

hungen chromosomaler Rassenunterschiede zur Ökologie der Pflanzen. *Forschung und Fortschritt* 15, 420—421 (1939). — 63. TISCHLER, G.: Polyploidie und Artbildung. *Naturwissenschaften* 30, 713—718 (1942). — 64. TISCHLER, G.: Über die Siedlungsfähigkeit der Polyploiden. *Ztschr. f. Naturforschung* 1, 157—159 (1946). — 65. TURRESSON, G.: Studien über *Festuca ovina* L. Chromoso-

menzahl und Viviparie. *Hereditas* 13, 177—184 (1930). — 66. WERTSTEIN, F. v.: Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer Grundlage I. *Ztschr. f. Vererbungslehre* 33, 1—236 (1924). — 67. WRICKE, G.: Ein Fall von Superdominanz bei einer experimentell hergestellten Autotetraploiden von *Arabidopsis thaliana*. *Ztschr. f. Vererbungslehre* 87, 47—64 (1955).

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Hochschule für Bodenkultur in Wien.
(Vorstand: o. Prof. Dr. L. M. KOPEZ)

Anatomische und cytologische Untersuchungen über tageslängenbedingte Wachstumsänderungen im Sproßmark der Kartoffel

Von O. STEINECK und G. CZEIKA

Mit 3 Textabbildungen

I. Einleitung

Eine verschieden lange tägliche Belichtungsdauer beeinflusst das Gesamtwachstum der Kartoffel in ganz bestimmter Weise. In zahlreichen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß durch künstliche Verkürzung der Tageslänge die Wuchshöhe der Stauden von Sämlingen (KOPETZ-STEINECK 9) und verschiedenen Sorten (STEINECK 10, 11) eine Verringerung erfährt. Bei Kartoffelpflanzen mit geringen Anforderungen an die „kritische Tageslänge“ führt die gleiche Maßnahme zu einer Steigerung des Ertrages, zu einer Änderung der Knollenform und zu einer Verkürzung der Stolonen. Die Blütenausbildung unterbleibt und die Blätter sind bei einer Anzucht unter verkürzter Tageslänge größer. Diese habituellen Abänderungen konnten von allen Versuchsanstellern, welche sich mit photoperiodischen Untersuchungen befaßten, in der angeführten Art festgestellt werden.

Die Wachstumsvorgänge von Kartoffelpflanzen werden durch ein verschiedenes Lichtklima in ganz bestimmter Weise gesteuert. Die Veränderungen im Wuchs sind somit zweifellos auf einen unter verschiedenen Tageslängen andersartigen Verlauf des Wachstums zurückzuführen. Im Rahmen der in vorliegender Arbeit mitgeteilten Untersuchungen stand die Frage des Tageslängeneinflusses auf das Sproßwachstum im Vordergrund. Zur Erfassung tageslängenbedingter Änderungen im Wachstum der Sproßachse von Kartoffelpflanzen wurden Zellteilung, Zellstreckung und endomitotische Polyploidisierung im Sproßmark bei einigen Kartoffelsorten untersucht, deren Pflanzen unter verschiedenen Tageslängen angezogen worden waren.

Um zunächst allgemein einen Einblick zu bekommen, wie in dieser Hinsicht die Verhältnisse bei der Kartoffel liegen, wurden die Wachstumsvorgänge in Sproßachsen unbehandelter Pflanzen von mehreren Sorten untersucht. Die von FENZL (1) und FENZL und TSCHERMAK-WÖSS (2) in krautigen Achsenteilen festgestellten Befunde befassen sich lediglich mit dem Vorkommen endopolyploider Zellkerne. Für die zu behandelnden Fragen sind aber hauptsächlich die Wachstumsvorgänge Zellteilung und Zellstreckung von maßgeblichem Wert. Es erfolgte daher vorher, unabhängig von dem zu bearbeitendem Problem des Tageslängeneinflusses, die Untersuchung verschiedener Sorten. Es sollte dadurch lediglich an Hand eines genetisch verschiedenartigen Materials festgestellt werden, inwieweit Sorten unter normalen Entwicklungsbedingungen bezüglich des Ablaufes der Wachstumsvorgänge

Zellteilung und Zellstreckung sich gleichartig oder unterschiedlich verhalten. Es konnte festgestellt werden (STEINECK-CZEIKA 14), daß im Ausmaß der Teilungs- und Streckungszone zwischen den einzelnen Sorten oft erhebliche Unterschiede bestehen. So war beispielsweise die Zone der Zellteilung und Zellstreckung bei den Sorten ‚Frühbote‘ und ‚Sommerkrone‘ bedeutend kürzer als bei den Vergleichssorten ‚Sieglinde‘ und ‚Maritta‘.

Nach den erzielten Ergebnissen zu schließen, hat es den Anschein, daß die Wachstumsvorgänge weniger durch die differente Reifezeit als vielmehr durch die verschiedene Blühneigung der Sorten beeinflusst werden. Zwischen Blühwilligkeit und Tageslängenwirkung bestehen jedoch Wechselbeziehungen, wie bereits mehrfach nachgewiesen werden konnte (KOPETZ-STEINECK 9, STEINECK 11, 13). Der Zusammenhang ist offenbar so, daß Sorten mit geringen Tageslängenansprüchen die „kritische Tageslänge“ im normalen Wachstumsablauf bald erreichen und überschreiten und daher die Blühhemmung bereits frühzeitig bei diesen beseitigt wird. Photoperiodisch betrachtet sind sie blühwilliger als Sorten mit hohen Tageslängenansprüchen. Diese erreichen bzw. überschreiten die „kritische Tageslänge“ erst zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt und sind daher auch wesentlich länger mit einer Blühhemmung durch das Lichtklima belastet. Ihre Blühneigung ist daher tageslängenbedingt gering.

Die erfahrungsgemäß weniger blühwilligen Sorten zeigen nun zufolge den Untersuchungsergebnissen eine kurze Teilungs- und Streckungszone, während im Vergleich dazu bei Sorten mit erhöhter Blühneigung beide Zonen länger sind. Zur Feststellung, inwieweit dieses sortenweise unterschiedliche Verhalten mit der Wirkung der Tageslänge in Zusammenhang steht, wurden Untersuchungen über den Wachstumsablauf an Kartoffelpflanzen vorgenommen, welche unter verschiedenen Tageslängen gewachsen waren. Auf diese Weise war die Möglichkeit geboten, Änderungen im Wachstum, bedingt durch die Wirkung einer verschieden langen täglichen Belichtungsdauer, einwandfrei ermitteln zu können.

II. Eigene Untersuchungen

Die Untersuchungen wurden an Sproßachsen von Kartoffelpflanzen verschiedener Sorten vorgenommen, um ein möglichst unterschiedliches Material zu bearbeiten. Ihre Kultur erfolgte unter Normaltagverhältnissen und unter künstlich verkürzten Tageslängen von bestimmtem Ausmaß, um definierte Versuchsob-

jekte zu erhalten. Es konnte so nur von jeder Sorte eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Sproßachsen untersucht werden. Der Umfang des Materials war jedoch für eine ausreichend genaue Ermittlung der Verhältnisse nach bisherigen Erfahrungen groß genug gehalten.

1. Anzucht und Vorbehandlung der Versuchspflanzen

Als Versuchssorten wurden ‚Flava‘, ‚Mittelfrühe‘, ‚Falke‘ und ‚Ultimus‘ gewählt, da in früheren Untersuchungen nachgewiesen werden konnte, daß die genannten Sorten infolge geringer Tageslängenansprüche auf eine Kurztagbehandlung deutlich ansprechen (STEINECK 11). Ihre Kultur erfolgte im Rahmen eines Verdunkelungsversuches. Von jeder Sorte wurden 16 Pflanzen im Normaltag und je 8 in einem 14- und 12-stündigen Kurztag gezogen. Der Anbau erfolgte am 28. April 1955. Der Zeitpunkt des Auspflanzens wurde absichtlich so spät gewählt, weil dadurch das Wachstum der Pflanzen zum größten Teil in die Zeit des längsten Tages verlegt wurde. Es ist auf Grund des Verhaltens der Kartoffel gegenüber der Tageslänge zu erwarten, daß Wachstumsbeeinflussungen bei Sorten mit geringen Anforderungen an die „kritische Tageslänge“ unter diesen Bedingungen deutlich in Erscheinung treten. Nach dem Aufgang der in einer Entfernung von 50 × 50 cm gebauten Pflanzen am 21. Mai wurden die dafür vorgesehenen Parzellen in der bereits mehrfach beschriebenen (KOPETZ-STEINECK 9, STEINECK 12) und für Kartoffeln bestens bewährten Art verdunkelt. Die Kurztagbehandlung wurde mit aus Aluminiumblech angefertigten Verdunkelungskästen vorgenommen und bis 5. Juli durchgeführt.

Zu diesem Zeitpunkt erfolgte die Entnahme der Sproßachsen, und zwar wurden von jeder Staude gleichmäßig ausgebildete Stengel ausgewählt. Je Sorte wurden insgesamt 24 Sproßachsen entnommen, von jeder Behandlungsstufe innerhalb einer Sorte somit 8. Alle Pflanzen waren virusfrei und konnten daher für die Untersuchungen herangezogen werden.

Nach der Entnahme wurden die Stengel entblättert und die Sproßachsen, wie bei den früheren Untersuchungen (STEINECK-CZEIKA 14), vom Vegetations-scheitel her in 3—4 cm lange Stücke geteilt. Das Fixieren der Stengelteile erfolgte nach der Vorschrift von GEITLER (3, 4) in einem Gemisch, bestehend aus 3 Teilen 96%igem Alkohol und einem Teil Eisessig. Die Teile der Sproßachsen wurden vorher gespalten, um dem Fixierungsmittel ein rasches Eindringen zu ermöglichen. Die in Eproutetten verschlossen aufbewahrten Sproßachsen wurden nach 48 Stunden in 70%igen Alkohol übergeführt, um sie länger brauchbar zu erhalten.

Die Aufarbeitung des Versuchsmaterials erfolgte in den Monaten Oktober bis Jänner. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurden von den verschiedenen Stengelteilen von Hand aus Längsschnitte angefertigt. Diese wurden mit Karminessigsäure gefärbt, welche nach den Angaben von GEITLER (3, 4) hergestellt wurde. Wie bei früheren Untersuchungen (STEINECK-CZEIKA 14) erfolgte auch hier die zahlenmäßige Erfassung der Teilungs- und Streckungszone durch Messung ihrer Länge, beginnend vom Vegetations-scheitel nach abwärts. Vom Gewebeaufbau der Sproßachsen der Sorte ‚Ultimus‘ und ‚Falke‘ wurden in bestimmten Abständen vom Vegetations-scheitel Zeichnungen angefertigt.

In dieser Weise ist es möglich, ergänzend zu den Messungen den Einfluß verschiedener Tageslängen auf das Wachstum anschaulich darzustellen.

2. Untersuchungsergebnisse

Die Ermittlung des Ausmaßes der Wachstumszone war an den von Hand hergestellten Längsschnitten gut möglich. Die Zellgröße ist naturgemäß vom Vegetations-scheitel nach abwärts in der Sproßachse äußerst unterschiedlich. Von den kleinsten Zellen in der Sproßspitze beginnend, nimmt ihre Größe in den nach abwärts liegenden Teilen der Achse mit zunehmender Entfernung immer mehr zu. Von oben nach unten zeigen sich fließend alle Übergänge. In einem bestimmten Abschnitt des Markes erreichen die Zellen eine Größe, welche dann in den nach unten folgenden Teilen der Sproßachse nahezu unverändert gleich ist.

Während also unmittelbar unter dem Vegetations-scheitel eine starke Teilungstätigkeit herrscht, nimmt diese allmählich in den folgenden Gewebeteilen mehr und mehr ab und die Zellen beginnen sich mit zunehmender Entfernung von der Sproßspitze zu strecken. Schwierig ist es nun, den Beginn der Zellstreckung rasch mit entsprechender Genauigkeit festzustellen, denn der Übergang von noch nicht gestreckten und bereits sich streckenden Zellen zeigt einen allmählichen Verlauf. Aus diesem Grunde wurde auf eine getrennte Ermittlung der Teilungszone und der Streckungszone verzichtet. Eine derart weitgehende differenzierte Erfassung der verschiedenen Wachstumsvorgänge hat sich in Zusammenhang mit der behandelten Versuchsfrage als nicht notwendig erwiesen.

Es wurde daher lediglich die Wachstumszone ermittelt und es ist darunter jener Teil der Sproßachse zu verstehen, in welchem sowohl durch Zellteilung als auch durch Zellstreckung das Wachstum erfolgt. In dieser Weise wurde somit das durch Teilung und Streckung bedingte Längenwachstum des Sprosses gemeinsam erfaßt. Als Abgrenzung der Wachstumszone wurden die ersten, zu weitestgehend endgültiger Größe entwickelten Markzellen gewählt. Sie weisen die gleiche Größe wie die Zellen der weiter nach unten folgenden Gewebeteile auf und sind im Vergleich zu den Zellen der Wachstumszone wesentlich größer. Die Beurteilung der Zellgröße ist in diesem Bereich gut möglich und die Zone mit reger Wachstumstätigkeit durch Teilung und Streckung läßt sich daher ziemlich genau abgrenzen.

Die Wachstumszone

Eine vergleichsweise Gegenüberstellung der Länge der Wachstumszone von den einzelnen Sorten und Behandlungsstufen vermittelt einen Einblick in die Art und das Ausmaß des Einflusses der Tageslänge auf das Sproßwachstum. Wohl sind die Absolutwerte bei den einzelnen Sorten verschieden, der Einfluß der Tageslänge zeigt sich jedoch bei allen mit der gleichen Tendenz. Die in nachfolgender Tabelle angeführten Zahlen stellen Mittelwerte von allen untersuchten Pflanzen einer Behandlungsstufe dar.

Schon eine kurze Betrachtung der Zahlen läßt erkennen, daß bei allen Sorten die Wachstumszone im Normaltag am längsten ist. Mehr oder weniger deutlich ausgeprägt ist sie im 14-stündigen Kurztag länger als im Zwölfstundentag. Die Verkürzung der Wachs-

Tabelle 1. Länge der Wachstumszone in Sproßachsen von Kartoffelsorten bei verschiedener Tageslänge.

Sorte	Länge der Wachstumszone in mm		
	Normaltag	Kurztag 14 Stunden	Kurztag 12 Stunden
Flava	98	80	66
Mittelfrühe	31	25	23
Falke	62	45	41
Ultimus	29	14	11

tumszone durch eine Verringerung der täglichen Belichtungsdauer auf 14 Stunden ist bei den Sorten ‚Falke‘ und ‚Ultimus‘ relativ stärker als bei den Sorten ‚Flava‘ und ‚Mittelfrühe‘. So beträgt die Wachstumszone der beiden erstgenannten Sorten im 14-Stundentag in Prozent jener des Normaltages ausgedrückt bei ‚Falke‘ 72% und bei ‚Ultimus‘ nur 50%. Die Unterschiede in dieser Hinsicht sind bei den Sorten ‚Flava‘ und ‚Mittelfrühe‘ geringer und in beiden Fällen beträgt die Wachstumszone im 14-Stundentag rund 80% der des Normaltages.

Ein Vergleich der Länge der Wachstumszone im 12stündigen Kurztag mit jener im Normaltag läßt erkennen, daß bei der Sorte ‚Flava‘ eine Verkürzung bis zu rund 65% eingetreten ist. Im gleichen Ausmaß bewegt sich die Verringerung der Wachstumszone bei der Sorte ‚Falke‘. Bei der Sorte ‚Mittelfrühe‘ beträgt sie rund 74% und bei der Sorte ‚Ultimus‘ ist der Abfall mit rund 37% am stärksten. Eine tägliche Belichtungsdauer von 12 Stunden führte also bei allen Sorten zu einer weiteren Verkürzung der Wachstumszone.

Die Verhältnisse, wie sie bei der Untersuchung vorgefunden wurden, zeigen die von den Sorten ‚Falke‘ und ‚Ultimus‘ angefertigten Zeichnungen. Sie wurden von diesen Sorten deshalb angefertigt, weil die Wachstumszone im Normaltag bei ‚Falke‘ doppelt so lang als bei ‚Ultimus‘ ist. Es läßt sich an diesem Beispiel zeigen daß der Einfluß der Tageslänge unabhängig vom absoluten Ausmaß der Wachstumszone deutlich und völlig gleichartig in Erscheinung tritt.

Bei ‚Ultimus‘ zeigen die Zellen bei der im Normaltag gezogenen Pflanze in einer Entfernung von 30 mm vom Vegetationscheitel weitestgehend ihre endgültige Größe (Abb. 1). Die gleiche Zellgröße ist bei der Sproßachse der im 14-Stundentag gezogenen Pflanze bereits in einem Abstand von 15 mm anzutreffen. In 10 mm Entfernung von der Sproßspitze sind bei der Pflanze, welche unter einem 12stündigen Kurztag gehalten wurde, die Zellen bereits mehr gestreckt als bei den Vergleichspflanzen. Ihre nahezu endgültige Größe erreichen die Zellen bereits zwischen 10 und 15 mm.

Die Wachstumszone der Sorte ‚Falke‘ dagegen ist im Normaltag bei der dargestellten Sproßachse 60 mm lang (Abb. 2). Bis zu 10 mm zeigen die Zellen bei allen Pflanzen eine völlig gleichartige Beschaffenheit. In dieser Entfernung ist bei ‚Ultimus‘ bereits eine deutliche Differenzierung feststellbar. Diese tritt bei ‚Falke‘ erst in einem Abstand von 20 mm ein. Zellen, welche nahezu ihre endgültige Größe erreicht haben, finden sich bei den dargestellten Sproßachsen sowohl im 14- als auch im 12stündigen Kurztag in einem Abstand von 40 mm. Der fließende Übergang der verschiedenen Zellgrößen kommt auf beiden Abbildungen gut zum Ausdruck, und ebenso ist daraus die Möglichkeit der Abgrenzung der Wachstumszone nach der Zellgröße ersichtlich. Auch ist in beiden Fällen die Gleichartigkeit des Tageslängeneinflusses erkennbar.

Aus den Untersuchungsergebnissen geht eindeutig hervor, daß die Verkürzung der Tageslänge bei den untersuchten Kartoffelsorten zu einer deutlichen Änderung des Sproßwachstums führt. Sie äußert sich in einer beachtlichen Verringerung der Wachstumstätigkeit und es ist offenbar so, daß die Zellteilung in ihrem Umfang im Kurztagklima herabgesetzt ist. Dieses Verhalten erklärt auch die Tatsache des geringeren Sproßlängenwachstums und die damit verbundene schwächere Staudenentwicklung bei Kartoffelpflanzen, welche unter einem künstlichen Kurztag gehalten werden.

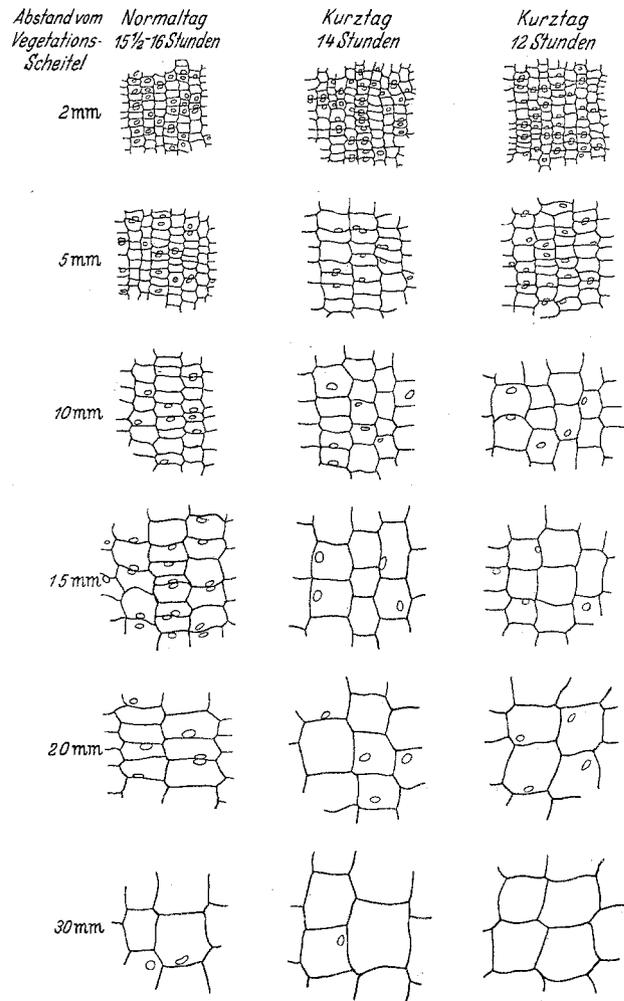


Abb. 1. Der Einfluß der Tageslänge auf das Wachstum von Sproßachsen der Sorte ‚Ultimus‘

Nach der Hypothese von KOPETZ (5, 6, 7, 8, 9) werden durch eine künstliche Verkürzung der täglichen Belichtungsdauer die Pflanzen am Überschreiten der „kritischen Tageslänge“ gehindert. Dies trifft allerdings nur dann zu, wenn der künstlich geschaffene Kurztag gleich lang oder geringer als die „kritische Tageslänge“ ist. Die Verhältnisse, wie sie offenbar in dieser Hinsicht liegen, lassen sich an Hand des Schemas in Abb. 3 in folgender Weise darstellen (Abb. 3).

In dem Schema des Tageslängenablaufes von 48° nördlicher Breite ist die „kritische Tageslänge“ mit 14 Stunden angenommen. Weiters sind die Sproßachsen a, b und c mit ihren verschieden lang ausgebildeten Wachstumszonen (WZ) eingezeichnet. Die Längen der Wachstumszonen sind in dem Verhältnis angegeben, wie sie bei der Sorte ‚Ultimus‘ vorgefunden wurden. Es handelt sich um Relativwerte, und zwar sind die

Wachstumszonen der im 12- und 14stündigen Kurztag gezogenen Pflanzen (a und b) in Prozent der im Normaltag gewachsenen Sproßachsen (c) angeführt. Die Zone des Wachstums ist bei beiden kurztagbehandelten Pflanzen merklich kürzer als bei den Vergleichspflanzen im Normaltag. Es hat somit den Anschein, daß nach dem Überschreiten der „kritischen Tageslänge“ sprunghaft eine Verlängerung der Wachstumszone erfolgt. In dieser Betrachtungsweise lassen die ermittelten Tatsachen die Vermutung zu, daß bei der Kartoffel das Sproßlängenwachstum in der Zeit vor dem

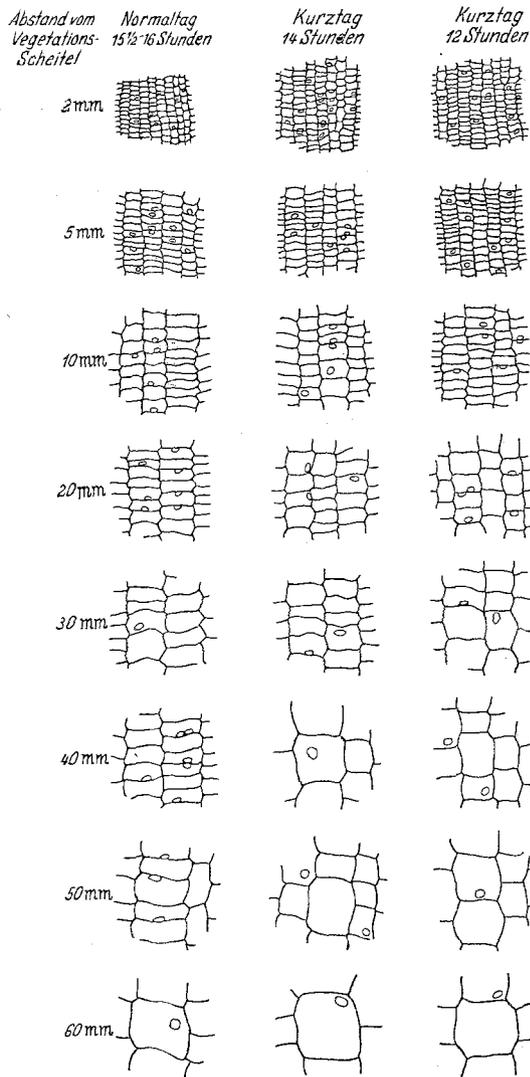


Abb. 2. Tageslängenbedingte Wachstumsänderungen im Sproßmark der Sorte „Falke“.

Überschreiten der „kritischen Tageslänge“, also im Kurztagklima, deutlich herabgesetzt ist. Die kurze Wachstumszone wäre demnach ein Ausdruck für das Wachstum im Kurztag. Im Gegensatz dazu umfaßt im Langtag, also nach dem Überschreiten der „kritischen Tageslänge“, die Wachstumszone einen größeren Teil der Sproßachse. Die längere Wachstumszone in diesem Lichtklima kommt sowohl durch eine Verlängerung der Teilungs- als auch der Streckungszone zustande. Eine ausgedehnte Wachstumszone wäre somit ein sicherer Ausdruck für das Wachstum der Sproßachse unter Langtagbedingungen.

So betrachtet, müßte es demnach möglich sein, durch eine fortlaufend vorgenommene Feststellung der Länge

der Wachstumszone den Zeitpunkt des Überschreitens der „kritischen Tageslänge“ ziemlich genau zu bestimmen. Die Ausdehnung der durch Teilung und Streckung noch wachsenden Gewebeteile der Sproßachse wird durch die Tageslänge maßgeblich beeinflusst und könnte daher in dieser Richtung einen sicheren Anhaltspunkt bieten. In Anbetracht der großen

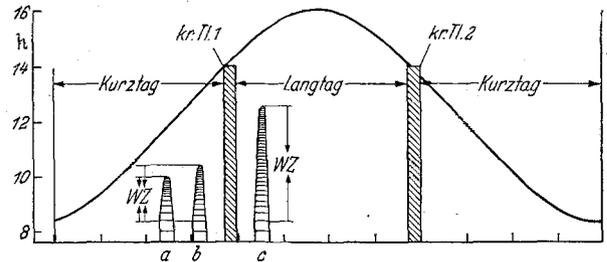


Abb. 3. Schematische Darstellung des Tageslängenverlaufes (48° nördl. Breite) und des Sproßwachstums von Kartoffelpflanzen in Abhängigkeit von der Tageslänge.

Bedeutung, welche der Kenntnis der Tageslängenansprüche der Sämlinge im Rahmen der Kartoffelzüchtung zukommt, wäre diese Möglichkeit der Bestimmung der „kritischen Tageslänge“ praktisch von großem Wert. Die vorläufig erzielten Versuchsergebnisse lassen diesen Weg zur Feststellung der Tageslängenansprüche aussichtsreich und praktisch gangbar erscheinen.

In weiteren Versuchen wird jedoch diese Frage noch eine eingehende Behandlung finden müssen, denn die absolute Länge der Wachstumszone ist bei den untersuchten Sorten unterschiedlich. Dies bedeutet, daß eine Beurteilung der Verhältnisse nach den Absolutwerten nur innerhalb einer Sorte möglich ist. Inwieweit durch Anwendung von Relativwerten sich das sortenbedingt verschiedenartige Verhalten ausschalten läßt, kann erst nach Bearbeitung eines umfangreicheren Materials beurteilt werden.

Die Zone der diploiden Teilungen

Durch eine Untersuchung verschiedener Kartoffelsorten konnte im Sproßmark das Vorkommen von durch Endomitose entstandenen tetraploiden Zellen nachgewiesen werden (STEINECK-CZEIKA 14). Sie traten in einem Abstand vom Vegetationsscheitel auf, der sortenweise verschieden groß war. Es wurde daher auch bei den weiteren Untersuchungen die Ermittlung der Länge der diploiden und tetraploiden Teilungszone versucht um festzustellen, ob auch hier dem Ausmaß nach eine Beeinflussung durch die Tageslänge nachzuweisen ist.

Die Abgrenzung der Zone der diploiden und tetraploiden Teilungen ist allerdings nicht so einfach möglich, wie dies für die Wachstumszone zutrifft. Die Schwierigkeiten ergeben sich aus der Tatsache, daß der sichere Nachweis, ob es sich um polyploide Zellen handelt, nach der Kerngröße allein nicht erbracht werden kann. Um in dieser Hinsicht sicher zu gehen, ist es vielmehr erforderlich, für die Abgrenzung in Teilung befindliche Kerne heranzuziehen, weil nur in diesem Fall die Chromosomenzahl eindeutig bestimmbar ist. Bei der Untersuchung wurde daher streng unter Beachtung dieser wesentlichen Voraussetzung vorgegangen und als Grenze für die diploide Teilungszone die erste sicher nachweisbare spontane tetraploide Kernteilung gewählt. Bei den früheren und den mitgeteil-

ten Untersuchungen konnte jedoch festgestellt werden, daß im Mark der Sproßachse von Kartoffeln spontane tetraploide Teilungen relativ häufig auftreten. Diese Tatsache ermöglicht eine Abgrenzung der diploiden und tetraploiden Teilungszone mit ausreichender Genauigkeit.

Die Frage, inwieweit es durch verschiedene Eingriffe oder Behandlungen möglich ist, die Zellteilung anzuregen, gewinnt in diesem Zusammenhang an Bedeutung. Eine Verletzung der Sproßachse, drei bis vier Tage vor der Fixierung, wie dies von FENZL (1) und FENZL-TSCHERMAK-WÖSS (2) bei anderen Pflanzen mit Erfolg angewendet wurde, führte bei den bisherigen Untersuchungen insofern zu keinem Ergebnis, als der Zeitpunkt der Fixierung nicht richtig gewählt wurde. Es ist anzunehmen, daß die Teilungen bei der Entnahme der Sproßachsen bereits abgelaufen waren. Die Frage des günstigsten Zeitpunktes für die Fixierung nach durchgeführter Verletzung der Sproßachsen wird bei weiteren Untersuchungen genauer behandelt.

Die Feststellung der Länge der diploiden Teilungszone bietet neben der Wachstumszone einen wertvollen Anhaltspunkt für die tageslängenbedingte Beeinflussung des Wachstums in krautigen Achsentteilen der Kartoffel. Ihre Ermittlung war bei den in nachfolgender Tabelle angeführten Sorten in einer größeren Anzahl von Sproßachsen möglich. Es handelt sich bei den mitgeteilten Zahlen um Mittelwerte, errechnet aus den Messungen von allen Pflanzen einer Behandlungsstufe.

Tabelle 2. Länge der diploiden Teilungszone bei unter verschiedenen Tageslängen gezogenen Kartoffelsorten.

Sorte	Länge der diploiden Teilungszone in mm		
	Normaltag	Kurztag 14 Stunden	Kurztag 12 Stunden
Flava	8,2	9,5	8,5
Mittelfrühe	13,0	10,5	8,3
Falke	5,3	5,5	3,2

Der Einfluß einer verschieden langen täglichen Belichtungsdauer auf die Länge der diploiden Teilungszone äußert sich deutlich bei der Sorte ‚Mittelfrühe‘. Mit der Verkürzung der Tageslänge geht eine Verkürzung dieser Zone parallel. Ebenso ist bei der Sorte ‚Falke‘ eine Wirkung in dieser Richtung erkennbar. Allerdings bringt erst eine Verringerung der täglichen Belichtungsdauer auf 12 Stunden auch eine Verkürzung der diploiden Teilungszone mit sich. Bei der Sorte ‚Flava‘ ist keinerlei Beeinflussung dieser Verhältnisse durch die Kurztagsbehandlung feststellbar.

Es wäre nun zweifellos verfrüht, wollte man auf Grund dieses Ergebnisses weiterreichende Schlussfolgerungen ziehen. So viel kann jedoch gesagt werden, daß auch die Länge der diploiden Teilungszone durch unterschiedliche Tageslängen beeinflusst wird. Was die Art der Veränderungen anlangt, scheinen in dieser Hinsicht die Verhältnisse so zu liegen, daß mit einer Verringerung der täglichen Belichtungsdauer eine Verkürzung der diploiden Teilungszone verbunden ist. Über das Ausmaß der Beeinflussung ist jedoch auf Grund der bisher vorliegenden Ergebnisse noch kein abschließendes Urteil zulässig. Lediglich die Art des Tageslängeneinflusses auf das Wachstum kann man daraus erkennen. Soweit es sich bisher beurteilen läßt, wird ein sicheres Urteil über das Ausmaß der Änderung

der diploiden Teilungszone erst nach Bearbeitung eines größeren Materials als im vorliegenden Fall abgegeben werden können. Im Zusammenhang mit den Messungen der Wachstumszone sind die ermittelten Zahlen von ergänzendem Wert. Es läßt sich auch aus der Länge der diploiden Teilungszone bei den unter verschiedenen Lichtklimaten gezogenen Pflanzen eine gleichartige Tendenz wie bei der Wachstumszone erkennen. Sie ist allerdings nicht so eindeutig ausgeprägt und das mag zum Teil mit den Schwierigkeiten im Zusammenhang stehen, mit welchen die Erfassung der diploiden Teilungszone im Vergleich zur Wachstumszone verbunden ist.

III. Diskussion

Nach der Hypothese von KOPETZ (5, 6, 7, 8, 9) ist die Knollenbildung der Kartoffel, wenn diese als Maß für die photoperiodische Reaktion herangezogen wird, an das Kurztagklima gebunden. Sie ist somit nur vor dem Überschreiten und nach dem Unterschreiten der ‚kritischen Tageslänge‘ möglich. Die Richtigkeit dieser Auffassung konnte mehrfach durch Verdunkelungsversuche nachgewiesen werden (KOPETZ-STEINECK 9, STEINECK II, 12). In den Anforderungen an die ‚kritische Tageslänge‘ bestehen nun zwischen den einzelnen Kultursorten Unterschiede (STEINECK II, 12). Ebenso sind die Tageslängenansprüche von Kartoffelsämlingen äußerst verschieden (STEINECK 13). In Anbetracht der mehrfach nachgewiesenen Abhängigkeit der Knollenbildung vom Lichtklima gewinnt die Frage nach der Ermittlung der ‚kritischen Tageslänge‘ von Kultursorten und Zuchtstämmen an Bedeutung.

Untersuchungen über das photoperiodische Verhalten verschiedener Kartoffelsorten haben gezeigt, daß von den derzeit im Handel befindlichen eine Anzahl geringe Anforderungen an die ‚kritische Tageslänge‘ aufweist (STEINECK II). Kartoffelpflanzen von diesem Reaktionstyp entsprechen, photoperiodisch betrachtet, nicht dem Zuchtziel, das auf Grund der Zusammenhänge, welche zwischen Tageslänge und Knollenbildung bestehen, für das in Europa herrschende Lichtklima anzustreben ist. Diesem entsprechen nur jene Sorten, deren Tageslängenansprüche geringer als der Tageslängenhöchstwert, aber doch so hoch sind, daß für die Knollenbildung vor dem Erreichen der ‚kritischen Tageslänge‘ genügend Zeit zur Verfügung steht (STEINECK 13).

Zur Auffindung von Typen dieser Art ist die Möglichkeit zur Feststellung der Tageslängenansprüche eine unbedingte Voraussetzung. Sie ist gegeben in der Durchführung von Verdunkelungsversuchen oder durch einen Zeitstufenanbau gegen den langen Tag zu. Bei der Durchführung von Stufensaaten müssen Sorten mit hohen Anforderungen an die ‚kritische Tageslänge‘ unabhängig vom Anbauzeitpunkt stets eine ungehemmte Knollenbildung zeigen. Sorten aber mit geringen Tageslängenansprüchen sind bei diesem Vorgehen an einer gehemmten Knollenbildung erkennbar, die sich in weiter Knollenlage und dem Vorhandensein ‚wilder Stolonen‘ äußert. Bei der Untersuchung eines größeren Materials, wie dies in der Kartoffelzüchtung erforderlich ist, sind jedoch Verdunkelungsversuche und Stufensaaten verhältnismäßig umständlich. Es könnte sich im gegebenen Fall nur um mehrjährige Kartoffelstämme handeln, welche bereits nach verschiedenen Werteigenschaften selektiert und daher

in geringerer Anzahl vorhanden sind. Alle Sämlinge mit sehr geringen Tageslängenansprüchen können nach dem Verfahren der photoperiodischen Reduktionsauslese bereits im ersten Jahr ausgeschieden werden (STEINECK 13).

Die Feststellung der „kritischen Tageslänge“ bei Sorten und Zuchtstämmen wäre nach der Länge der Wachstumszone entschieden einfacher. Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen zu schließen, erscheint diese Möglichkeit gegeben. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß die Beeinflussung des Sproßwachstums durch die Tageslänge deutlich zum Ausdruck kommt, etwa in der Art, daß die Verlängerung der Wachstumszone nach Überschreiten der „kritischen Tageslänge“ nicht allmählich, sondern sprunghaft innerhalb eines kurzen Zeitraumes erfolgt und somit gut erfaßbar ist. Das Ergebnis der bisherigen Untersuchungen spricht dafür, denn bei allen Sorten konnte eine deutlich längere Wachstumszone bei den im Normaltag gewachsenen Sproßachsen festgestellt werden.

Jedenfalls handelt es sich hier um eine Frage, die praktisch für die Sortenbeurteilung und die Kartoffelzüchtung bedeutungsvoll erscheint. In Anbetracht der Abhängigkeit der Knollenbildung von der Tageslänge bedeutet die Möglichkeit des Auffindens von Stämmen mit Tageslängenansprüchen, welche dem jeweiligen Lichtklima in bester Weise angepaßt sind, für den Züchter eine wesentliche Erleichterung. Die Selektion nach Typen, welche in photoperiodischer Hinsicht den gestellten Anforderungen entsprechen, würde durch Ermittlung der „kritischen Tageslänge“ nach der Länge der Wachstumszone in der Sproßachse erheblich vereinfacht.

Was die praktische Durchführung anlangt, wäre diese nach bisherigen Erfahrungen am besten so vorzunehmen, daß man von den zu untersuchenden Pflanzen Augenstecklinge unter Glas anzieht. Als günstigster Zeitraum dafür erscheinen das Spätfrühjahr und die Sommermonate, also die Zeit des längsten Tages. Durch die Feststellung der Länge der Wachstumszone in regelmäßigen Zeitabständen, müßte sich die „kritische Tageslänge“ ziemlich genau ermitteln lassen. Es bedarf selbstverständlich noch weiterer Untersuchungen, um beurteilen zu können, inwieweit der aufgezeigte Weg mit Erfolg beschritten werden kann. Über ihr Ergebnis wird zum gegebenen Zeitpunkt berichtet werden.

Die Art der Beeinflussung des Sproßwachstums der Kartoffel durch verschiedene Tageslängen, wie sie bei den durchgeführten Untersuchungen festgestellt werden konnte, gibt Berechtigung zu der Annahme, daß eine Änderung des Lichtklimas mit einer Änderung der Wuchsstoffwirkung in der Pflanze verbunden ist. Unter Berücksichtigung der wesentlichen Stellung, welche Wuchsstoffen bei der Lenkung der verschiedenen Wachstumsvorgänge in der Pflanze zukommt (SÖDING 10), erscheinen die Zusammenhänge offensichtlich. Bereits von KOPETZ (6) werden in Verbindung mit der Frage nach der stofflichen Grundlage photoperiodischer Erscheinungen Wuchsstoffe als wirksames Prinzip vermutet.

Die Tatsache des verminderten Wachstums im Kurztag konnte einwandfrei nachgewiesen werden und ist als feststehend anzusehen. Die photoperiodische Beeinflussung des Pflanzenwachstums ist somit anatomi-

sch-misch feststellbar und äußert sich in der beschriebenen Art. Die Änderung des Wachstumsablaufes durch eine unterschiedliche tägliche Belichtungsdauer spricht für eine Änderung der Wirkungsweise der Wuchsstoffe. Auf Grund der heutigen Kenntnis über die Entstehung der Phytohormone und der festgestellten Auswirkungen auf das Sproßwachstum bei verschiedenen Tageslängen, erscheint die Annahme naheliegend, daß die Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch das Lichtklima weitestgehend auf einer Beeinflussung der Wuchsstoffproduktion beruht. In der Tatsache der Abhängigkeit der Wuchsstoffbildung in der Pflanze vom Licht (SÖDING 10) erfährt diese Auffassung eine wertvolle Stütze. Die Schlußfolgerung, daß die Wuchsstoffbildung bei längerer Lichteinwirkung eine andere ist als bei kürzerer Belichtungszeit, ist kaum als zu weitreichend anzusehen. Zur näheren Feststellung über die Art des Einflusses wurden bereits Versuche mit synthetischen Wuchsstoffen durchgeführt, deren Ergebnisse einer eigenen Mitteilung vorbehalten bleiben.

IV. Zusammenfassung

Durch anatomische und cytologische Untersuchungen an Sproßachsen verschiedener Kartoffelsorten konnte die Beeinflussung des Wachstums durch unterschiedliche Tageslängen nachgewiesen werden. Die Art des Einflusses war bei Sorten, deren Anforderungen an die „kritische Tageslänge“ geringer als der Tageslängenhöchstwert sind, eindeutig feststellbar. Sproßachsen, welche unter Normaltag gewachsen waren, hatten eine ausgeprägt längere Wachstumszone im Vergleich zu jenen Pflanzen, deren Kultur in einem 12- und 14stündigen Kurztag erfolgte. Ebenso war bei im Normaltag gewachsenen Pflanzen die Zone der diploiden Teilungen länger. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß für das Wachstum der Kartoffel im Kurztagklima eine kurze Wachstumszone und ein Auftreten tetraploider Zellkerne bereits in einem verhältnismäßig geringen Abstand vom Vegetationsscheitel charakteristisch ist. Im Langtagklima dagegen ist die Teilungstätigkeit der Zellen erhöht, die Zellstreckung verzögert und endomitotisch polyploidisierte Kerne finden sich erst in größerer Entfernung von der Sproßspitze.

Auf Grund der Versuchsergebnisse erscheint die Möglichkeit der Feststellung der „kritischen Tageslänge“ durch die Bestimmung der Länge der Wachstumszone in einfachster Weise gegeben. Für die Kartoffelzüchtung ist dies von praktischem Wert, denn das Auffinden von Stämmen mit dem jeweiligen Lichtklima angepaßten Tageslängenansprüchen ist dadurch wesentlich erleichtert. Ein abschließendes Urteil über die aufgezeigten Möglichkeiten wird sich erst nach weiteren Untersuchungen, welche sich speziell mit dieser Frage befassen, abgeben lassen.

Literatur

1. FENZL, E.: Untersuchungen über die Polyploidieverhältnisse in der Achse der Angiospermen. Diss. phil. Fakultät der Universität Wien (1953).
2. FENZL, E. und TSCHERMAK-WÖSS, E.: Untersuchungen zur karyologischen Anatomie in der Achse der Angiospermen. Österr. Bot. Z. 101, 140—164 (1954).
3. GEITLER, L.: Grundriß der Cytologie. Berlin, 283—287 (1934).
4. GEITLER, L.: Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung. Wien, 2—3 (1949).
5. KOPETZ, L. M.: Die Bedeutung von Zeitstufensaat für die Beurteilung der

photoperiodischen Reaktion sommerannueller Pflanzen. Ein Beitrag zum Stimmungsproblem. Pflanzenbau 13, 387—399, 417—438 (1937). — 6. KOPETZ, L. M.: Untersuchungen über den Einfluß des Lichtfaktors auf Wachstum und Entwicklung einiger sommerannueller Pflanzen. Die Gartenbauwissenschaft 10, 354—379 (1937). — 7. KOPETZ, L. M.: Die Bedeutung des Tageslängenfaktors für die Beurteilung der Blühreife sommerannueller Pflanzen. Der Züchter 9, 181—184 (1937). — 8. KOPETZ, L. M.: Gibt es tagneutrale Pflanzen? Die Bodenkultur 8, 369—373 (1956). — 9. KOPETZ, L. M. und STEINECK, O.: Photoperiodische Untersuchungen an Kartoffelsämlingen. Der

Züchter 24, 69—77 (1954). — 10. SÖDING, H.: Die Wuchsstofflehre. Ergebnisse und Probleme der Wuchsstoffforschung. Stuttgart 1952. — 11. STEINECK, O.: Tageslänge und Knollenbildung bei Kultursorten der Kartoffel. Z. f. Pflanzenzüchtung 36, 197—213 (1956). — 12. STEINECK, O.: Untersuchungen über die photoperiodische Reaktion einiger Kartoffelsorten. Die Bodenkultur 8, 254—262 (1955). — 13. STEINECK, O.: Photoperiodismus und Kartoffelzüchtung. Die Bodenkultur, im Druck. — 14. STEINECK, O. und CZEKA, G.: Zellteilung, Zellstreckung und endomitotische Polyploidisierung bei Kartoffeln. Der Züchter 26, 346—351 (1956).

(Aus dem Botanischen Institut der Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald)

Beobachtungen an Leguminosenpflöpfungen

Von GOTTFRIED GÜNTHER

Mit 3 Textabbildungen

Die Methode der Pflöpfung wird neben ihrer praktischen Anwendung im Obst- und Gartenbau auch in der Entwicklungs- und Stoffwechselphysiologie zur Lösung spezieller Fragestellungen herangezogen. In den letzten Jahren wurde besonders durch sowjetische Forscher versucht, diese Methode für die Genetik nutzbar zu machen und als „vegetative Hybridisation“ der generativen Kreuzung an die Seite zu stellen (vgl. z. B. GLUSTSCHENKO 1950). Nachprüfungen, die mit exakter Versuchsmethodik durchgeführt wurden, konnten jedoch die neuartigen Vorstellungen von der Vererbung, die in diesen Untersuchungen entwickelt wurden, nicht bestätigen (BRIX 1952, BÖHME 1954, STUBBE 1954, KOWALEWICZ 1956, ZACHARIAS 1956). Neuerdings lehnen auch sowjetische Forscher eine erbliche Beeinflussung der Nachkommenschaft von Pflöpfungspartnern ab (ZHEBRAK 1956).

Die vorliegende Mitteilung berichtet über Pflöpfungen zwischen Sojabohnen (*Glycine soja* (L.) Sieb. et Zucc.) und Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.), die auf Anregung von Herrn Prof. Dr. BORRIS zur Nachprüfung der von LESTSCHENKOW und TJUGINA (1950) veröffentlichten Befunde in den Jahren 1951—1953 durchgeführt worden waren. Die beiden Autoren konnten in der Nachkommenschaft von Sojabohnen, die auf Buschbohnen aufgepfropft worden waren, eine wesentliche Verkürzung der Reifezeit beobachten, ein Ergebnis, welches für den Anbau von Sojabohnen in klimatisch ungünstigen Lagen wichtig wäre. Da schon früher ein Einfluß der Pflöpfung auf die Vegetationsdauer von Leguminosen festgestellt worden war (POPESCO 1931, 1933, 1939), erschien eine Nachprüfung von vornherein nicht aussichtslos.

Bei unseren Versuchen wurden als Unterlagen für die Pflöpfungen die frühen Buschbohnen Sorten „Saxa“ und „St. Andreas“ verwendet, deren Alter bei der Pflöpfung 30—35 Tage betrug. Die jungen Sojapflanzen (10—14 Tage alt) wurden im Spaltpföpfverfahren eingesetzt. Um die Transpiration herabzusetzen und ein Vertrocknen der Reiser zu verhindern, wurden ihnen die Blätter teilweise abgeschnitten und die Pflanzen bis zur Verwachsung unter Glaslocken aufgestellt. Die Verwachsung vollzog sich nach ca. 12 Tagen. Die gepfropften Pflanzen blieben jedoch gegen Austrocknen weiterhin sehr empfindlich, so daß sie im Gewächshaus bei gespannter Luft kultiviert werden mußten. In Tabelle 1 finden sich Angaben über die Zahl der Pflöpfungen und die dazu verwendeten Sorten.

Tabelle 1. Zahl der Pflöpfungen in den einzelnen Versuchsjahren. () = angewachsene Pflöpfungen.

Pflöpfreis	Heimkraft	Dornburg. weißbl.	Dornburg. 150
Unterlage:			
1951			
Saxa	80 (62)	—	—
St. Andreas	108 (78)	—	—
1952			
Saxa	42 (22)	36 (17)	—
St. Andreas	31 (19)	34 (18)	—
1953			
Saxa	20 (10)	39 (25)	38 (23)
St. Andreas	41 (33)	24 (15)	24 (17)



Abb. 1. Reis der Sojasorte „Heimkraft“ auf Unterlage der Buschbohnenart „Saxa“. 20 Tage nach der Pflöpfung.

Die Entwicklung einer gepfropften Sojapflanze zeigt wesentliche Unterschiede gegenüber der Entwicklung einer ungepfropften Pflanze. Es ergibt sich in der Regel folgender Verlauf: Zum Zeitpunkt der Pflöpfung ist das Epikotyl des Propfreises noch nicht gestreckt. Nach der Verwachsung oder auch kurz davor beginnt das Reis sich zu strecken und wächst zumeist ohne Verzweigung zu einem eintriebigen Sproß mit 4—7 Blättern aus, die keine morphologischen Veränderungen gegenüber den Blättern einer normalen Pflanze erkennen lassen. Der wuchsfreudige Habitus einer un-