

Abb. 3. Vorlagen zur Bonitur des Verholzunggrades der Kohlrabiknollen. (Aufnahme von Lichtpausen aus Original-Schnitten.)

von jeder Kohlrabiknolle des betreffenden Zuchstammes, wie der Pärzelle des Sorten- oder Düngungsversuches ein Schnitt hergestellt. Die Kohlrabi-Schnitte werden in dem Verarbeitungsraum auf bereitgestellten Tischen bis zu etwa 10 cm Höhe aufeinander gelegt. Hier bleiben diese Schnitte etwa 1—1½ Tage (je nach der Wärme des Raumes) liegen. Schnitte von stark verholzten und bereits hohl ge-

wordenen Kohlrabiknollen gehen bei hoher Stapelung und längerer Lagerung rasch in Fäulnis über.) Die Schnitte trocknen bei dieser Lagerung etwas ein und zeigen eine lederartige Beschaffenheit. In diesem angetrockneten Zustand ist jeder, noch so kleine, verholzte Zellenkomplex zu erkennen, was bei Schnitten im frischen Zustand nicht möglich ist. Die Kohlrabi-Schnitte werden nun auf die beleuchtete Mattscheibe des der Größe entsprechenden Ausschnittes im unteren Deckelteil gelegt und bonitiert. Eine, auf der Unterseite der Milchglasscheibe angebrachte Millimeter-Einteilung ermöglicht gleichzeitig die Feststellung des

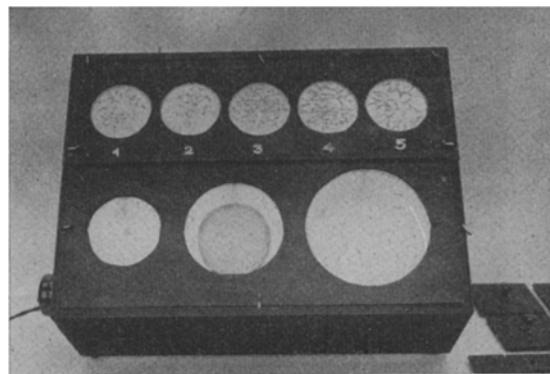


Abb. 4. Der Boniturkasten im betriebsfertigen Zustand.

Durchmessers der Schnitte in einem Arbeitsgang mit der Bonitur des Verholzunggrades.

Nach den hier besprochenen Vorbereitungen des zu untersuchenden Materials können von 2 Arbeitskräften (eine Person bonitiert, die andere schreibt) in einer Stunde etwa 600 Kohlrabi-Schnitte mit Sicherheit auf den Verholzungszustand geprüft werden.

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Kiel.)

## Zur Keimungsphysiologie der Futter-Malve (KRULL).

Von U. RUGE und E. KRULL.

Mit 2 Textabbildungen.

In den Jahren 1937/38 erschienen mehrere Abhandlungen, die sich mit der Anbauwürdigkeit, den Morgen- und speziell den Eiweißträgern und der Eignung der Futter-Malve für Grünfutter und Silage befassen. Die Urteile lauten zum überwiegenden Teil günstig. Ebenfalls verließen die offiziellen Anbauversuche der Außenstellen des Reichsnährstandes mit dieser neuen Futterpflanze als Untersaat, Zwischen- und Hauptfrucht durchweg sehr Erfolg versprechend. Trotzdem enttäuschte die Futter-Malve (F. M.) verhältnismäßig häufig in der breiteren Praxis, so daß Urteile wie „Nie wieder Futter-Malve!“ laut wurden.

Sessous gibt nun mit Recht in seiner Abhandlung: „Was ist beim Anbau der F. M. zu beachten?“ (Mittlg. f. Landwirtschaft, 1938) als Hauptgrund für das häufigere Versagen in der Praxis an, daß es sich hier um eine Futterpflanze handelt, die in ihren Entwicklungseigenschaften und Ansprüchen im wesentlichen eine Unbekannte darstellt. Außerdem wurden auch wohl die durchgängig guten technologischen Eigenschaften der F. M.

durch die Propaganda zum Zwecke der Absatzsteigerung zu sehr in den Vordergrund gestellt und darüber leider die züchterische Arbeit vernachlässigt.

Wenn man aber die objektiven Resultate der ausgedehnten technologischen Versuche, die wissenschaftlichen Gutachten und die zum Teil gleichfalls positiven Berichte aus der Praxis betrachtet, so muß man zu der Überzeugung kommen, daß sich die F. M. in der kurzen Anbauspanne in der Grünfutter- und Silageverwertung in mehreren Gegenden Deutschlands bereits eine beachtliche Anerkennung verschafft und auch durchgesetzt hat. Die Tatsachen geben nun die Veranlassung dazu, die grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiete der Entwicklungsphysiologie der F. M. aufzunehmen.

Die bisher von uns durchgeföhrten entwicklungsphysiologischen Versuche mit der F. M. beziehen sich fast ausschließlich auf die Keimungsphysiologie. Eine so ausführliche Bearbeitung der Keimung war erforderlich, da die Keimfähigkeit des normalen Saatgutes außerordentlich gering ist. So keimten im Frühjahr 1945 bei dem vorwiegend zur Untersuchung heran-

gezogenen Stamm „Behrenhoff V, Ernte 1944“ in 6 Tagen knappe 20%. Das ist aber ein Keimprozentsatz, wie er für die Praxis naturgemäß nicht tragbar ist. Weiter haben die Versuche aus der Praxis ergeben, daß das Saatgut ungleichmäßig aufläuft und daher sehr schwankende Morgenreträgen bringen muß. Von züchterischer Seite muß aber gefordert werden, ein völlig gleichmäßig keimendes Saatgut mit einer Keimschnelligkeit (am 3. Keimtag zu bestimmen!) von mindestens 70% und einer am 6. Keimtag ermittelten Keimfähigkeit von 85% in den Handel zu bringen.

Die Zusammensetzung eines Populations-Saatgutes, nach verschiedener Korngröße geordnet, ist aus Tab. 1 ersichtlich.

Tabelle 1. Korngröße eines Populations-Saatgutes der Futter-Malve.

Größter Korn-durchmesser mm	Ernte 1942 %	Ernte 1943 %
1,5	1,7	1,4
1,8	46,2	47,6
2,0	37,7	39,2
2,2	12,7	10,2
2,5	1,7	1,6

Das Saatgut zeigt also, nach seiner Korngröße zu urteilen, eine sehr einheitliche und konstante Zusammensetzung. Die höchste Keimfähigkeit besitzen die Samen der Größe 2,0 mm Ø.

Die ersten keimungsphysiologischen Versuche ergaben, daß die Keimung der F. M. durch das Licht in keiner Weise beeinflußt wird, die Samen also zu den „licht-indifferenten“ gehören.

Das Temperaturopimum der Keimung liegt zwischen 15 und 20° wie folgende Übersicht zeigt.

Tabelle 2. Abhängigkeit der Keimfähigkeit der Futter-Malve von der Keimtemperatur.

Keimtemperatur°	Keimprozente nach 9 Tagen %
+ 7°	20
+ 15°	32
+ 20°	28
+ 24°	25
+ 30°	15
+ 35°	5
+ 40°	1

Temperaturen über 20°, die für andere Samen, wie z. B. die Gurke oder den Kürbis erst optimal werden, schädigen die quellenden Samen der F. M. bereits sehr und drücken daher die Keimprozente noch weiter herab. Auf diesen Befund wird auch in der Praxis zu achten sein.

Bei niederen Temperaturen ist die Keimung naturgemäß verzögert. Trotzdem setzen die ersten Entwicklungsprozesse bereits bei +5° und evtl. noch niederen Temperaturen ein. Daß die F. M. sich bei recht tiefen Temperaturen noch zu entwickeln, zumindest diese gut zu ertragen vermag, zeigt auch ein Aussaatversuch im Freilande im Februar 1945. Die Temperaturen sanken hier des Nachts zweimal auf -5°, einmal auf -3°. An den anderen Tagen stieg die Temperatur im allgemeinen auf +7°, nur einmal auf +17°. Obgleich also die Temperaturen in diesem Versuch durchschnittlich sehr niedrig lagen, lief die Saat bereits nach 9 Tagen auf; d. h. das Auflaufen der Saat wurde durch die Kältegrade nicht sehr wesentlich verzögert. Auch die weitere Entwicklung

der Futter-Malve (KRULL).

der Keimlinge war nur unbeträchtlich gehemmt. So betrug hier die Hypokotylänge am 20. Tag nach der Aussaat im Durchschnitt 1,47 cm. In einem anderen Versuche dagegen mit einer durchschnittlichen Temperatur von +9,6° und einer Minimaltemperatur von +5° und einer Maximaltemperatur von +18° wurde eine mittlere Sproßlänge von 1,65 cm, d. h. nur 0,18 cm mehr gemessen.

Die F. M. kann also zumindest in ihren ersten Entwicklungsstadien relativ viele Kälte ertragen. Ja es scheint sogar, wie später zu veröffentlichte Versuche zeigen werden, daß niedere Temperaturen ihre Entwicklung fördern, d. h. die Keimlinge also kältebedürftig sind. Jedoch kann nach den bisherigen Erfahrungen die F. M. nicht zu den ausgesprochenen „Frostkeimern“ gestellt werden.

Die Keimkraft der F. M. wird durch die Art und Zusammensetzung des Keimsubstrates nur sehr wenig beeinflußt. So lagen die Keimzahlen in einzelnen Versuchsserien mit Sand, Humus, Torf, Torf + Kalk wie auf Tierkohle praktisch gleich hoch; nur auf Filterpapier waren die Keimprozente unwesentlich vermindert. Wenn daher in den amtlichen Vorschriften für die Samenkontrollstationen gefordert wird, die Keimfähigkeit der F. M. ausschließlich mit dem Apparat nach JAKOBSEN zu ermitteln, so ist die Notwendigkeit dieser Maßnahme nicht einzusehen.

Die Keimfähigkeit der F. M. ist außerdem weitgehend von der in dem Keimbett enthaltenen Feuchtigkeitsmenge unabhängig. Optimal für den Laborversuch in Petrischalen (9 cm Ø) ist etwa pro Schale mit 50 Körnern auf einer Lage Filterpapier 2,5—5,0 ccm Leitungswasser. Auch in Topfkulturen mit Erde wird die erste Entwicklung der F. M. durch die Bodenfeuchtigkeit kaum beeinträchtigt, soweit diese nicht niedriger als 20% und nicht höher als 100% der vollen Wasserkapazität ist.

Schließlich werden die Keimzahlen nur unmaßgeblich durch den Säuregrad der Quellungsflüssigkeit beeinflußt. Sehr hohe Azidität ( $\text{pH } 2,6$ ) hemmt die Keimung geringfügig; im alkalischen Keimbett wird die Keimung bis zu einem  $\text{pH } 11,68$  dagegen etwas gefördert. Jedoch sind die hier gefundenen Unterschiede so gering, daß sie in der Praxis zumindest für die erste Entwicklung der F. M. keine Rolle spielen können.

Nach diesen allgemein orientierenden Voruntersuchungen mußte nun der Versuch unternommen werden, durch bestimmte physiologische Eingriffe die Keimfähigkeit der F. M. zu steigern. Wie bereits gesagt, liegt die Keimfähigkeit der F. M. bei dem normalen, nicht behandelten Saatgut 6—8 Monate nach der Ernte am 6. Keimtag bei nur 20%, soll aber nach den von uns gestellten Forderungen zu diesem Zeitpunkt zumindest eine solche von 85% erreichen,

Es zeigte sich nun zunächst, daß Äthylenchlorhydrin, Äthylenglycol und Na-Laktat, die die Keimfähigkeit von altem Hafer u. a. Samen mit geringer Keimkraft, wie unveröffentlichte Untersuchungen des einen von uns (RUGE) zeigen, sehr wesentlich zu steigern vermögen, in dem Konzentrationsbereich von  $1-10^{-6}$  ccm/100 ccm Wasser die Keimseigenschaften der F. M. nicht günstig beeinflussen. Damit war der erste Beweis erbracht, daß die so auffallend geringe Keimkraft der F. M. nicht durch einen Wirkstoffmangel des Saatgutes verursacht wird.

Von seiten der Praxis und auch von anderen wurde bisher allgemein angenommen, daß die geringe Keimfähigkeit der F. M. auf einer *Hartschaligkeit der Samen* beruht. Wenn dies zutrifft, dann müßten die Keimzahlen nach Verletzen der Samenschale, z. B. durch Anritzen derselben mit einer spitzen Nadel oder durch kurzfristiges Baden in einer 10 proc. Schwefelsäure gesteigert werden. Beides ist aber, wie auch aus Tabelle 3 hervorgeht, nicht der Fall.

Tabelle 3. Beeinflussung der Keimfähigkeit der Futter-Malve durch die Frucht- und Samenschale.

	Von 500 pro Serie ausgelegten Körnern sind gekeimt nach				
	1	2	3	4	5
	Tage				
Beim					
I. normalen Saatgut . . .	8	66	85	99	104
II. Saatgut, bei dem durch Nadelrisse die Frucht- und Samenschale verletzt wurde . . . . .	9	63	82	92	98
III. Saatgut mit ausgesuchter intakter Fruchtschale . . .	0	20	39	46	47
IV. geschälten Saatgut . . .	28	73	87	103	111

Das in Tabelle 3 I und II dargestellte Ergebnis, daß die Körner mit verletzter Fruchtschale ebenso schlecht keimen wie das normale Saatgut, wird verständlich, wenn wir uns das Saatgut unter einer stärkeren Lupe betrachten: Wir stellen dann nämlich fest, daß bei den meisten Körnern durch den Dreschvorgang die Fruchtschale bereits gesprengt oder doch zumindest sehr stark verletzt wurde. Es ist daher nicht verwunderlich, daß eine weitere Beschädigung der Fruchtschale keine Keimungsförderung zur Folge haben kann.

Wie aus Tabelle 3 III aber hervorgeht, ist die Keimschnelligkeit bei den ausgesucht intakten Körnern geringer als bei solchen, bei denen die Fruchtschale mechanisch beschädigt wurde. Die Fruchtschale hemmt also die Keimung der F. M. etwas, aber doch nur in so geringfügigem Maße, wie wir dies auch bei anderem Saatgut immer wieder finden. Diese Hemmung beruht hier wie dort einerseits darauf, daß die Aufnahme der Quellungsflüssigkeit durch die kutinierte, oder aus anderen Gründen schwer permeable Fruchtschale verzögert wird. Andererseits ist für viele Früchte, so auch für die F. M. nachgewiesen, daß in der Fruchtschale mit Methylalkohol extrahierbare *keimungshemmende Stoffe* enthalten sind. Diesen können wir aber, wie wir sogleich erkennen werden, keine wesentliche Bedeutung beimesse.

Da die Fruchtschale beim Dreschvorgang bereits stark beschädigt wird, ist es verständlich, daß es hier besonders leicht möglich ist, den Samen von der Fruchtschale völlig zu trennen. Wie Tabelle 3 IV zeigt, besitzt dieses „geschälte“ Saatgut aber nicht wesentlich bessere Keimungseigenschaften als das ungeschälte. Wir können daher aus diesen Versuchen wiederum nur schließen, daß die geringe Keimfähigkeit der F. M. weder auf einer Hartschaligkeit noch auf keimungshemmenden Stoffen aus der Fruchtschale ausschließlich beruht. Die aus dem inneren Integument hervorgehende Samenschale ist wie bei anderen Malvaceen zwar aus Zellen mit stark verdickten Membranen aufgebaut; diese sind aber nicht oder kaum

kutinisiert, jedoch sehr stark verholzt und lassen daher das Quellungswasser leicht hindurch. Also auch aus dem anatomischen Aufbau der inneren Samenschale läßt sich die allgemeine Keimungshemmung bei der F. M. nicht erklären.

Alle diese Ergebnisse — und es ließen sich in diesem Zusammenhang noch weitere Versuche heranziehen — sprechen nun eindeutig gegen die Annahme der Hartschaligkeit der F. M. Die geringe Keimfähigkeit muß also eine andere physiologische Ursache haben.

Nun läßt sich zeigen, daß eine mehrtägige Lagerung gequollener Samen bei Temperaturen von +5° die Keimzahlen der F. M. um 50—100% steigert. Wesentlich günstiger wirkt sich hier aber eine mehrstündige Erhitzung der lufttrockenen Samen auf die Keimfähigkeit aus. Wie wir aus Abb. 1 entnehmen können,

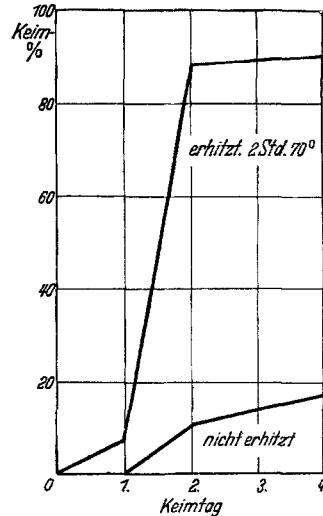


Abb. 1. Keimungsverlauf bei nichterhitztem Saatgut und 2 Std. auf 70° C erhitztem Saatgut der Futter-Malve.



Abb. 2. Vier Wochen alte Keimlinge der Futter-Malve. Links Saatgut nicht erhitzt, rechts Saatgut 2 Std. auf 70° C erhitzt.

werden durch eine zweistündige Erhitzung der Samen auf 70° C die nach zwei Tagen bestimmten Keimzahlen von 13% auf 88% gesteigert.

Dieses Ergebnis gilt nun nicht allein für den zu den vorliegenden Untersuchungen hauptsächlich herangezogenen Stamm „Behrenhoff V“. Als Mittel aus nahezu 100 verschiedenen Zuchttümmlen wurde nach der Erhitzung des lufttrockenen Saatgutes für zwei Stunden auf 70° C eine Steigerung der Keimfähigkeit von etwa 20% auf etwa 83% festgestellt. Nach dieser Vorbehandlung keimt die F. M. in allen untersuchten Stämmen sehr schnell und gleichmäßig und besitzt schließlich eine Keimfähigkeit, wie sie für die Praxis durchaus genügt, aber auch gefordert werden muß.

Ein Erhitzen der Samen für eine halbe Stunde auf  $70^{\circ}$  ist zu gering; ein längeres Erwärmen schädigt aber wiederum den Embryo. Niedere Temperaturen (etwa  $50^{\circ}$ ) haben nicht die gleich günstige Wirkung, Temperaturen über  $80$  oder gar  $90^{\circ}$  sind aber zu hoch. Für die Praxis ist daher eine zweistündige Erhitzung auf  $70^{\circ}$  oder eine solche von drei Stunden auf  $60^{\circ}$  am vorteilhaftesten. — Durch Einquellen des erhitzten Saatgutes in vitaminhaltige Lösungen läßt sich die Keimfähigkeit noch weiter bis auf 95% steigern, jedoch entspricht dann der Gewinn für den Großanbau nicht mehr dem Kostenaufwand.

Für die Praxis ist es nun nicht allein wichtig, die unter den optimalen Laboratoriumsbedingungen bestimmte Keimfähigkeit eines Saatgutes zu kennen. Eine viel größere Bedeutung hat die *Triebkraft*, die nach der HILTNERschen Ziegelgrusmethode bestimmt wurde. Wir legten dazu auf den angefeuchteten Grus mit einer mittleren Korngröße von 3 mm Ø je 200 Körner aus und überschütteten diese mit einer 3,5 cm hohen Schicht des gleichen Materials. Die Keimlinge mußten nun diese Ziegelgrusschicht durchwachsen. Die Zahl derjenigen Keimlinge, die in einem derartigen Versuch die Oberfläche erreichen, in Prozent der ausgelegten Körner, wird als „Triebkraft“ bezeichnet. Die Mittelwerte aus einem derartigen mit zwei in sich sehr gut übereinstimmenden Wiederholungen durchgeföhrten Versuch sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4. *Triebkraft-Bestimmung nach HILTNER der F. M. am 14. Kettstage*

	Nicht geschältes Saatgut		Geschältes Saatgut	
	nicht erhitzt %	erhitzt (2 Std., $70^{\circ}$ ) %	nicht erhitzt %	erhitzt (2 Std., $70^{\circ}$ ) %
Triebkraft	22,0	72,5	28,0	76,5

Wir können aus diesem Versuch entnehmen, daß bei der F. M. das Erhitzen des Saatgutes nicht nur die Keimfähigkeit, sondern in der gleichen Weise die für die Praxis viel wesentlichere keimungsphysiologische Größe, die Triebkraft, ganz bedeutend steigert. Diese Feststellung wird auch wohl durch die in Abb. 2 dargestellte Aufnahme sehr demonstrativ bekräftigt. Aus der Tabelle 4 können wir weiter entnehmen, daß, wie wir es bereits im anderen Zusammenhang erkannten, die Keimkraft des geschälten Saatgutes um einige Prozente gegenüber dem ungeschälten gesteigert ist.

Die Beantwortung der Frage: Wie und in welcher Weise wirkt die Erhitzung auf die Keimfähigkeit der F. M. ein? ist für die Praxis scheinbar belanglos, wichtig aber für den Züchter, dem ein bestimmtes Zuchtziel für seine Auslese- und Kreuzungsversuche gegeben werden muß. Die zur Klärung dieses Fragenkomplexes durchgeföhrten Versuche können hier nur kurz angedeutet werden. Sie ergaben aber eindeutig, daß die kurzfristige Erwärmung des Saatgutes auf  $60$ — $70^{\circ}$  nicht die Samenschale sprengten, ebensowenig ein Verdampfen keimungshemmender Stoffe oder ein Trocknen der Samen in dem Sinne veranlassen kann, daß dadurch die Keimfähigkeit so wesentlich gesteigert

wird. So bleibt allein die Möglichkeit, daß das Saatgut der F. M. eine sehr lange Nachreifezeit durchlaufen muß, und daß diese durch die Erhitzung abgekürzt, bzw. abgeschlossen wird.

Mit dieser Auffassung stimmen auch alle sonstigen in Frage kommenden Versuchsergebnisse überein. So sahen wir, daß durch Lagerung des quellenden Saatgutes bei niederen Temperaturen die Keimfähigkeit der F. M. in gleicher Weise gesteigert wird, wie es von nicht nachgereiftem Getreide her bekannt ist. Auch das oben erwähnte Ergebnis, daß das Äthylenchlorhydrin u. ä. Verbindungen die Keimung des nicht erhitzten Saatgutes der F. M. nicht nur nicht fördern, sondern sogar hemmen, läßt sich nach den bisherigen Erfahrungen mit diesen Substanzen kaum anders erklären als durch die Annahme, daß das Saatgut der F. M. selbst 6—8 Monate nach der Ernte noch nicht die Nachreifeprozesse abgeschlossen hat. Am überzeugendsten ist aber vielleicht doch ein Versuchsergebnis einer Reihenuntersuchung mit Saatgut verschiedener Erntejahre: Es wurde hier Saat gleicher Abstammung der Ernten 1942, 1943 und 1944 je zwei Stunden auf  $70^{\circ}$  erhitzt. (Versuchsdatum Februar 1945.) In allen Fällen trat eine Förderung der Keimprozente des behandelten Saatgutes gegenüber der Kontrolle hervor, diese betrug aber nach 6 Tagen bei dem Saatgut „Ernte 1944“ 400%, bei den alten, abgelagerten Samen von 1942 und 1943 aber nur noch 35%. Außerdem liegen die Keimzahlen bei dem nicht erhitzten Saatgut „Ernte 1943“ um 100% höher als bei dem entsprechenden der Ernte 1944.

Zusammenfassend können wir also sagen, daß das Saatgut der F. M. (KRULL) nicht, wie bisher angenommen, hartschalig ist, sondern nur eine ungewöhnlich lange Nachreifezeit beansprucht. Durch Erhitzten der Samen auf  $70^{\circ}$  C gelingt es, die Nachreifeprozesse innerhalb von zwei Stunden zum Abschluß zu bringen und dem Saatgut damit seine volle Keimfähigkeit zu geben. Nach dieser Vorbehandlung keimt das Material innerhalb von 2—3 Tagen sehr gleichmäßig mit etwa 85%. Die eingangs von seiten der Praxis für die Züchtungsforschung an die Keimungseigenschaften der F. M. gestellte Forderung kann heute also bereits als erfüllt angesprochen werden.

Somit sind diekeimungsphysiologischen Hemmungen bei dieser neuen Futterpflanze als behoben anzusprechen. Es bleibt damit von entwicklungsphysiologischer Seite vor allem noch übrig, eine Wachstums-hemmung der Keimlinge nach Ausbildung der Primärblätter in ihren Ursachen zu ergründen und danach zu beseitigen. Entsprechende Versuche sind bereits in Angriff genommen und die daraus bisher gewonnenen Ergebnisse scheinen darauf hinzu deuten, daß für die weitere Entwicklung der Sämlinge eine Kälteeinwirkung auf das gequollene Saatgut (Jarowisation) von ausschlaggebender Bedeutung ist, daneben aber evtl. auch noch die Aussaatzeit, also die photoperiodische Induktion. Über diese Versuche soll aber später in einem anderen Zusammenhang ausführlicher berichtet werden.

#### Literatur.

SESSOUS, G. und H. SCHELL, Was ist beim Anbau der Futtermalve zu beachten. Mittl. f. d. Landwirtschaft 27, 613 (1938).