



Sonderdruck aus „Der Züchter“, 5. Jahrgang 1933, Heft 12.

(Verlag von Julius Springer, Berlin.)

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Müncheberg i. M.)

Die Bestimmung des Solanin Gehaltes von Pflanzen mit Hilfe von  
*Cladosporium fulvum*.

Ein Beispiel für die Möglichkeit der Verwendung von Mikroorganismen in  
der züchterischen Selektionstechnik.

Von **Lars S. Agerberg, R. Schick, Martin Schmidt** und **R. v. Sengbusch**.

Tomaten und Kartoffeln sowie andere Vertreter der Gattung *Solanum* enthalten in verschiedenen Organen das giftige Glucoalkaloid *Solanin*. Bei Tomaten findet sich Solanin in den Blättern, Stengeln und Wurzeln, in den Blüten teilen und den unreifen Früchten, bei Kartoffeln kommt es vor in den Blättern, den Keimen, den „Augen“ und Schalen der Knollen und in den Früchten. Die in der Literatur vorliegenden Angaben über den Solanin Gehalt von Tomaten und Kartoffeln sind unvollständig und weichen z. T. voneinander ab (vgl. CZAPEK 1925, HEGI, WIESNER 1928). Die Methoden zum analytisch-chemischen Nachweis des Solanins sind nicht recht brauchbar, und die direkte quantitative Bestimmung des Alkaloids ist für die Prüfung eines umfangreicheren Materials zu langwierig.

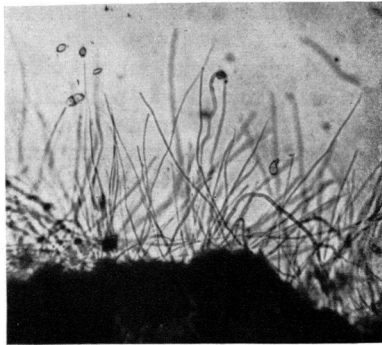
Untersuchungen von SCHMIDT (1933) haben auf eine Methode hingewiesen, mit der das Solanin auf „biologischem“ Wege nachgewiesen und in seiner relativen Menge bestimmt werden kann. Es handelt sich dabei um eine Einflußnahme des Solanins auf die Keimung der Sporen und die Gestalt der daraus hervorgehenden Keimschläuche des Pilzes *Cladosporium fulvum*, des Erregers der Braunfleckenkrankheit der Tomaten. Man kann die Sporen dieses Pilzes in Dekokten aus Blättern, Früchten, Wurzeln oder Knollen der verschiedensten Pflanzen ebenso wie in Wasser, Zuckerlösung und anderen flüssigen Medien innerhalb von 10—24 Stunden zum Keimen bringen. Dabei wirken Dekokte aus solaninhaltigen Pflanzenteilen auf von künstlichen Nährböden stammende Sporen in besonderer Weise.

Die Wirkung des Solanins, wie sie im nachfolgenden beschrieben wird, erstreckt sich nur auf Sporen, die auf Agarnährböden (z. B. Traubenzuckeragar) produziert worden sind. Auf Sporen, die direkt von der Tomatenpflanze stammen, wirkt Solanin nicht oder kaum. Nähere Angaben und Untersuchungen über das verschiedene Verhalten von „Kultursporen“ und „Blattsporen“ werden an anderer Stelle mitgeteilt (AGERBERG, SCHMIDT und v. SENGBUSCH, „Gartenbauwissenschaft“, im Druck).

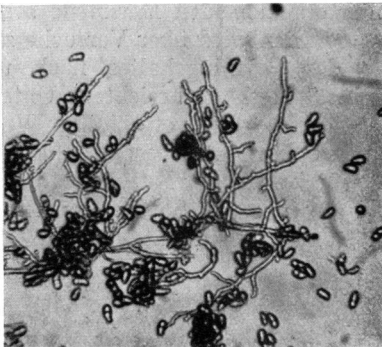
Durch hohe Solaninkonzentrationen wird die Keimung der Sporen verzögert, herabgemindert oder völlig gehemmt. Dies sei an einigen Beispielen erläutert. Unreife Tomatenfrüchte enthalten relativ viel Solanin (0,4% nach HEGI), kurz vor der Reife nur sehr geringe Mengen (0,006%) und in reifem Zustande fast gar kein Solanin. Entsprechend keimen die Sporen in gleich konzentrierten Dekokten aus unreifen Tomaten überhaupt nicht, in Dekokten aus fast reifen und ausgereiften dagegen keimen sie. Parallelversuche mit 0,4- und 0,006%ige Solaninlösungen sowie mit Wasser ohne Solanin zeigen dieselben Verhältnisse. Auch in Dekokten von Kartoffelkeimen, die ja einen sehr hohen Solanin Gehalt haben, erfolgt keine Keimung der Sporen (Abb. 3). Bei der gleichen Konzentration in Blattdekokten dagegen ist relativ gute Keimung möglich. Wird eine schwächere Konzentration verwendet, so tritt Keimung ein (Abb. 2). Ebenso wirken verschiedene Konzentrationen des Blattdekoktes der Tomatensorte „Bonner Beste“ auf das Keimprozent der Sporen ein, wie ein von SCHMIDT (1933) beschriebener Versuch zeigt. Werden für je 1 g Blattmasse 20 ccm Wasser verwendet, so keimen

nur etwa 5% der Sporen, bei Verwendung von 50 ccm Wasser etwa 75%, von 100 ccm  $\pm$  95% und von 200 ccm ebenfalls 95%. Im Gegensatz dazu erfolgt z. B. in Tabakblätterdekot fast 100%ige Keimung, unabhängig davon, welche Konzentration der Dekot hat.

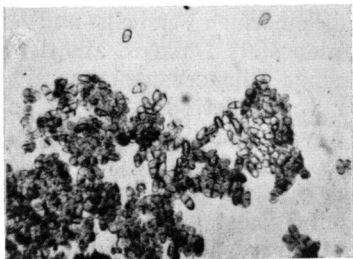
In schwacher Konzentration wirkt das Solanin nicht nur auf das Keimvermögen der Sporen



1



2



3

Abb. 1—3. Einfluß des Substrates auf Sporenkeimung und Gestalt der Keimschläuche von *Cladosporium fulvum*. Aufgenommen nach 15 Stunden.

Abb. 1. In Tabakblätterdekot (pro Gramm Blattmasse 10 ccm Wasser). Kein Solanin: W-Typus.

Abb. 2. In Dekot aus Kartoffelkeimlingen (pro Gramm Substanz 40 ccm Wasser). Geringer Solaningehalt: BB-Typus.

Abb. 3. In Dekot aus Kartoffelkeimlingen (pro Gramm Substanz 10 ccm Wasser). Hoher Solaningehalt: keine Keimung.

ein, sondern es übt auch einen spezifischen formbildenden Einfluß auf die Keimschläuche aus. In allen kein Solanin enthaltenden Substraten — wie z. B. Wasser, Zuckerlösung,

Tabakblätterdekot, Dekot aus Kartoffelknollen usw. — keimen die Sporen mit langen, schmalen, wenig verzweigten Keimschläuchen (Abb. 1, 5<sup>1</sup>, 6<sup>1</sup>). In solaninhaltigen Medien von geringer Konzentration dagegen werden anders geartete Keimschläuche ausgebildet, nämlich kurze, dicke, stark verzweigte Hyphen von eigentümlich „knorriger“ Gestalt. Wir bezeichnen diesen Typus der Hyphengestalt als „BB-Typus“ (nach der in früheren Versuchen am häufigsten verwendeten Tomatensorte „Bonner Beste“), die z. B. in Wasser auftretende lange, schmale, wenig verzweigte Form der Hyphen als „W-Typus“. Die Spezifität auch dieser Einwirkungsart des Solanins wurde durch Parallelversuche mit reinem Solanin erwiesen (Abb. 7). Der BB-Typus der Hyphen wird beispielsweise in Dekoten aus Blättern von Kartoffeln (Abb. 4<sup>2</sup>) und Tomaten (Abb. 8) ausgebildet, die ja nur relativ geringe Mengen des Alkaloids enthalten. Besonders lehrreich ist wieder das Verhalten der Sporen in Dekoten aus Tomatenfrüchten verschiedener Entwicklungsstadien. Während des Reifungsprozesses wird das Solanin in der Tomate abgebaut. Wie erwähnt, enthält die Frucht kurz vor der Reife nur noch sehr geringe Mengen des Alkaloids. Dementsprechend wird Keimung der Sporen möglich, aber die Anwesenheit von Solanin zeigt sich noch darin an, daß Keimschläuche des BB-Typus ausgebildet werden. Die reife Frucht enthält kein oder fast kein Solanin mehr, und so keimen die Sporen mit Keimschläuchen des W-Typus.

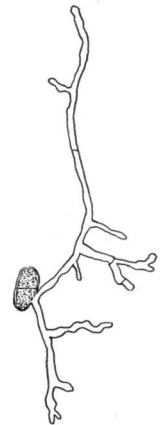


Abb. 7. Älteres Keimungsstadium (38 Stunden) in Benecke-Nährlösung mit einer Spur von Solanin. BB-Typus des Keimschlauches. Vergr. 330 $\times$ . Nach SCHMIDT 1933.

Wie auf das Keimprozent wirkt auch auf die Gestalt der Keimschläuche die Konzentration des Solanins ein. Während z. B. bei einem Tomatenblätterdekot mit 20 ccm Wasser pro Gramm Blattmasse sehr kurze, gestauchte, stark verzweigte, ausgesprochen „knorrige“ Keimschläuche gebildet werden, sind bei Verwendung von 200 ccm Wasser pro Gramm Blattmasse die Hyphen viel länger, weniger stark verzweigt und von weniger ausgeprägter „Knorrigkeit“. Die-

<sup>1</sup> Abb. 4, 5 u. 6 siehe: Planta Bd. 20, 3. Heft, S. 416, Abb. 10 u. 11 und Gart. Bd. 8, 2. Heft, S. 346, Abb. 3 u. 4.

<sup>2</sup> Abb. 6 siehe: Planta, Bd. 20, 3. Heft, S. 414, Abb. 6 und Gart. Bd. 8, 2. Heft, S. 346, Abb. 1.

selben Verhältnisse treffen für verschieden konzentrierte Lösungen reinen Solanins zu.

Es wurde früher (SCHMIDT 1933) gezeigt, welchen Einfluß die zunehmende Verdünnung des Blattdekoktes einer solaninhaltigen Pflanze und damit der „natürlichen Solaninlösung“ auf

geprägt. In der Stufe 1:100 finden wir Keimschläuche, die dem W-Typus weitgehend ähneln, und in noch stärkerer Verdünnung werden reine W-Hyphen gebildet. Es findet also mit zunehmender Verdünnung ein gleitender Übergang vom BB-Typus über Mittelbildungen zum W-Typus hin statt, und jede Hyphengestalt zeigt eine bestimmte Solaninkonzentration an.

Die Gestalt der Cladosporium-Keimschläuche stellt also einen *außerordentlich subtilen Indikator für sehr geringe Solaninmengen* dar. Läßt man Cladosporium-Sporen gleich lange Zeit in gleich konzentrierten Dekokten aus pflanzlicher Substanz keimen, so kann man deren relativen Solanin Gehalt auf schnelle und bequeme Weise feststellen. Nach dem oben Gesagten kommen als Kriterien für den Solanin Gehalt eines Dekoktes in Frage: 1. Das Keimprozent der Sporen, 2. die Länge der Keimschläuche, 3. die Verzweigungsintensität der Keimschläuche. Da Hyphenlänge und Verzweigungsstärke in direkter Beziehung zueinander stehen, kann man sich auf die Feststellung der ersten beiden Merkmale beschränken. Im folgenden wird über Versuche zur Bestimmung des Solanin Gehaltes nach unserer „biologischen“ Methode berichtet. Untersucht wurden auf diese Weise verschiedene Vertreter der Gattung Solanum, insbesondere kultivierte Kartoffeln und wilde, der Kulturkartoffel nahestehende Formen sowie Sorten aus dem Müncheberger Tomatensortiment.

#### Methodik.

Die Untersuchung ging auf folgende Art vor sich. Für die einzelnen Versuchs- und Vergleichsreihen wurden stets Dekokte aus der gleichen Gewichtsmenge Pflanzensubstanz mit gleicher Kochdauer verwendet. Da die Keimfähigkeit der Sporen von *Cladosporium fulvum* mit zunehmendem Alter abnimmt, wurde darauf geachtet, daß für die einzelnen Versuchsreihen junge und möglichst gleich alte Kulturen des Pilzes benutzt wurden. Die Keimproben wurden auf einer mit 64 durch aufgemalte Ziffern nummerierten Vertiefungen versehenen Porzellantafel (geliefert von der Firma Leitz) vorgenommen. In die einzelnen Vertiefungen wurden einige ccm des betreffenden Dekoktes gegeben und dann Sporen des Pilzes darauf getan. Die Nummer der Vertiefung entsprach der des Dekoktes, so daß Verwechslungen vermieden wurden. Meist wurde mit Wiederholung gearbeitet; eine Tafel konnte also mit 32 verschiedenen Dekokten besetzt werden. Von jeder der zu prüfenden Pflanzen wurden Dekokte von

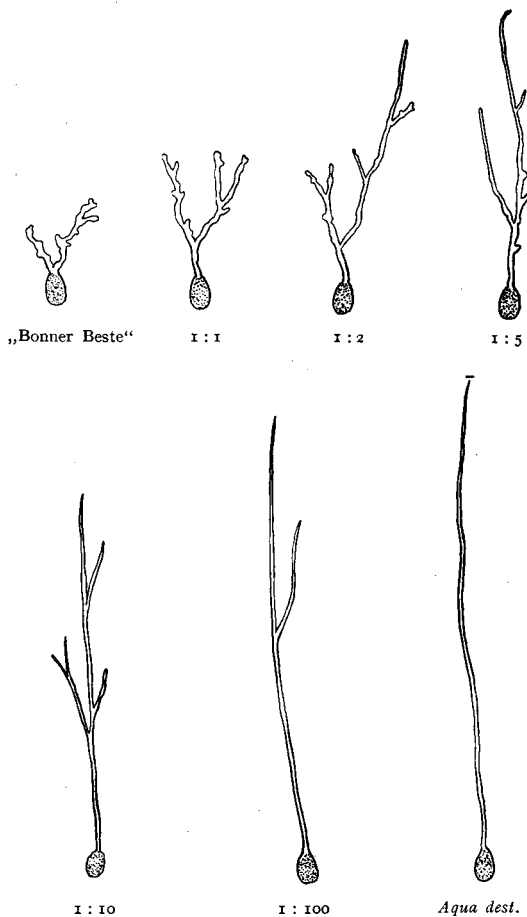


Abb. 8. Einfluß abgestufter Verdünnung des Blattdekoktes der Tomatensorte „Bonner Beste“ (pro Gramm Blattmasse 50 ccm Wasser) mit *Aqua destillata* auf die Gestalt der Keimschläuche. Übergang vom BB-Typus des Keimschlauches über Mittelbildungen zum W-Typus. Nach SCHMIDT 1933.

die Gestalt der Keimschläuche von *Cladosporium fulvum* nimmt. Abb. 8 erläutert, welche Hyphengestalt bei den einzelnen Stufen der Verdünnung von Tomatenblätterdekokt mit Wasser ausgebildet wird. In der Verdünnungsstufe 1:1 treten Hyphen von noch typischem BB-Charakter auf. Die Stufe 1:2 weist Keimschläuche auf, die erheblich länger sind, und bei der Verdünnung 1:5 sind die Hyphen viel weniger verzweigt und nicht mehr so „knorrig“. Bei 1:10 ist die Verzweigungsintensität noch etwa die der Stufe 1:5, aber die „Knorrigkeit“ ist fast kaum noch aus-

verschiedener Konzentration gleichzeitig geprüft. Nach dem Impfen mit Sporen wurden die Tafeln in einen Thermostaten von 26° gestellt. Nach 17—24 Stunden wurden dann die Sporen auf Objektträger gebracht und mikroskopisch untersucht. Da die Durchsicht größerer Versuchsserien geraume Zeit erfordert, mußte das Weiterwachsen der Keimschläuche der erst später an die Reihe kommenden Sporen verhindert werden. Als besonders geeignet dafür erwies sich die Behandlung der Dekokte in den einzelnen Vertiefungen der Porzellantafeln mit je einem Tropfen konzentrierter Salzsäure. Auf diese Weise wurde das Wachstum sistiert und die Keimschläuche waren ohne nachteilige Veränderungen fixiert.

Die Bewertung des Keimprozentos erfolgte durch Schätzung nach den Gruppen 10, 30, 50, 70, 90 und 100%. Die relative Länge der Keimschläuche, und zwar bei starker Verzweigung des Hauptastes, wurde in den Protokollen durch einen im Vergleich zu dem stets als „Standard“ verwendeten Tabakblätterdekot entsprechend langen Strich angegeben. Die für die einzelnen Nummern des Versuches angezeichneten Striche wurden dann bei der Gesamtbewertung gemessen und die in mm ausgedrückten Längen als Vergleichszahlen in die Tabellen eingetragen. Außerdem wurde durch eine verschieden große Zahl von Seitenstrichen die Verzweigungsstärke und damit die Gestalt der Keimschläuche angegeben; gar keine Seitenstriche bedeuteten dabei den W-Typus der Hyphengestalt.

#### Allgemeine Prüfung von Solanaceen-Blattdekotken.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Solaninbestimmung von Blattdekotken verschiedener Solanaceen. Es werden dabei das Keimprozent und die relative Länge des Hauptastes der Hyphen in einem schwächer und einem stärker konzentrierten Blattdekot einer jeden Pflanze angegeben. Als „Standard“ für den Vergleich von Keimprozent und Hyphenlänge ist — auch in allen anderen Versuchsreihen — Tabakblätterdekot verwendet worden, bei dem sehr gute Keimung und Ausbildung typischer W-Hyphen erfolgt. Der Vergleich der einzelnen Pflanzen, in deren Blattdekotken Keimung nach dem BB-Typus erfolgt, zeigt, daß bei hohem Keimprozent im allgemeinen auch längere Keimschläuche gebildet werden — und umgekehrt. Abweichungen davon erklären sich wohl daraus, daß in dieser Versuchsreihe nicht durchweg gleich altes und unter gleichen Bedingungen ge-

Tabelle 1.  
Verhalten der *Cladosporium*-Konidien in gleich konzentrierten Blattdekotken verschiedener Solanaceen.

Beobachtung nach 19 Stunden. Wo nicht anders vermerkt, handelt es sich um Freilandpflanzen. W = W-Typus, BB = BB-Typus der Keimschläuche.

Nr.	Blattdekot von	Typus der Keimschläuche	je g Blatt- masse 200 ccm Wasser		je g Blatt- masse 40 ccm Wasser	
			Sporenkeimung (%)	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen	Sporenkeimung (%)	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen
1	<i>S. tuberosum</i> (Wohltmann) ..	BB	50	7	50	5
2	<i>S. tuberosum</i> (Rotkaragis) ...	BB	30	7	30	5
3	<i>S. chacoense</i> .....	BB	50	3	0	—
4	<i>S. acaule</i> .....	BB	70	8	10	2
5	<i>S. demissum</i> .....	BB	30	2	0	—
6	<i>S. commersonii</i> ..	BB	10	1	0	—
7	<i>S. polyadenium</i> ...	BB	50	2	0	—
8	<i>S. maglia</i> .....	BB	30	4	30	2
9	<i>S. ajuscoense</i> .....	BB	70	6	10	1
10	<i>S. antipovichii</i> ...	BB	90	15	90	10
11	<i>S. verrucosum</i> .....	BB	50	3	0	—
12	<i>S. curtilobum</i> .....	BB	30	10	50	6
13	<i>S. phureja</i> .....	BB	10	6	10	2
14	<i>S. dulcamara</i> .....	BB	50	3	30	1
15	<i>S. nigrum</i> .....	BB	30	12	70	9
16	<i>S. lycopersicum</i> (Bonner Beste)	BB	10	2	10	1
17	<i>S. muricatum</i> (Ge- wächshaus) ....	W	30	13	50	13
18	<i>Datura</i> aus Süd- amerika .....	W			50	15
19	<i>Physalis spec.</i> .....	W			30	9
20	<i>Nicotiana tabacum</i> (Gewächshaus) ..	W			100	21

wachsenes Material verwendet werden konnte. Der Solaningehalt wechselt je nach den Ernährungsverhältnissen und dem Alter der Pflanze; auch in den einzelnen Regionen der Pflanze ist er verschieden (vgl. CZAPEK 1925, MOLISCH 1923, diese Arbeit S. 278). Der Vergleich zwischen den beiden Konzentrationen läßt vielfach eine direkte Beziehung zwischen Keimprozent und Hyphenlänge erkennen. Abweichungen erklären sich sicher wieder in dem oben erwähnten Sinne, da der geringer konzentrierte Dekot nicht durch Verdünnen der stärker konzentrierten Abkochung, sondern aus anderen Blättern besonders hergestellt wurde.

Bezüglich des Solaningehaltes der verwendeten Pflanzen kann aus dem Versuchsergebnis folgendes abgelesen werden. Die Dekokte der beiden von *Solanum tuberosum* geprüften Sorten

(1—2) zeigen untereinander nicht sehr große Unterschiede. Dagegen müssen sie im Vergleich zu manchen anderen Solanum-Arten als relativ solaninarm bezeichnet werden. Sehr geringen Solanin Gehalt muß auch *S. antipovichii* (10) haben. Unter den mit der Kartoffel verwandten Solanum-Arten weisen hohe Solanin Gehalte auf *S. chacoense* (3), *S. demissum* (5), *S. commersonii* (6), *S. polyadenium* (7), *S. verrucosum* (11), *S. phureja* (13); auf mittelhohen Solanin Gehalt kann bei *S. acaule* (4), *S. maglia* (8), *S. ajuscoense* (9) und *S. curtilobum* (12) geschlossen werden. *S. dulcamara* (14) enthält nach dem Versuchsergebnis relativ viel Solanin in den Blättern. Nach HEGI enthalten diese Solanin neben Solanidin und Dulcamarin. Nach MASSON (zit. bei CZAPEK 1925) enthält *S. dulcamara* kein Solanin, sondern ein anderes Glucosid, Solacein. Die Blätter von *S. nigrum* (15) haben, nach unserer Methode geprüft, einen relativ geringen Solanin Gehalt. WIESNER (1928) macht die Angabe, daß das Kraut solaninhaltig ist. HEGI zitiert einen Befund von WEHMER, wonach in 25 kg des Krautes nur Spuren eines nicht zu identifizierenden Alkaloids nachgewiesen werden konnten. RENTELN (zit. bei CZAPEK 1925) fand bei *S. nigrum* kein Solanin. Vielleicht gibt in diesem Falle unsere Methode Spuren des Solanins an, die auf chemischem Wege nicht mehr nachgewiesen werden können. Einen relativ hohen Solanin Gehalt besitzt das Laub der Tomatensorte „Bonner Beste“ (16). Im Blattdekot von *S. muricatum* (17) werden typische W-Hyphen gebildet; die Keimung war sonst allerdings besser als im vorliegenden Versuch. Die Pflanze enthält, nach der Gestalt der Hyphen zu urteilen, also kein Solanin. Dasselbe gilt für *Datura* (18) und *Physalis* (19), bei denen auch von anderer Seite bisher kein Solanin gefunden worden ist.

#### Prüfung der Früchte von Solanum-Arten.

Nach denselben Prinzipien wie bei den Blattdekokten wurden auch Früchte verschiedener Solanum-Arten auf ihren Solanin Gehalt geprüft. Gerade die Früchte verschiedener Solaneen gelten ja als giftig, besonders im unreifen Zustande. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Prüfung unreifer Früchte von Freilandpflanzen verschiedener Solanum-Arten. Im Dekot aus der reifen Tomate (Standard, Nr. 1) werden Keimschläuche des W-Typus ausgebildet. Bei den in dieser Versuchsreihe verwendeten unreifen Tomaten muß der Abbau des Solanins schon weit fortgeschritten gewesen sein; denn

Tabelle 2.  
Verhalten der Cladosporium-Konidien in gleich konzentrierten Dekokten aus unreifen Früchten von Freilandpflanzen verschiedener Solanum-Arten.

Kochdauer 30 Min. Beobachtung nach 20 Stunden.  
W = W-Typus, BB = BB-Typus der Keimschläuche, bb = Mittelbildungen.

Nr.	Dekot aus Früchten von	Typus der Keimschläuche	je g Fruchtmasse 200 ccm Wasser		je g Fruchtmasse 40 ccm Wasser	
			Sporenkeimung %	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen	Sporenkeimung %	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen
1	<i>S. lycopersicum</i> (Bonner Beste) reif.....	W	50	13	50	13
2	<i>S. lycopersicum</i> (Bonner Beste).	BB	50	6	10	2
3	<i>S. tuberosum</i> (Rotkaragis).....	BB	50	9	70	5
4	<i>S. acaule</i> .....	BB	30	5	30	2
5	<i>S. demissum</i> .....	BB	10	2	0	—
6	<i>S. commersonii</i> ...	BB	50	3	0	—
7	<i>S. verrucosum</i> ....	BB	50	5	0	—
8	<i>S. andigenum</i> ....	—	0	—	0	—
9	<i>S. antipovichii</i> ....	bb	50	13	50	10

es tritt Keimung zu — allerdings relativ kurzen — BB-Hyphen ein. Der Solanin Gehalt der unreifen Frucht der Kartoffelsorte „Rotkaragis“ (3) muß nach dem Versuchsergebnis im vorliegenden Fall geringer als bei der unreifen Tomate sein. Höheren Solanin Gehalt besitzen die unreifen Früchte von *S. acaule* (4), und von den übrigen Verwandten der Kartoffel müssen die unreifen Früchte von *S. demissum* (5), *S. commersonii* (6), *S. verrucosum* (7) und *S. andigenum* (8) als besonders solaninreich angesehen werden. Im Dekot aus unreifen Früchten von *S. antipovichii* (9) werden längere, schon sehr nach dem W-Typus hinneigende Keimschläuche gebildet. Wie im Laub, scheint diese Spezies auch in den Früchten nur sehr wenig Solanin zu enthalten. Die Arten *S. demissum*, *S. commersonii* und *S. verrucosum*, die in den Blättern einen hohen Solanin Gehalt aufweisen, enthalten auch in den unreifen Früchten relativ viel Solanin.

Tabelle 3 berichtet über die Prüfung der Früchte von vier im Freiland in Töpfen kultivierten Solanum-Arten. Im Fruchtdekot des im Topf gezogenen *S. acaule* (1) ist das Keimprozent höher als bei den Feldpflanzen (Tab. 2), und es werden längere Keimschläuche gebildet. Die Prüfung von *S. demissum* zeigt wie bei den Feldpflanzen einen hohen Solanin Gehalt an. *S. nigrum* enthält nach unserer Prüfung sowohl

Tabelle 3.  
Verhalten der Cladosporium-Konidien in Dekokten aus Früchten verschiedener im Freien in Töpfen kultivierter Solanum-Arten.

Kochdauer 30 Min. Beobachtung nach 24 Stunden.  
W = W-Typus, BB = BB-Typus der Keimschläuche.

Nr.	Dekokt aus Früchten von	Typus der Keimschläuche	je g Fruchtmasse 200 ccm Wasser		je g Fruchtmasse 40 ccm Wasser	
			Sporenkeimung (%)	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen	Sporenkeimung (%)	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen
1	<i>S. acaule</i> ... unreif	BB	90	12	70	6
2	<i>S. demissum</i> , unreif	—	0	—	0	—
3	<i>S. nigrum</i> .. unreif	BB	90	7	70	3
	reif ..	BB	50	8	10	7
4	<i>S. dulcamara</i>					
	unreif	BB	30	4	0	—
	reif ..	fast W	10	1	10	5

in den unreifen wie in den reifen Früchten Solanin, allerdings in relativ geringer Menge. Das stimmt mit einigen in der Literatur vorhandenen Angaben überein, wonach die Beeren nicht immer giftig wirken sollen. *S. dulcamara* hat — nach unserer Methode geprüft — in den unreifen Früchten einen relativ hohen Solaningehalt; bei den reifen Früchten deutet das Auftreten des W-Typus der Keimschläuche auf verschwindend geringes Vorkommen oder Fehlen des Alkaloids. Dieser letzte Befund steht zu einigen Angaben in der Literatur in Widerspruch, stützt jedoch die oben erwähnte Angabe von MASSON (zit. bei CZAPEK 1925) und die bei HEGI mitgeteilte Beobachtung, daß die Beeren gelegentlich gegessen werden.

Prüfung der Blattdekokte von Tomatensorten.

Tabelle 4 gibt die Ergebnisse der Prüfung verschiedener Tomatensorten mittels Cladosporium-Keimproben in Blattdekokten. Die Keimversuche wurden in den Blattdekokten von je 4 oder 8 nebeneinander stehenden Pflanzen derselben Sorte vorgenommen. Die daraus berechneten Durchschnittswerte für das Keimprozent und die relative Länge der Hyphen werden in der Tabelle angegeben. Es zeigt sich, daß Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten bestehen. In Tabelle 5 sind die Werte für jede der einzelnen Pflanzen von vier der untersuchten Sorten wiedergegeben: von zwei mit durchschnittlich geringem, einer mit durchschnittlich mittel-

Tabelle 4.  
Durchschnittlicher relativer Solaningehalt der Blätter einiger Tomatensorten (Feldpflanzen), ermittelt aus Keimprozent und Länge der Keimschläuche der Cladosporium-Konidien in gleich konzentrierten Blattdekokten (pro Gramm Blattmasse 200 ccm Wasser).

Beobachtung nach 20 Stunden.

Nr.	Sorte	Anzahl der geprüften Pflanzen	Beobachtung nach 20 Stunden.	
			Sporenkeimung (%)	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen
1	Eiförmige Gelbe.....	8	33,8	1,8
2	Gnom.....	4	42,5	3,0
3	Dänischer Export (Nr. 78)	8	43,8	2,9
4	Deutscher Sieg.....	8	57,5	3,3
5	Goldball.....	8	62,1	2,4
6	Bonner Beste (Metz)....	8	68,8	3,6
7	Protection.....	8	70,0	3,3
8	Stirling Castle.....	8	72,5	2,6
9	Dänische Export (Nr. 82)	8	82,5	5,0
10	Bonner Beste (Nr. 81)....	8	88,7	4,9
11	Rosalinde.....	8	88,8	5,4
12	Lothringer.....	4	97,5	9,8
	Tabak.....		100,0	17,0

hohem und einer Sorte mit durchschnittlich hohem Solaningehalt. Bei der Sorte „Eiförmige Gelbe“ mit durchschnittlich hohem Solaningehalt liegt das Keimprozent der Sporen bei den einzelnen Pflanzen zwischen 0 und 90; die relative Hyphenlänge geht nicht über die Vergleichszahl 4 hinaus. Auch bei der Sorte „Goldball“ mit durchschnittlich mittelhohem Solaningehalt finden sich bei den einzelnen Pflanzen Unterschiede in Sporenkeimung und Hyphenlänge; die Werte dafür liegen zwischen 10 und 100% bzw. 1 und 6. Bei „Bonner Beste“ und „Lothringer“, die einen durchschnittlich niedrigen Solaningehalt haben, unterscheiden sich die einzelnen Pflanzen ebenfalls. Für das Keimprozent sind diese Unterschiede allerdings erheblich geringer als bei den beiden ersten Sorten. Es zeigt sich also, daß trotz der ganz ähnlichen Umweltbedingungen die Dekokte aus verschiedenen Pflanzen ein und derselben Sorte beträchtliche Unterschiede in ihrem Einfluß auf die Keimung der Sporen und die Länge der Keimschläuche von Cladosporium aufweisen. Daß die Unterschiede z. T. sehr kraß sind, kann seinen Grund darin haben, daß die für die einzelnen Dekokte verwendeten Blätter aus verschiedenen Regionen der Pflanze stammen und daß je nach dem Besatz der Pflanze mit frischen, saftigen Blättern dieser oder jener Bezirk beim Einsammeln bevorzugt wurde. Wie schon oben erwähnt wurde, ist festgestellt worden, daß sich die einzelnen Re-

Tabelle 5.  
Verhalten der Cladosporium-Konidien in gleich konzentrierten Blattdekokten (pro Gramm Blattmasse 200 ccm Wasser) von verschiedenen Pflanzen derselben Sorte. Beobachtung nach 20 Stunden. Extremwerte fettgedruckt.

Tomatensorte	Pflanze Nr.	Sporenkeimung (%)	Relative Länge des Hauptastes der Hyphen
Eiförmige Gelbe	1	50	1
	2	30	2
	3	<b>0</b>	—
	4	50	<b>4</b>
	5	10	1
	6	30	2
	7	<b>90</b>	3
	8	10	1
Goldball	1	70	1
	2	70	2
	3	90	3
	4	30	1
	5	<b>100</b>	<b>6</b>
	6	30	1
	7	<b>10</b>	<b>1</b>
	8	90	4
Bonner Beste (Nr. 81)	1	90	5
	2	<b>70</b>	<b>2</b>
	3	90	5
	4	90	4
	5	<b>100</b>	<b>11</b>
	6	90	3
	7	90	4
	8	90	5
Lothringer	1	<b>90</b>	<b>4</b>
	2	100	12
	3	100	8
	4	<b>100</b>	<b>15</b>

gionen der Pflanze in ihrem Alkaloidgehalt unterscheiden.

Diese Feststellung wurde an stärker konzentrierten Blattdekokten von zwei Einzelpflanzen der Sorte „Bonner Beste“ in mehreren Wiederholungen mit unserer Pilzmethode nachgeprüft. Tabelle 6 und die graphische Darstellung Abb. 9 zeigen, daß bei der Pflanze 7 in der unteren Region ein relativ geringer Solanidgehalt vorhanden ist, der nach der Mitte zu noch etwas absinkt, um dann in der Spitze einen vergleichsmäßig hohen Wert anzunehmen. Bei Pflanze 8 ist der Solanidgehalt im unteren Teil noch niedriger als bei Pflanze 7, in der Mitte ist er höher und entspricht etwa dem im unteren Teil von Pflanze 7. In der Spitzenregion ist wieder im Vergleich zum unteren und mittleren Teil der Pflanze ein sehr hoher Solanidgehalt zu konstatieren. Auch nach unserer Methode bestätigt sich also die Feststellung (vgl. MOLISCH

Tabelle 6.  
Relativer Solanidgehalt der Blätter in verschiedenen Regionen von Tomaten-Einzelpflanzen, ermittelt aus der durchschnittlichen relativen Länge des Hauptastes der Keimschläuche in gleich konzentrierten Blattdekokten (pro Gramm Blattmasse 50 ccm Wasser).

Beobachtung nach 18 Stunden.

	Unten	Mitte	Spitze	Durchschnitt
Pflanze 7..	75% 1,9	100% 2,8	7,5% 1,0	60,8% 1,9
Pflanze 8..	100% 7,3	75% 2,8	3,8% 0,8	59,6% 3,4

1923), daß der Alkaloidgehalt nach den Vegetationspunkten hin zunimmt.

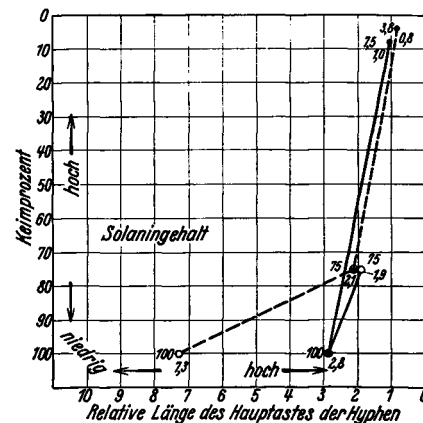


Abb. 9. Darstellung der Unterschiede des Solanidgehaltes in verschiedenen Regionen zweier Tomatenpflanzen, ermittelt aus Keimprozent der Sporen und Länge des Hauptastes der Hyphen in Blattdekokten (vgl. Tabelle 6). Ausgezogene Linie: Pflanze 7, gestrichelte Linie: Pflanze 8, ○ untere, ○ mittlere, ● obere Region der Pflanze.

#### Züchterische Schlußfolgerungen.

Die vorstehend beschriebene biologische Methode kann dazu benutzt werden, große Mengen an Einzelpflanzen auf relativ bequeme, zeitsparende und vor allem billige Weise auf ihren Solanidgehalt zu prüfen. Hat man die Selektion solaninärmer oder solaninfreier Typen im Auge, so wird man bei jeder Versuchsreihe eine Keimprobe etwa des solaninfreien Tabakblätterdekoktes als Standard einschalten. Praktisch solaninfreie Dekokte müßten sich dann diesem Standard in ihrem Einfluß auf Keimprozent, Hyphenlänge und Verzweigungsintensität sehr stark annähern, also weitgehend dem W-Typus entsprechen.

Vom Müncheberger Tomatensortiment wurden über 100 Sorten mit Hilfe unserer Methode auf ihren Solanidgehalt geprüft. Es wurden von je



8 Pflanzen einer Sorte aus der Spitzenregion Blätter gepflückt, durcheinander gemischt und daraus Dekokte von der Konzentration 50ccm Wasser auf je 1 Gramm Blattsubstanz hergestellt. Es wurden auch hier Unterschiede im Keimprozent und in der Hyphenlänge festgestellt. Der W-Typus der Hyphen oder diesem sehr stark angenäherte Hyphenformen konnten bei keinem der geprüften Dekokte festgestellt werden. Da die Dekokte relativ stark konzentriert waren und die Blätter aus der Spitzenregion der Pflanzen stammten, hätte man aus dem Auftreten des W-Typus mit größter Sicherheit auf das Fehlen des Alkaloids schließen können.

Wir sind davon entfernt, unserer Methode eine direkte praktisch-züchterische Bedeutung beizumessen. Die Züchtung von Tomaten oder Kartoffeln hätte wohl kaum einen Sinn. Ein derartiges Zuchtziel käme höchstens einmal in Frage, wenn der Anbau irgendwelcher Solaneen als Futterpflanzen wegen bestimmter dafür wünschenswerter Eigenschaften lohnen würde. Dagegen könnte unsere Solaninmethode recht gut im Dienste der Toxikologie verwendet werden, vor allem deshalb, weil sie sehr kleine Mengen des Alkaloids angibt. Es gibt bisher nur wenige Methoden, bei denen Mikroorganismen als Indikatoren für bestimmte chemische Körper Anwendung finden. Am bekanntesten in dieser Hinsicht ist die ENGELMANNsche Bakterienmethode zum Nachweis geringer Mengen von freiem Sauerstoff. Hier zu erwähnen ist auch die Erscheinung, daß manche Bakterien und Pilze nur bestimmte optisch aktive Stoffe verwerten können und man dieses Wahlvermögen als Reagenz z. B. auf d- und l-Formen stereoisomerer Körper benutzen kann. In diesem Zusammenhang kann ferner hingewiesen werden auf die „Aspergillusmethode“ zur Bestimmung des Düngungsbedürfnisses von Böden sowie auf die Verwendung von *Azotobacter chroococcum* bei der Prüfung der Bodenqualität.

Zur Stützung des Nachweises der Spezifität der Solaninwirkung auf die Hyphengestalt von *Cladosporium fulvum* wurden von SCHMIDT (1933) auch Tastversuche mit anderen chemischen Verbindungen angestellt. Diese ergaben, daß keiner dieser Stoffe, darunter auch die Alkaloide Berberin, Chelidonin, Atropin und Nicotin, die morphogene Wirkung des Solanins ausübt. Wir haben dann auch Dekokte von Melilotus, der Cumarin enthält, und von bitterstofflosen und bitteren Lupinen geprüft; es wurden in jedem Falle Hyphen des W-Typus ausgebildet. Es wäre natürlich denkbar, daß es doch noch Pflanzenstoffe gibt, die in irgend

einer Weise gestaltverändernd auf die Hyphen von *Cladosporium fulvum* einwirken. Ebenso wäre die Möglichkeit denkbar, daß andere Pilze auf besondere Stoffe des Pflanzenkörpers in ähnlicher Weise reagieren, wie *Cladosporium* auf Solanin. Aber nicht nur Pilze, auch Bakterien oder niedere Tiere, vor allem Protozoen, könnten spezifische Reaktionen morphologischer oder physiologischer Art gegenüber pflanzlichen Stoffen aufweisen. Hier sei auf einen von O. MANGOLD angestellten Versuch hingewiesen (nach brieflicher Mitteilung). Im Anschluß an Untersuchungen über den chemischen Sinn des Regenwurms (MANGOLD 1931) wurde die Reaktion dieses Tieres auf bittere und bitterstofflose Lupinen zahlenmäßig festgestellt. Es zeigte sich, daß bei Darbietung von Blattbrei der bitteren Lupine diesem gegenüber reine Gelatine bevorzugt wurde, bei der süßen Lupine jedoch der Blattbrei gegenüber reiner Gelatine.

Für züchterische Zwecke müßten biologische Reaktionen auf Pflanzenstoffe quantitative Unterschiede anzeigen. Für die Selektion von Einzelpflanzen, die praktisch frei von unerwünschten Stoffen sind, würde eine „Alles-oder-Nichts-Reaktion“ des biologischen Indikators genügen. Bei der Auslese von Typen, deren Gehalt an einem erwünschten Stoff maximal gesteigert sein soll, müssen quantitativ faßbare Unterschiede in der Reaktion des Indikators bestimmte relative Mengenverhältnisse des betreffenden Stoffes erkennen lassen. Auf die Möglichkeiten für die züchterische Methodik, die sich in der Verwendung von Mikroorganismen für Selektionszwecke bieten könnten, möchten wir besonders hingewiesen haben. Hier ist noch ein weites Feld, vor allem für die Futterpflanzenzüchtung. Es gibt eine große Zahl von Pflanzenarten, die trotz außerordentlich reicher Produktion von Grünmasse für Futterzwecke nicht zu verwenden sind, weil sie giftige oder übel schmeckende Stoffe enthalten. Für die Auslese von Individuen, die frei davon sind, wäre eine schnelle und bequeme biologische Methode von großem Wert.

#### Zusammenfassung.

Die auf Agarnährböden gebildeten Sporen des Pilzes *Cladosporium fulvum* und die daraus hervorgehenden Keimschläuche werden von dem in vielen Solanum-Arten enthaltenen Glucoalkaloid Solanin in besonderer Weise beeinflusst. In starken Solaninlösungen sowie in konzentrierten Dekokten solaninhaltiger Pflanzenteile erfolgt keine Keimung der Sporen. Bei schwacher Solaninkonzentration tritt Keimung ein,

jedoch werden nicht, wie in solaninfreien Medien, lange, schmale, wenig verzweigte Keimschläuche gebildet, sondern kurze, dicke, stark verzweigte Hyphen von „knorriger“ Gestalt. Mit abnehmender Konzentration eines solaninhaltigen Dekoktes steigt das Keimprozent der Sporen, und gleichzeitig erfolgt mit zunehmender Verdünnung ein allmählicher Übergang vom kurzen, verzweigten, knorrigen zum langen, geraden, wenig verzweigten Hyphentypus. Jede Hyphenlänge zeigt eine bestimmte Verdünnung und somit eine bestimmte Solaninkonzentration an.

Darauf begründet sich eine Methode zur Bestimmung des relativen Solaningehaltes von Pflanzenteilen durch den Vergleich des Einflusses gleich konzentrierter Dekokte aus dem zu untersuchenden Material auf (1.) das Keimprozent der Sporen, (2.) die Länge der Keimschläuche von *Cladosporium fulvum*. Hohe Keimprozent und lange Keimschläuche zeigen einen geringen Solaningehalt an, niedrige Keimprozent und kurze Keimschläuche eine hohe Solaninkonzentration.

Mit Hilfe dieser biologischen Methode wurde der Solaningehalt von Blättern und Früchten einer größeren Anzahl von Solanaceen bestimmt. Dabei wurden mehr oder weniger große Unterschiede im Solaningehalt in den einzelnen Organen und verschiedenen Solanum-Arten untereinander festgestellt.

Die Prüfung der Blätter von über 100 Tomatensorten ergab, daß alle diese Sorten relativ solaninreich sind. Die Untersuchung von Blatt-

material aus verschiedenen Regionen einzelner Tomatenpflanzen bestätigte die auch von anderer Seite gemachte Feststellung, daß der Alkaloidgehalt nach der Spitzenregion hin zunimmt.

Aus der Reaktionsfähigkeit des *Cladosporium fulvum* gegen verschiedene Solaninkonzentrationen ergeben sich auf ähnliche Erscheinungen gegründete Möglichkeiten für die Selektionstechnik bei der züchterischen Bearbeitung von Pflanzen mit unerwünschten oder erwünschten Stoffen.

#### Literatur.

AGERBERG, L. S., M. SCHMIDT u. R. v. SENGBUSCH: Zur Entwicklungsphysiologie von *Cladosporium fulvum* und über die Widerstandsfähigkeit von *Solanum racemigerum* gegen diesen Parasiten. II. Gartenbauwissenschaft 8, 2. Im Druck.

AGERBERG, L. S., M. SCHMIDT u. R. v. SENGBUSCH: Der Einfluß künstlicher Kultur auf das Verhalten der Konidien von *Cladosporium fulvum*. Kurze Mitteilung. Planta 21, 3. Im Druck.

CZAPEK, F.: Biochemie der Pflanzen, 3. Aufl., Bd. 3. Jena 1925.

HEGL, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. V, 4.

MANGOLD, O.: Über den chemischen Sinn des Regenwurms. Naturwiss. 19, 35 (1931).

MOLISCH, H.: Mikrochemie der Pflanze, 3. Aufl. Jena 1923.

SCHMIDT, M.: Zur Entwicklungsphysiologie von *Cladosporium fulvum* und über die Widerstandsfähigkeit von *Solanum racemigerum* gegen diesen Parasiten. Planta 20, 3 (1933).

WIESNER, J. v.: Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 4. Aufl., 2. Bd. Leipzig 1928.