Chlorophyllapparates) des radioaktiven Phosphorisotopes P^{32} nach Gaben in verschiedenen Stadien der Ontogenese geprüft.

2. Die erhaltenen Mutationsraten waren vom Entwicklungsstadium der Pflanzen zum Zeitpunkt des als Nährlösung gegebenen P^{32} -Zusatzes abhängig (Abb. 2).

3. Bei Anwendung optimaler P^{32} -Gaben wurden durch P^{32} -Zusatz nach der Meiosis und durch Einquellen lufttrockener Samen in P^{32} -Lösung die höchsten Mutationsraten erzielt.

4. Die Ursache der Abhängigkeit der Mutabilität vom Entwicklungsstadium der Pflanze wird nicht als unterschiedliche Sensibilität gedeutet. Sie ist vielmehr in der verschiedenen Wirkungsweise von P^{32} in den einzelnen Phasen zu suchen. Während P^{32} in der vegetativen Phase vorwiegend im „vegetativen“ Gewebe eingelagert wird, erfolgt in der generativen Phase ein stärkerer Einbau in das „generative“, für die „Keimbahn“ bestimmte Gewebe.

5. Das Mutationsspektrum, d. h. die relative Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Mutationstypen, war in allen untersuchten Phasen gleich.

6. Die Chimärenatur der β_1 -Pflanzen war erwartungsgemäß nach der P^{32} -Behandlung vor der Meiosis geringer als bei der postmeiotischen Gabe, aber nach Samenbehandlung, wo — abgesehen von

wenigen Ausnahmen — stets nur eine Ähre mutiert war, am stärksten ausgeprägt.

7. Obgleich durch eine P^{32} -Behandlung nach der Meiosis bzw. zur Anthesis eine etwas höhere Mutationsrate erzielbar ist, wird für die praktische Züchtung die technisch einfachere und vom Standpunkt des Strahlenschutzes weniger gefährliche Behandlung lufttrockener Samen empfohlen.

Literatur

1. FREISLEBEN, R. und A. LEIN: Vorarbeiten zur züchterischen Auswertung röntgeninduzierter Mutationen. II. Mutationen des Chlorophyllapparates als Testmutationen für die mutationsauslösende Wirkung der Bestrahlung bei Gerste. *Z. f. Pflanzenzüchtg.* **25**, 255—283 (1943).
2. GAUL, H.: Die verschiedenen Bezugssysteme der Mutationshäufigkeit bei Pflanzen angewendet auf Dosis-Effektkurven. *Z. f. Pflanzenzüchtg.* **38**, 63—76 (1957).
3. GAUL, H.: Über die gegenseitige Unabhängigkeit der Chromosomen- und Punktmutationen. *Z. f. Pflanzenzüchtg.* **40**, 151—188 (1958).
4. GAUL, H.: Über die Chimärenbildung in Gerstenpflanzen nach Röntgenbestrahlung von Samen. *Flora* **147**, 207—241 (1959).
5. GUSTAFSSON, Å.: Mutations in agricultural plants. *Hereditas* **33**, 1—100 (1947).
6. HENTRICH, W.: Versuche zur Anwendung von P^{32} in der Mutationszüchtung bei Sommergerste (Teil I und II). *Z. f. Pflanzenzüchtg.* **43**, 1—28 (1960a); **43**, 113—146 (1960b).
7. HENTRICH, W.: Die Wirkung von P^{32} auf Gerstensamen unter verschiedenen Keimbedingungen bei Gerste. *Z. f. Pflanzenzüchtg.* (in Vorbereitung) (1961).
8. HOFFMANN, W.: Neuere Möglichkeiten der Mutationszüchtung. *Z. f. Pflanzenzüchtg.* **41**, 371—394 (1959).
9. HOLM, G.: Chlorophyll mutations in barley. *Acta Agricult. Scand.* Vol. IV, 457—461 (1954).
10. MACHOLD, O., und H. MARSCHNER: Ein Beitrag zur Frage der Wirkung von radioaktiven Strahlen auf Pflanzenwachstum und Ertrag. *Atompraxis* **4**, 129—135 (1958).
11. MUDRA, A.: Statistische Methoden in der Landwirtschaft. Berlin u. Hamburg: Parey-Verlag 1958.
12. NYBOM, N., Å. GUSTAFSSON, J. GRANHALL and L. EHRENBERG: The genetic effects of chronic gamma irradiation in barley. *Hereditas (Lund)* **42**, 74—84 (1956).
13. SINGLETON, W. R., and A. L. CASPAR: Effect of time of gamma radiation on microspore mutation rate in maize. *Genetics* **39**, 993 (1954).

Über den Aminosäure- und Aneurin-Gehalt vor und während der Keimung bei unterschiedlichen Temperaturen*

Von R. KNAPP und H. F. LINSKENS

Mit 10 Abbildungen

Unterschiedliche Temperaturen wirken sich sehr stark auf den Beginn und den Verlauf der Keimung aus. Auch der Anteil der Samen, die keimen können, kann stärkstens durch die Temperatur beeinflusst werden (CROCKER and BARTON 1953, KNAPP 1955, WENT 1953, in diesen Veröffentlichungen weitere Literatur). Weniger ist bisher darüber bekannt geworden, wie durch verschiedene Temperaturen die stoffliche Zusammensetzung der Samen und jungen Pflanzen im Zusammenhang mit den Keimungsverhältnissen beeinflusst wird. Die bisherigen Untersuchungen über stoffliche Veränderungen im Zusammenhang mit der Keimung wurden meist nur bei einer einheitlichen Temperatur durchgeführt, soweit überhaupt in dieser Hinsicht unter kontrollierten Bedingungen gearbeitet wurde (Literaturverzeichnis). Nur relativ wenig wird über Versuchsergebnisse bei

verschiedenen Temperaturen berichtet (z. B. die ausführlichen Untersuchungen von GÄUMANN 1932, ferner z. B. KAMSON-RAPPAPORT 1958).

Daher wurde die Keimung von 5 Pflanzenarten bei 4 verschiedenen konstanten Temperaturen untersucht. Es erfolgten bei jeder Art Feststellungen über den Keimungsverlauf in einem Zeitraum von 10 Tagen. In den ersten 48 Stunden nach Befeuchtung des Saatgutes wurden in Abständen von je 12 Stunden insgesamt bei jeder Art fünfmal Proben entnommen und der Gehalt an Aneurin, Aminosäuren und einigen weiteren Verbindungen bestimmt.

Untersuchungsmethoden und Erläuterungen zu den Abbildungen und Tabellen

Die Untersuchungen erfolgten bei Temperaturen von 6, 10, 20 und 30 °C. Das Saatgut wurde in Petrischalen ausgelegt und entwickelte sich bei Dunkelheit weiter. Der Keimungsverlauf wurde

* Frau Professor Dr. E. SCHIEMANN zum 80. Geburtstag gewidmet.

bei jeder Art an je 400 Samen oder Körnern untersucht.

Die Aminosäuren wurden papierchromatographisch bestimmt (DÖRFEL 1959). Die Extraktion erfolgte mit Methylalkohol (80%) während einer Dauer von 24 Stunden. Nach eindimensionaler papierchromatographischer Trennung mit n-Butanol-Eisessig-Wasser (4:1:5) (Organische Phase) wurde mit Ninhydrin-Reagenz (0,2%) in wassergesättigtem Butanol besprüht. Nach Trocknen (25 Minuten bei 60°) erfolgte die Ausmessung der Zungenstreifen nach MATTHIAS mit Extinktionsschreiber II (Zeiss) mit Filter FE 53. Die quantitative Auswertung der Extinktionsdiagramme war an Hand von Standardproben möglich.

Von jeder Bestimmung liegen zwei Wiederholungen vor, die meistens sehr gut übereinstimmen. Bei der angewandten eindimensionalen Methode war eine vollständige Auftrennung aller Verbindungen nicht zu erreichen. Daher sind teilweise mehrere Verbindungen zu Gruppen zusammengefaßt worden. Mit den Aminosäuren wurden Asparagin und Pipicolinsäure bestimmt. Ferner traten in den Chromatogrammen drei unbekannte Fraktionen auf, die hier als „Substanz A“, „Substanz B“ und „Substanz C“ bezeichnet worden sind. Es handelt sich bei ihnen vermutlich um niedrige Peptide.

In den Tabellen 1—5 bedeuten:

- + Vorkommen sicher. Ca. 5 γ pro 10 mg Material.
- ++ Reichliches Vorkommen. Mehr als 5 γ pro 10 mg Material.
- +++ Große Mengen. Mehr als 25 γ pro 10 mg Material.
- ++++ Sehr große Mengen. Größere Mengen als mit der angewandten Extinktions-Methode erfaßt werden konnte.
- o Keine Bestimmung durchgeführt.

Bei Verbindungen, bei denen die Temperatur nach den vorliegenden Untersuchungen keinen deutlich erkennbaren Einfluß auf die Quantitäten zu haben scheint, sind nur die durchschnittlichen Mengen aus allen Bestimmungen bei den 4 Temperaturen angegeben worden.

Zur Aneurin-Bestimmung wurde das Pflanzenmaterial in gekühlter Porzellanschale mit Eisbrei zusammen verrieben und mit destilliertem Wasser im Verhältnis 1:8 versetzt. Dieser Brei blieb über Nacht im Kühlschrank stehen. Am darauf folgenden Morgen wurde er verdünnt (1:10), zentrifugiert und der Rückstand zweimal mit destilliertem Wasser gewaschen. Das Aneurin wurde in Versuchslösung als Thiochrom bestimmt, d. h. Aneurin wurde mit Kaliumferricyanid quantitativ zu dem blau fluoreszierenden Farbstoff (Thiochrom) oxydiert. Hierfür blieben 1 ccm der Versuchslösung und 20 ccm Oxydationslösung (1 Teil 1%ige $K_3[Fe(CN)_6]$ und 99 Teile 5%ige NaOH) nach kurzem ($\frac{1}{2}$ Minute) Schütteln eine Minute stehen. Dann wurden 25 ccm n-Butanol zugegeben und 2 Minuten geschüttelt. Nach Trennung der Schichten im Schütteltrichter erfolgte Trocknung der alkoholischen Phase mit 3 g Natriumsulfat. 20 ccm der Meßlösung wurden mit dem Fluoreszenzansatz ZFM 4 zum Spektralphotometer PMQ 2 gemessen. Zur Ermittlung des Aneurin-Gehaltes diente eine Eichkurve (GÜTLIN-SCHMITZ 1957, „Methods of Vitamin Assay“ 1947).

Jede Aneurin-Bestimmung wurde dreifach wiederholt. Die Ergebnisse der Wiederholungen streuten

sehr wenig. Die in den Abbildungen 6—10 dargestellten Kurven gründen sich auf Mittelwerten der drei Wiederholungen.

Die Bestimmungen wurden im Botanischen Laboratorium der R. K. Universität Nijmegen, Niederlande, durchgeführt.

Die Arbeiten erfolgten bei *Daucus carota* mit der Sorte „Erstling“, bei *Cucumis sativus* mit der Sorte „Robusta“, bei *Allium cepa* mit „Braunschweiger Dunkelblutrote“.

In den Abbildungen sind die Ergebnisse bei 30° durch dicke, ununterbrochene Kurven, bei 20° durch dünne, ununterbrochene Kurven, bei 10° durch unterbrochene und punktierte Kurven, bei 6° durch unterbrochene Kurven dargestellt worden. In den Abszissen ist die Zeit nach der Aussaat in Stunden (h) oder Tagen (Tg.), in den Ordinaten die Höhe der Keimprozente (%), Abb. 1—5) oder des Aneurin-Gehaltes (in Promille, ‰, Abb. 6—10) berücksichtigt.

Der Verlauf der Keimung

Der Beginn und der Verlauf der Keimung (Abb. 1—5) wird bei allen untersuchten Arten stärkstens durch die Temperatur beeinflusst. Meist hatte innerhalb der Beobachtungsperiode die Keimung begonnen. Nur bei *Cucumis sativus* und *Daucus carota* waren 10 Tage nach der Aussaat bei 6° noch keine Keimlinge erschienen.

Bei *Cucumis sativus* (Abb. 1) wirken sich die hohen Temperaturen am günstigsten auf die Keimung aus. Bei 30° waren schon nach einem, bei 20° nach zwei Tagen weitaus die meisten Keimlinge erschienen. Bei 10° beginnt die Keimung erst nach 6 Tagen. Bei dieser Temperatur werden innerhalb des Untersuchungszeitraumes nur Keimprozente von 35% erreicht (bei 20° und 30° 98%).

Bei *Daucus carota* (Abb. 2) verläuft die Keimung bei 20° und 30° sehr ähnlich. Es werden jedoch bei diesen beiden Temperaturen nur Keimprozente von etwa 50% erreicht. Die Keimung beginnt bei 20° nach 3 Tagen. Bei 10° erscheinen dagegen die ersten Keimlinge erst nach 9 Tagen. Bis zum Abschluß der Untersuchungen wurden bei dieser Temperatur nur Keimprozente von 3% erreicht.

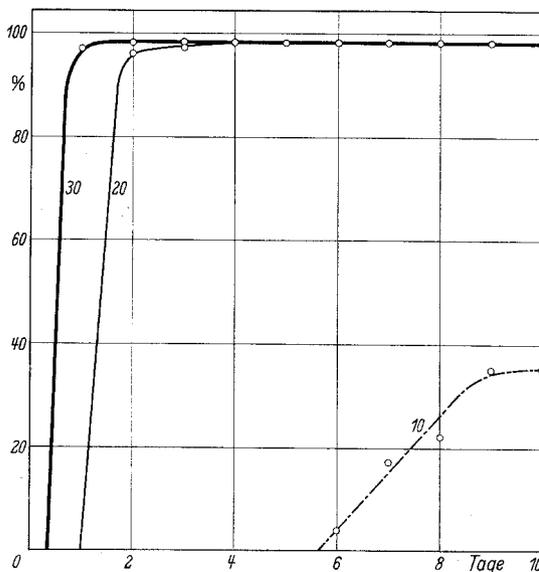


Abb. 1. Keimungsverlauf bei *Cucumis sativus*.

Bei *Triticum aestivum* (Abb. 3) erfolgte die Keimung bei 30° am schnellsten. Jedoch werden höchste Keimprozent (97%) nur bei 10° und 20° erreicht.

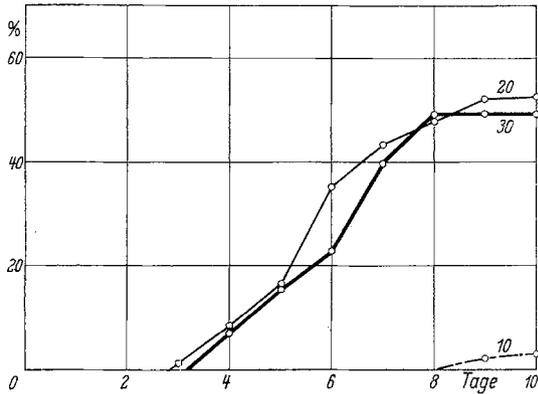


Abb. 2. Keimungsverlauf bei *Daucus carota*.

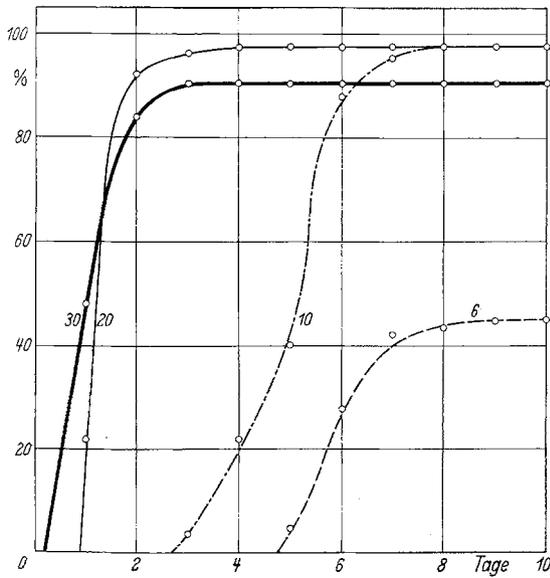


Abb. 3. Keimungsverlauf bei *Triticum aestivum*.

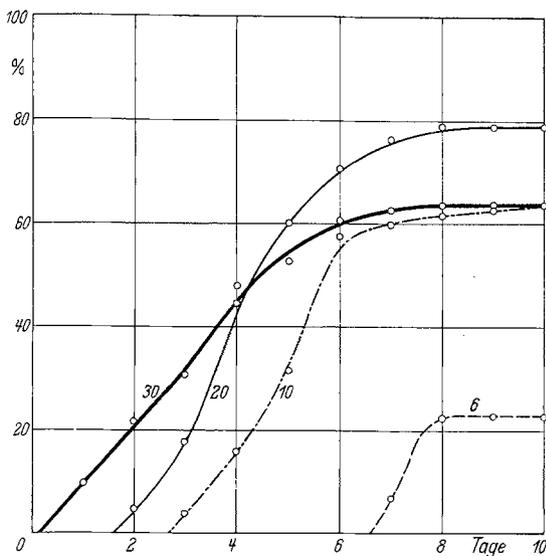


Abb. 4. Keimungsverlauf bei *Allium cepa*.

Bei 20° wird dieser Höchstwert nach 4 Tagen, bei 10° dagegen erst nach 8 Tagen erreicht. Bei 6° begann die Keimung nach 5 Tagen. 10 Tage nach der Aussaat betragen die Keimprozent bei dieser Temperatur nur 45%.

Bei *Allium cepa* (Abb. 4) beginnt die Keimung ebenfalls bei 30° am zeitigsten. Bei dieser Art sind jedoch die Keimprozent bei 20° bei weitem am höchsten (79%). Bei 30° und bei 10° sind nach 10 Tagen 63% der Samen gekeimt. Bei 10° erscheinen die ersten Keimlinge nach 3 Tagen. Bei 6° beginnt die Keimung erst nach 7 Tagen, also viel später. Nur 23% der Samen waren bei dieser Temperatur nach 10 Tagen gekeimt.

Sinapis albus (Abb. 5) kann als diejenige Art unter den 5 untersuchten Spezies bezeichnet werden, bei der die Keimung durch hohe Temperaturen am ungünstigsten beeinflusst wird. Schon nach einem Tag sind die Keimprozent bei 30° niedriger als bei 20°. Bei 30° keimen nur 58% der Samen, bei 20° dagegen 83%, bei 10° sogar 86%. Bei 6° beginnt die Keimung viel später als bei den höheren Temperaturen. Bei dieser Temperatur werden bis zum Abschluß der Untersuchungen nur Keimprozent von 15% erreicht.

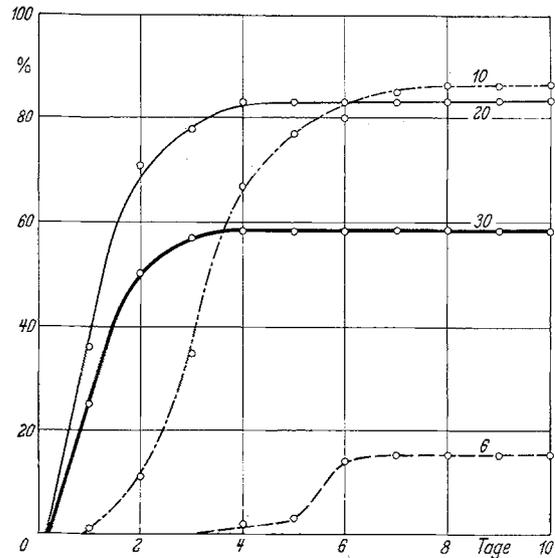


Abb. 5. Keimungsverlauf bei *Sinapis albus*.

Der Gehalt an Aminosäuren und einigen anderen Substanzen in Abhängigkeit von dem Keimungsverlauf und der Temperatur

Cucumis sativus

Bei *Cucumis sativus* ist innerhalb der Untersuchungszeit eine starke Differenzierung des Keimungsverlaufes bei den verschiedenen Temperaturen zu beobachten. Bei 20° und 30° sind 2 Tage nach Versuchsbeginn weitaus die meisten Samen bereits gekeimt. Bei den beiden tieferen Temperaturen beginnt die Keimung dagegen erst viel später oder innerhalb von 10 Tagen überhaupt nicht. Diesem Gegensatz entspricht das Verhalten bestimmter Aminosäuren (Tab. 1), insbesondere von Arginin. Arginin tritt bei 20° und 30° in relativ großen Mengen auf. Bei tiefen Temperaturen konnte es nur bei 6° in geringen Mengen nachgewiesen werden. Pipecolinsäure tritt lediglich bei 30° auf. Nur bei dieser Temperatur erscheint auch „Substanz A“ reichlicher. Daneben tritt diese vereinzelt bei 20° auf. Eine gewisse Anreicherung bei höheren Temperaturen zeigt nach 48 Stunden auch Cystein und Lysin.

Alanin scheint bei *Cucumis sativus* in einem gewissen Stadium vor dem Keimungsbeginn besonders

Tabelle 1. Aminosäuren und einige weitere Substanzen bei *Cucumis sativus*.

	Temperatur	Stunden nach Aussaat:				
		0	12	24	36	48
Arginin	6°	—	—	+	+	+
	10°	—	—	—	—	—
	20°	—	++	+	++	++
	30°	—	++	+	++	+++
Pipicolinsäure	6°	—	—	—	—	—
	10°	—	—	—	—	—
	20°	—	—	—	—	—
	30°	—	+	+	+	++
„Substanz A“	6°	—	—	—	—	—
	10°	—	—	—	—	—
	20°	—	—	+	+	—
	30°	—	+	+	++	+++
Cystein und Lysin	6°	++	+	++	++	+
	10°	++	+	++	++	++
	20°	++	++	+	++	+++
	30°	++	+++	++	+++	+++
Alanin	6°	—	+	++	+++	+++
	10°	—	+	++	+++	++
	20°	—	++	+	+	+
	30°	—	+++	++	+	+
„Substanz C“	6°	+	—	—	—	—
	10°	+	+	++	+	++
	20°	+	—	+	+	++
	30°	+	+	++	++	+++
Prolin	6°	+	+	++	+++	+++
	10°	+	+	+	+	+
	20°	+	+	+	+	+
	30°	+	—	+	++	+++
Valin	6°	+	+	+++	++	++
	10°	+	+	+	+	+
	20°	+	—	—	—	—
	30°	+	+++	++	+	+
p-Amino-Buttersäure	6°	+	—	+	++	++
	10°	+	+	+	—	—
	20°	+	++	+	+	+
	30°	+	++	+	+	++
Glutaminsäure	6°	+	+++	+++	+++	+++
	10°	+	+	++	+++	++
	20°	+	+++	+++	+	+
	30°	+	+++	++	+	++
Leucin	(Ø f. alle Temp.)	—	+	+	+	+
Threonin		—	+	+	+	+
Asparagin,		—	+	+	+	+
Glycin		+++	+++	++	++	++
„Substanz B“		—	+	+	+	+

reichlich aufzutreten und nach dessen Beginn wieder weniger vorhanden zu sein. Bei der Aussaat konnte Alanin nicht nachgewiesen werden. Bei 20° und 30° sind höchste Mengen schon 12 Stunden nach der Befeuchtung der Samen vorhanden. Bei 10° treten die größten Mengen nach 36 Stunden auf. Bei 6° dagegen ist nach 48 Stunden die nachweisbare Menge noch so groß wie nach 36 Stunden. „Substanz C“ fehlt meist bei 6°, während sie bei den anderen Temperaturen fast stets vorhanden ist.

Bei einigen Aminosäuren treten Höchstwerte bei *Cucumis sativus* unter den beiden extremen Temperaturen, 6° und 30°, auf. Bei 10° und 20° sind dagegen die Mengen geringer. Dieses Verhalten ist bei Prolin sehr deutlich. Bei Valin treten die höchsten Mengen bei 6° nach 24 Stunden, bei 30° dagegen bereits nach 12 Stunden auf. Bei beiden Temperaturen nimmt die Menge im weiteren Verlauf der Entwicklung ab. Dieses Verhalten ist bei 30° besonders deutlich. Auch bei p-Amino-Buttersäure ist

nach 48 Stunden eine Anreicherung bei 6° und 30° festzustellen.

Glutaminsäure tritt 36 und 48 Stunden nach der Aussaat reichlicher bei den tieferen Temperaturen, bei 6° und bei 10°, auf. Bei den restlichen Verbindungen sind keine Zusammenhänge mit den einwirkenden Temperaturen zu erkennen.

Bei Asparagin, Glycin und Serin sind in den meisten Fällen die Mengen unmittelbar bei der Aussaat und auch noch 12 Stunden später am höchsten. Dagegen fehlen Arginin, Pipicolinsäure, Alanin, Leucin, Threonin, „Substanz A“ und „Substanz B“ anfangs und sind erst 12 Stunden nach der Aussaat erstmals nachzuweisen.

Daucus carota

Bei *Daucus carota* (Tab. 2) erscheinen während der ersten 48 Stunden nach der Befeuchtung des Saatgutes bei keiner Temperatur Keimlinge. Diesem Verhalten entspricht es, daß bei dieser Art relativ geringe Unterschiede im Aminosäure-Gehalt im Zusammenhang mit der Temperatur festgestellt werden konnten.

Cystein und Lysin traten bei 6° in sehr viel geringerer Menge als bei den übrigen Temperaturen auf. Auch Prolin kam bei höheren Temperaturen reichlicher vor. Threonin fand sich nur bei den extremen Temperaturen (6° und 30°). Valin und Glutaminsäure sind 24 bis 48 Stunden nach der Aussaat bei 6° und 10° reichlicher vertreten als bei höheren Temperaturen.

Asparagin, Glycin und Serin traten anfangs am reichlichsten auf und waren 36 und 48 Stunden nach Aussaat nur noch in geringen Mengen vorhanden.

Tabelle 2. Aminosäuren und einige weitere Substanzen bei *Daucus carota*.

	Temperatur	Stunden nach Aussaat:				
		0	12	24	36	48
Cystein und Lysin	6°	++	+	+	+	+
	10°	++	+++	+++	+++	+++
	20°	++	+++	+++	+++	+++
	30°	++	+++	+++	+++	+++
Prolin	6°	+	+	+	+	+
	10°	+	+	+	—	—
	20°	+	+	+	++	++
	30°	+	++	+++	+	+
Threonin	6°	—	—	—	+	+
	10°	—	—	—	—	—
	20°	—	—	—	—	—
	30°	—	+	+	+	+
Valin	6°	—	—	+	+	++
	10°	—	++	+	+	+
	20°	—	—	—	—	—
	30°	—	—	+	—	—
Glutaminsäure	6°	+	+	++	++	++
	10°	+	+++	+++	+++	+++
	20°	+	++	+	+	—
	30°	+	++	+	+	+
Leucin	(Ø f. alle Temp.)	—	+	+	+	+
p-Amino-Buttersäure		+	++	++	+	+
Alanin		+	++	++	+	+
Asparagin, Glycin, Serin		++	++	++	+	+
Arginin		+	+	+	+	+
„Substanz A“	—	+	+	+	+	
„Substanz B“	—	+	+	+	+	
„Substanz C“	—	+	+	+	+	

Eine Reihe von Verbindungen waren unmittelbar nach Befeuchten des Saatgutes noch nicht festzustellen, sondern ließen sich erst 12 Stunden später nachweisen (Threonin, Valin, Leucin, „Substanz A“, „Substanz B“, „Substanz C“).

Triticum aestivum

Bei *Triticum aestivum* (Tab. 3) war bei 20° und 30° schon nach einem Tag ein großer Teil der Keimlinge erschienen. 48 Stunden nach der Aussaat näherten sich die Keimprozentwerte bereits den endgültig erreichten Werten. Bei den tieferen Temperaturen begann die Keimung dagegen erst viel später. Diesem Gegensatz zwischen dem Verhalten bei den beiden höheren und den beiden tieferen Temperaturen entspricht, daß 36 und 48 Stunden nach der Aussaat Leucin und Alanin bei 20° und 30° reichlicher vorhanden waren. Arginin war nach 36 und 48 Stunden bei 6° in geringeren Mengen vertreten als bei den höheren Temperaturen. Auch Glutaminsäure war nach 48 Stunden bei 6° in viel geringeren Mengen als bei den höheren Temperaturen nachzuweisen. Asparagin, Glycin und Serin erschienen dagegen bei 30° im Zeitraum von 24 bis 48 Stunden nach der Aussaat meist in geringeren Mengen als bei den anderen Temperaturen.

Die „Substanz C“ trat nur unmittelbar nach dem Befeuchten der trockenen Körner auf. Umgekehrt fehlen Valin, p-Amino-Buttersäure, Prolin, „Substanz A“ und „Substanz B“ zu diesem Zeitpunkt und sind erst 12 Stunden nach der Aussaat nachzuweisen.

Tabelle 3. Aminosäuren und einige weitere Substanzen bei *Triticum aestivum*.

	Temperatur	Stunden nach Aussaat:				
		0	12	24	36	48
Leucin	6°	+	+	++	+	+
	10°	+	+	++	+	++
	20°	+	+	+	++	++
	30°	+	+	+	++	+++
Alanin	6°	+	+	+	+	+
	10°	+	++	+	+	++
	20°	+	+	+	++	+++
	30°	+	+	++	++	+++
Arginin	6°	+	+	+	+	+
	10°	+	+	+	++	++
	20°	+	+	+	++	+++
	30°	+	+	+	++	?
Glutaminsäure	6°	++	+	++	+	+
	10°	++	++	+++	+++	+++
	20°	++	+	+	++	+++
	30°	++	+	+	++	+++
Asparagin, Glycin, Serin	6°	+++	++	++	++	++
	10°	+++	+++	++	+	++
	20°	+++	+	++	++	+++
	30°	+++	++	+	+	+
Valin p-Amino-Buttersäure Prolin Threonin Cystein und Lysin „Substanz A“ „Substanz B“ „Substanz C“	(ø f. alle Temp.)	—	+	+	+	+
		—	+	+	+	+
		—	+	+	+	+
		+	+	+	++	++
		—	—	+	—	+
		—	+	+	+	+
		—	—	—	—	—
		++	—	—	—	—

Allium cepa

Bei *Allium cepa* (Tab. 4) wurden die ersten Keimlinge bei 30° nach einem, bei 20° nach zwei Tagen

beobachtet. Bei 10° waren die ersten Keimlinge nach 3 Tagen, also erst nach Beendigung der Probeentnahmen für die Aminosäure-Bestimmungen, festzustellen. Die Temperaturwirkung beim Keimungsbeginn ist also zwischen den beiden hohen Wärmegraden und 10° weniger differenziert als bei den bisher genannten Arten. Dagegen erfolgte bei 6° die Keimung erst viel später.

Dem entspricht, daß die Vorkommen der Aminosäuren bei 6° eine besondere Stellung einnehmen. Namentlich im Zeitraum zwischen 24 und 48 Stunden waren bei 6° Valin, p-Amino-Buttersäure und „Substanz C“ viel reichlicher und auch meist mehr Prolin nachzuweisen als bei den höheren Temperaturen. Arginin war anfangs reichlicher bei 6°, später jedoch mehr bei den höheren Temperaturen vorhanden. Threonin tritt auffällig reichlich bei 10° auf. Cystein und Lysin waren dagegen bei 10° nach 36 und 48 Stunden weniger vorhanden als bei den anderen Temperaturen. Auffällig wenig erschien im übrigen auch Prolin bei 10°.

Asparagin, Glycin und Serin waren anfangs am reichlichsten vorhanden. Sie waren nach 48 Stunden in viel geringerer Menge nachzuweisen. Prolin, Arginin, Threonin, Pipecolinsäure, Alanin, „Substanz A“, „Substanz B“ und „Substanz C“ konnten bei der Aussaat nicht festgestellt werden und ließen sich erst nach 12 Stunden nachweisen.

Tabelle 4. Aminosäuren und einige weitere Substanzen bei *Allium cepa*.

	Temperatur	Stunden nach Aussaat:				
		0	12	24	36	48
Valin	6°	+	+++	+++	+++	+++
	10°	+	++	++	+	+
	20°	+	++	+	+	++
	30°	+	+	+	++	+
p-Amino-Buttersäure	6°	+	++	++	++	+++
	10°	+	++	+	+	+
	20°	+	+++	+	+	+
„Substanz C“	6°	—	++	++	++	++
	10°	—	—	—	—	+
	20°	—	+	—	—	+
Prolin	6°	—	+++	+++	+++	+++
	10°	—	+	+	+	+
	20°	—	++	++	++	+++
Arginin	6°	—	+++	++	+	—
	10°	—	++	+	++	+
	20°	—	+	+	++	++
Threonin	6°	—	+	+	+	+
	10°	—	+++	+++	+++	+++
	20°	—	+	+	+	+
Cystein und Lysin	6°	++	+	++	++	++++
	10°	++	++	+++	+	+
	20°	++	++	+	++	+++
	30°	++	+	+	+	+++
Leucin Pipecolinsäure Alanin Glutaminsäure Asparagin, Glycin, Serin „Substanz A“ „Substanz B“	(ø f. alle Temp.)	++	++	++	++	++
		—	+	+	—	—
		—	++	++	++	++
		+++	++	++	++	++
		+++	+++	++	++	+
		—	+	+	+	+

Sinapis albus

Bei *Sinapis albus* begann die Keimung bei 10°, 20° und 30° schon nach einem Tag. Die Keimprozentage stiegen allerdings in den ersten Tagen bei 10° viel langsamer an als bei den höheren Temperaturen. Bei 6° begann die Keimung erst später.

Bei 20° und 30° waren Arginin und Alanin reichlicher vorhanden als bei tieferen Temperaturen. p-Amino-Buttersäure und „Substanz C“ erschienen bei 30° am reichlichsten. Glutaminsäure war 12 und 24 Stunden nach der Aussaat bei den extremen Temperaturen (6° und 30°) weniger vorhanden als in mittleren Wärmebereichen. Cystein und Lysin erreichten bei 6° 36 und 48 Stunden nach der Keimung besonders hohe Mengen. Valin ist bei 10° weniger reichlich als bei allen anderen Temperaturen vorhanden.

Tabelle 5. Aminosäuren und einige weitere Substanzen bei *Sinapis albus*.

	Temperatur	Stunden nach Aussaat:				
		0	12	24	36	48
Arginin	6°	+++	++	+	+	++
	10°	+++	++	+	+	0
	20°	+++	+++	+++	+++	++
	30°	+++	+++	+	+++	+++
Alanin	6°	+	++	+	+	+
	10°	+	++	+	+	0
	20°	+	++	++	+++	+++
	30°	+	+++	+++	+	+
„Substanz C“	6°	+	+	+	+	-
	10°	+	++	+	+	0
	20°	+	+	-	+	-
	30°	+	+	+	++	+++
p-Amino-Buttersäure	6°	-	-	+	+	+
	10°	-	+	+	-	0
	20°	-	++	+	+	-
	30°	-	++	+++	+++	++
Glutaminsäure	6°	++	+	++	++	++
	10°	++	+++	+++	+++	0
	20°	++	+++	+++	++	+
	30°	++	+	++	+	+
Cystein und Lysin	6°	+++	+++	+++	++++	++++
	10°	+++	++++	+++	++	0
	20°	+++	+++	+++	+++	++
	30°	+++	++	++	+++	+++
Valin	6°	-	++	+++	++	++
	10°	-	+	+	-	0
	20°	-	+++	+++	++	+
	30°	-	++	+++	+	+
Leucin Prolin Threonin Asparagin, Glycin, Serin „Substanz A“ „Substanz B“	(∅ f. alle Temp.)	+	++	++	+	+
		-	++	++	++	++
		+	+	+	+	-
		+++	+++	++	++	++
		+	+	+	+	+
		+	+	+	+	+

Auffällig ist bei *Sinapis albus* der hohe Aminosäure-Anteil bereits bei der Aussaat. Nur Valin, p-Amino-Buttersäure und Prolin fehlten anfangs und waren erst nach 12 Stunden festzustellen. Die Menge von Asparagin, Glycin und Serin war anfangs am größten und nahm später ab. Arginin zeigte bei 6° und 10° gleiches Verhalten.

Gesamtverhalten der Aminosäuren und der weiteren Substanzen

Obwohl die Anteile der Aminosäuren und der anderen hier behandelten Substanzen bei den ein-

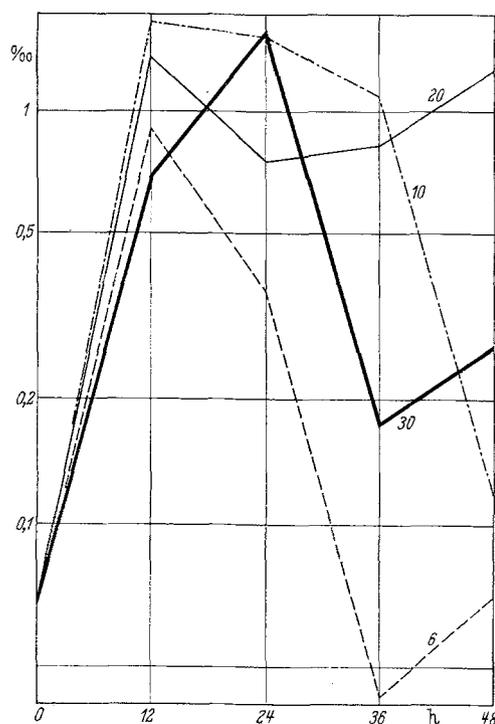
zelnen Arten sehr unterschiedlich sein können, sei doch versucht, ein zusammenfassendes Bild ihres Verhaltens darzustellen. Hierbei seien zuerst diejenigen Verbindungen genannt, die bei der Aussaat noch nicht nachzuweisen waren, sondern erst nach 12 Stunden festgestellt werden konnten. In Klammern sind jeweils die Zahlen der Arten (von den 5 untersuchten Spezies) genannt, bei denen das betreffende Verhalten ermittelt wurde. Von den 14 unterschiedenen Verbindungen oder Substanz-Gruppen waren 5, nämlich Leucin (3), Valin (3), Prolin (3), „Substanz A“ (4) und „Substanz B“ (4), bei der überwiegenden Zahl der Arten erst nach 12 Stunden nachzuweisen. Im frischen Saatgut bzw. bei der Aussaat waren bei den meisten Arten Asparagin, Glycin und Serin (4) reichlicher als später vorhanden.

Im keimenden Saatgut, also in der Regel bei hohen Temperaturen, war Arginin (4 bzw. 3) reichlicher als sonst vertreten. Nur bei *Daucus carota* war keine Förderung des Vorkommens von Arginin bei höheren Temperaturen zu beobachten. Bei dieser Art erfolgte auch als einziger innerhalb von 48 Stunden selbst bei höheren Temperaturen noch keine Keimung. Bei *Allium cepa* war Arginin nur nach 48 Stunden bei den höheren Temperaturen reichlicher nachzuweisen. Bei der Mehrzahl der Arten (3) tritt Glutaminsäure bei tiefen Temperaturen reichlicher auf. Vor Beginn der Keimung scheint also eine gewisse Anreicherung an Glutaminsäure einzutreten.

Der Aneurin-Gehalt

Bei *Cucumis sativus* (Abb. 6) steigt der Aneurin-Gehalt nach Befeuchtung des Saatgutes mit Wasser zunächst stark an. Nach 12 Stunden erreicht er meist sein Optimum. Mit Ausnahme des Temperatur-Bereiches von 20° erfolgt dann später eine starke Abnahme der Aneurin-Anteile.

Bei *Daucus carota* (Abb. 7) steigen die Aneurin-Gehalte bei 10°, 20° und 30° gegenüber den Mengen

Abb. 6. Aneurin-Gehalt bei *Cucumis sativus*.

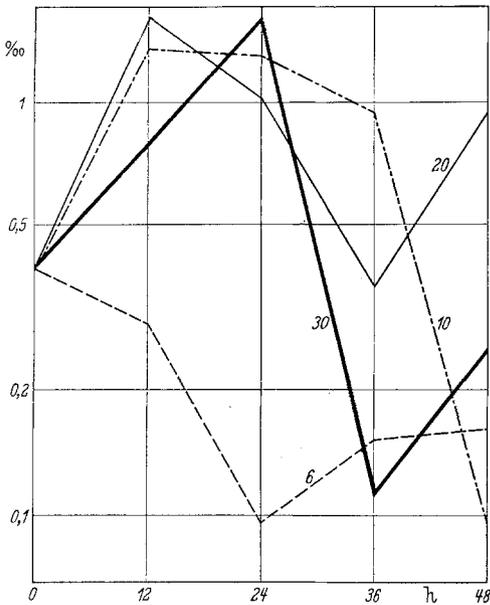


Abb. 7. Aneurin-Gehalt bei *Daucus carota*.

bei der Aussaat anfangs stark an. Erst nach 36 und 48 Stunden sind wieder geringere Gehalte festzustellen. Bei 20° und 30° folgt einem Minimum, das nach 36 Stunden festzustellen ist, wieder ein Anstieg des Gehaltes. Ganz abweichend ist der Verlauf des Aneurin-Gehaltes bei 6°. Schon nach 12 Stunden konnte ein niedrigerer Gehalt als bei der Aussaat festgestellt werden. Nach 24 Stunden ist ein Minimum erreicht, dem ein allmähliches Ansteigen der Aneurin-Anteile folgt.

Bei *Triticum aestivum* (Abb. 8) ändert sich bei den meisten Temperaturen der Aneurin-Gehalt in den ersten 12 Stunden nur wenig. Lediglich bei 20° wurde ein starkes Absinken des Gehaltes innerhalb dieses Zeitraumes beobachtet. Nach 24 und 36 Stunden ist bei den beiden hohen Temperaturen Aneurin reichlich vorhanden. Dessen Anteil sinkt

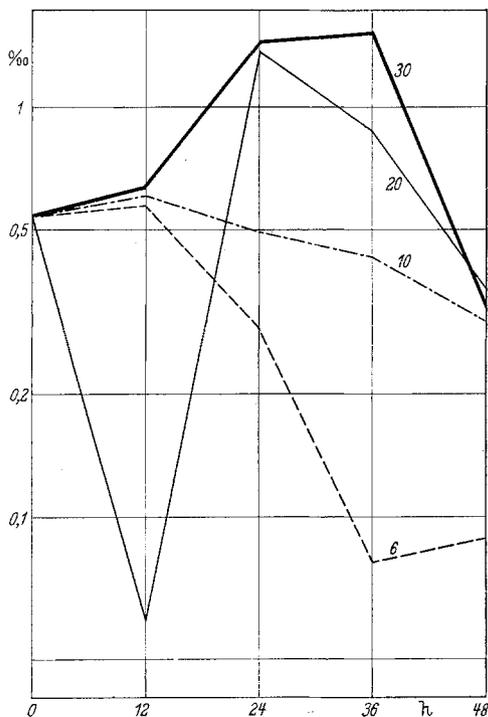


Abb. 8. Aneurin-Gehalt bei *Triticum aestivum*.

dann bis zur letzten Bestimmung (nach 48 Stunden) stark ab, wobei die bei der Aussaat gefundenen Gehalte unterschritten werden. Bei 10° wurde zwischen 12 und 48 Stunden nach Aussaat eine stetige Abnahme der Aneurin-Anteile festgestellt. Bei 6° setzte ein starkes Absinken bis 36 Stunden ein, dem im letzten Untersuchungsabschnitt eine geringe Zunahme folgte.

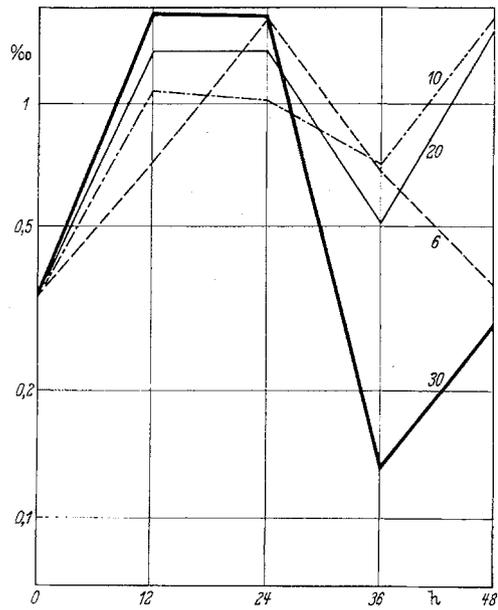


Abb. 9. Aneurin-Gehalt bei *Allium cepa*.

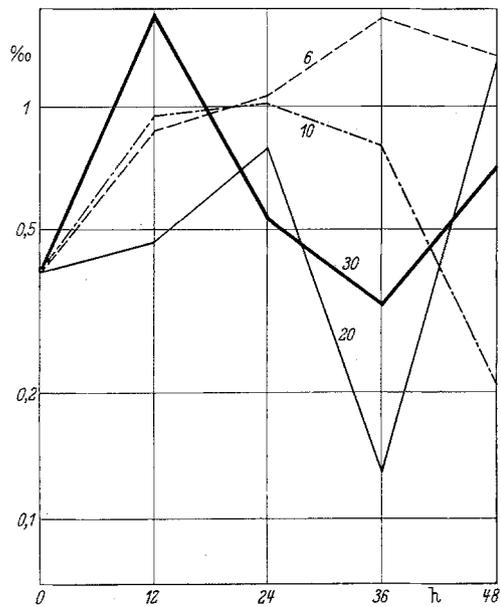


Abb. 10. Aneurin-Gehalt bei *Sinapis albus*.

Bei allen Temperaturen stieg bei *Allium cepa* (Abb. 9) der Aneurin-Gehalt gegenüber den Anteilen dieser Verbindung bei der Aussaat stark an. 12 und 24 Stunden nach der Aussaat werden Optima erreicht. Dann erfolgt bis zur Bestimmung nach 36 Stunden eine Abnahme, die bei 30° am stärksten ist. Bis zur letzten Bestimmung nach 48 Stunden nimmt bei 10°, 20° und 30° der Aneurin-Gehalt wieder zu. Bei den extremen Temperaturen (6° und 30°) bleiben dessen Anteile jedoch niedriger als bei der Aussaat. Nur bei 6° ist zwischen 36 und 48 Stunden nach der Aussaat eine Abnahme der Aneurin-Anteile zu ermitteln.

Bei *Sinapis albus* (Abb. 10) steigen die Aneurin-Anteile ebenfalls anfangs an. Sie erreichen bei 30° bereits nach 12 Stunden, bei 10° und 20° nach 24 Stunden und bei 6° nach 36 Stunden ein Optimum. Danach sinken die Gehalte wieder ab. Bei 20° und 30° ist ein Minimum nach 36 Stunden festzustellen. Bei 10° sind die niedrigsten Anteile nach 48 Stunden ermittelt worden.

Zusammenhänge zwischen dem Aneurin-Gehalt und dem Keimungsverlauf sind bisher nur schwer zu erkennen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen ist nach Befeuchtung des Saatgutes mit Wasser und dem Beginn der Quellung anfänglich ein Ansteigen des Aneurin-Gehaltes zu beobachten, dem später eine Abnahme folgt. Diese führt meistens zu niedrigeren Aneurin-Gehalten als bei der Aussaat festzustellen ist. In den späteren Stadien der Entwicklung, also nach 36 und 48 Stunden, ist bei *Cucumis sativus* und *Triticum aestivum* der Aneurin-Gehalt bei 6° weitaus am niedrigsten. Auch bei *Daucus carota* ist zu dieser Zeit der Aneurin-Gehalt bei 6° sehr niedrig. Vergleicht man die Aneurin-Anteile bei verschiedenen Temperaturen, so liegt 48 Stunden nach der Aussaat der Gehalt bei 6° bei *Daucus carota* ebenso wie bei *Allium cepa* an vorletzter Stelle. Dagegen weist *Sinapis albus* zu diesen Zeiten bei 6° einen höheren Aneurin-Gehalt als bei den anderen Temperaturen auf.

Zusammenfassung

Der Keimungsverlauf bei *Cucumis sativus*, *Daucus carota*, *Triticum aestivum*, *Allium cepa* und *Sinapis albus* wurde bei 4 verschiedenen Temperaturen (6°, 10°, 20°, 30°C) während 10 Tagen untersucht. Innerhalb der ersten 48 Stunden nach der Aussaat erfolgten zu 5 Zeiten (bei der Aussaat, 12, 24, 36 und 48 Stunden danach) Probeentnahmen zur Bestimmung von Aneurin, Aminosäuren und einigen weiteren Substanzen. Zusammenhänge zwischen dem Gehalt an Aminosäuren und Aneurin, dem Keimungsverlauf und den Temperaturen werden behandelt.

Literatur

1. ASAKAWA, S.: Physiology of embryo dormancy. Journ. Japan. Forest. Soc. **41**, 389—395 (1959). — 2. BLUMENTHAL-GOLDSCHMIDT, S.: Changes in the content of germination regulating substances in lettuce seeds during inhibition. Bull. Res. Council. Isr. Sect. D. Bot. **9** D, 93—99 (1960). — 3. CHOATE, H. A.: Chemical changes in wheat during germination. Bot. Gaz. **71**, 409—425 (1921). — 4. CROCKER, W., and L. V. BARTON: Physiology of seeds. XV, 267 S. Waltham (1953). — 5. DÖRFEL, H.: Aminosäuren. In: LINSKENS, H. F.: Papierchromatographie in der Botanik (s. unten), S. 148—179 (1959). — 6. FLEMION, F., and D. STROUT DE SILVA: Bioassay and chemical studies of extracts of peach seeds in various stages of dormancy. Contr. Boyce Thompson Inst. **20**, 365—379 (1960). — 7. GAUMANN, E.: Der Einfluß der Keimungstemperatur auf die chemische Zusammensetzung der Getreidekeimlinge. Zeitschr. f. Botanik **25**, 385—461 (1932). — 8. GILBERT, S. G., and H. M. SELL: Biochemical changes during germination of the tung seed. Plant Phys. **32**, 668—674 (1957). — 9. GOO, M., and K. NEGISI: Changes of reserve foods in seeds of Kuromatu (*Pinus Thunbergii* Parl.) during the course of germination. Bull. Tokyo Univ. Forests **43**, 83—89 (1952). — 10. GÜTLIN-SCHMITZ, P. H.: Über die Änderung des Aneurin-Gehaltes während der Keimung von Samen mit verschiedenartigen Reservestoffen. Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch. **67**, 5—25 (1957). — 11. HATANO, K.: On the amino acids of coniferous seeds at the germination stage. Bull. Tokyo Univ. Forests **45**, 145—154 (1953). — 12. HYDE, T. G.: Nitrogen metabolism in *Pisum sativum*. Proc. Roy. Soc. Edinburgh **65** B, 299—316 (1954). — 13. JOHNSTON, F. A., and H. M. SELL: Changes in chemical composition of tung kernels during germination. Plant Phys. **19**, 695—698 (1944). — 14. KAMSON-RAPPAPORT, M.: Changes in the ascorbic acid content of germinating lettuce seeds. Bull. Res. Council. Isr. Sect. D. Bot. **6** D, 127—128 (1958). — 15. KANO, T., and K. HATANO: On the amino acids in the seeds of *Pinus Thunbergii* at the germination stage. Journ. Japan. Forest. Soc. **35**, 292—298 (1953). — 16. KNAPP, R.: Über den Verlauf der Keimung von einigen Gräsern, Leguminosen und *Iberis amara* bei unterschiedlichen Temperaturen. Angew. Botanik **29**, 125—138 (1955). — 17. KNAPP, R.: Effekte wechselnder hoher und tiefer Temperaturen bei der Keimung von *Sonchus arvensis* L. Naturwissenschaften **43**, 41—42 (1956). — 18. KNAPP, R., u. H. F. LINSKENS: Über Aminosäuren aus der Blattstreu einiger Pflanzenarten von Wäldern auf verschiedenen Böden. Naturwissenschaften **41**, 480—481 (1954). — 19. LINSKENS, H. F.: Papierchromatographie in der Botanik. 2. Aufl. XVI, 408 S. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959. — 20. LINSKENS, H. F., u. R. KNAPP: Über die Ausscheidung von Aminosäuren in reinen und gemischten Beständen verschiedener Pflanzenarten. Planta **45**, 106—117 (1955). — 21. MALHOTRA, R. C.: Biochemical study of seeds during germination. Beih. z. Botan. Centralbl. **50** A, 8—19 (1953). — 22. MATSUSHITA, A.: Studies on the variation of contents of free amino acids during the course of germination of leguminous seeds. II. Experiments on the leguminous seeds harvested (ripened) in autumn. Journ. Agric.-chem. Soc. Japan **32**, 833—837 (1958). — 23. MATSUSHITA, S.: On the protein formation and the changes of the amounts of the ribonucleic acid and ribonuclease activity in the grains during the ripening process of wheat. Mem. Res. Inst. Food Science, Kyoto Univ. **19**, 1—4 (1960). — 24. MEIJER, A. E. F. H.: De wijziging in samenstelling van de fosphatidefractie bij de kieming van Glycine soya en het spruiten van *Allium cepa*. Diss. Leiden. 129 S. (1957). — 25. NADA, I. A. A., and A. RAFAAT: Carbohydrate changes during germination of *Vicia faba* seeds. Indian Journal Agric. Science **25**, 271—280 (1955). — 26. NANDI, D. L.: Studies on the free amino acid composition and urease activity of some leguminous seed during germination in different organic nitrogen media. Naturwissenschaften **45**, 246—247 (1958a). — 27. NANDI, D. L.: Studies on the effects of inorganic nitrogen and carbon sources on the free amino acid composition of some leguminous seeds during germination. Science and Culture **24**, 35—36 (1958b). — 28. PERUANSKI, J. W.: Die qualitative Zusammensetzung des Eiweißes im Maiskorn und seine Veränderung bei der Reifung und beim Wachstum (1957). Bespr.: Chem. Zentralbl. **129** (13) S-3648 (1958). — 29. POLJAKOFF-MAYBER, A., S. GOLDSCHMIDT-BLUMENTHAL and M. EVENARI: The growth substance content of germinating lettuce seeds. Phys. Plant. **10**, 14—19 (1957). — 30. RÄDER-ROITZSCH, J. E.: Quantitative Stoffänderungen bei der Keimung von *Pinus silvestris* L. Forstwiss. Centralbl. **76**, 193—256 (1957). — 31. REUHL, E.: Notes on metabolic changes in the germination of seeds. Diss. Leiden. 76 S. (1936). — 32. SCARASCIA-VENEZIAN, M. E., e G. GIOVANNOLZI-SERMANNI: Variazioni biochimiche durante la germinazione del seme di *Nicotiana tabacum* L. e *Nicotiana rustica* L. Tabacco **60**, 268—277 (1956). — 33. SCHMIDTHAUSER, T.: Natur und Verteilung der löslichen Kohlenhydrate im ruhenden und keimenden Gerstenkorn. Ber. d. Schweizer. Botan. Ges. **65**, 302—342 (1955). — 34. SPRAGG, S. P., and E. W. YEMM: Respiratory mechanisms and the changes of glutathione and ascorbic acid in germinating peas. Journ. Exp. Bot. **10**, 409—425 (1959). — 35. WENT, F. W.: The effect of temperature on plant growth. Ann. Review Plant Phys. **4**, 347—362 (1953). — 36. WINTER, D. M.: The development of the seed of *Abutilon theophrasti*. I. Ovule and embryo. II. Seed soat. Amer. Journ. Bot. **47**, 8—13, 157—161 (1960). — 37. ZELLER, A.: Untersuchungen über die Umwandlung höherer Fettsäuren in Kohlenhydrate bei der Keimung von Kürbissamen. Jahrb. f. wiss. Bot. **82**, 123 (1935). — 38. Methods of Vitamin Assay (ed. by Association of Vitamin Chemists). New York (1947).