

Zur Mosaikkrankheit des Tabaks

von

Dr. J. A. LODEWIJKS Jr.
Klaten (Java).

EINLEITUNG.

Von einigen Autoren ¹⁾ ist behauptet worden, die Mosaikkrankheit sei unheilbar. Dennoch findet man dann und wann in der Litteratur Angaben, die auf die Möglichkeit einer Heilung hindeuten.

Hunger (IV 22) z. B. schreibt:

„Het verloop der Mozaiek-ziekte, welke bij verdere ontwikkeling van het aangetaste individu aan reductie onderhevig is, en zelfs geheel en al geëlimineerd kan worden... u. s. w.“

Damit im Einklang sind die Beobachtungen Hjalmar Jensens' (443), welcher fand, dass (in den Vorstenlanden wenigstens) auf kräftigen Pflanzen man häufig sieht „dass die Mosaikkrankheit der jungen Blätter bei deren Auswachsen überwunden wird und beinahe gänzlich verschwindet“. ²⁾ Eine gleiche Beobachtung hat auch Iwanowski ³⁾ gemacht.

1) Hunger I. 95. Pirazolli Francesca Male della bolla e del mosaico, nach Delacroix 191. Delacroix 165. u. a.

2) Ziemlich eigentümlich schreibt Delacroix (192): „Hjalmar Jensen s'occupe spécialement des indications du traitement de la maladie; mais de la manière dont il parle de celle-ci il ne semble pas qu'il s'occupe de la mosaïque vraie car, dit-il, la maladie disparaît peu à peu à mesure que les jeunes feuilles se montrent“.

3) Nach Delacroix 165.

Eine Heilung der Krankheit auf experimentellem Wege ist nur von Heintzel versucht worden. Aus seinen Verdunkelungsversuchen geht hervor,¹⁾ dass wenn die Chlorophyllbildung unterdrückt, beziehungsweise gehemmt wird, sich keine Mosaikkrankheit bildet, beziehungsweise dieselbe zurückgeht.

Seine Folgerungen sind aber bisher noch nicht bestätigt worden; wohl aber haben einige Forscher wie Hunger (V 62 u. f.) Woods (I. 23) u. s. w. beobachtet, dass Beschattung das Auftreten oder die Ausbreitung der Krankheit hemmt. Ersterer sieht darin eine Bestätigung seiner Theorie, welche sagt, dass „unter dem Einflusse stärker äusserer Reize in der lebenden Pflanzenzelle gewisse Stoffwechselprodukte auftreten können, welche für die physiologische Wirkung der Zellsubstanz schädlich sind.“ (id. III. 416).

„Das Virus der Mosaikkrankheit betrachte ich als ein Toxin“ schreibt er weiter, „welches in der Tabakspflanze stets beim Stoffwechsel in den Zellen ausgeschieden wird, aber in normalen Fällen keine Wirkung ausübt, während es sich bei zu stark gesteigertem Stoffwechsel anhäuft und dann Störungen verursacht wie die der mosaikartigen Buntblättrigkeit. Aus der Tatsache, dass das Krankheitsagens durch sog. Diffusionshüllen von Pergamentpapier zu diffundieren vermag, schliesse ich, dass es auch von Zelle zu Zelle übertragbar ist.“

„Ferner schreibe ich dem Virus der Mosaikkrankheit eine Eigenschaft zu, für die bis jetzt kein Analogon in der Biologie bekannt ist; doch macht der Verlauf der Krankheit sie wahrscheinlich. Ich nehme an, „dass das Phytotoxin der Mosaikkrankheit, welches primär durch äussere Reize produziert wird, fähig ist, beim Eindringen

1) Nach Hunger IV 18.

in normale Zellen eine physiologische Kontaktwirkung auszuüben mit dem Erfolg, dass sich dort sekundär dasselbe Toxin bildet, mit andern Worten: das Mosaikkrankheits-Toxin besitzt die Eigenschaft physiologisch autokatalytisch zu wirken".

Zu einer gleichen Theorie kommt auch Erwin Baur (I) über die infectiöse Panaschierung (wozu er auch die Mosaikkrankheit rechnet) (II. 12) welche Theorie er später (II. 17) nicht im wesentlichen ändert. Zwar lehnt Hunger (IV. 20) eine Identität der Mosaikkrankheit und der infectiösen Chlorose ab, aber wenn sie eine ähnliche Ursache haben, so ist doch wahrscheinlich, dass sie in derselben Weise zu heilen sind, worauf schon die Versuche Heintzel's¹⁾ hinweisen.

Darüber grössere Klarheit zu gewinnen wurden 1908 eine Reihe Feldversuche von mir angestellt, welche dieses Jahr auf anderem Boden und unter anderen klimatologischen Verhältnissen theils nachgeprüft, theils erweitert worden sind. Ausser mit Vorstenlanden-Tabak wurde mit Deli- und mit Manilla-Tabak experimentiert, und immer mit gleichem Erfolg.

Versuche.

1. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurden sämtliche Blätter, so weit wie möglich, und die drei sich zuerst entwickelnden neuen Blätter entfernt.

ERGEBNIS: Alle neuentstehenden Blätter sowie die sich nachträglich entwickelnden Seitensprosse sind ebenso krank als die Pflanze vorher war.

2. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurde der obere Teil des Stengels mit den kranken und einigen gesunden Blättern abgeschnitten.

1) Nach Hunger IV 18.

ERGEBNIS: Die sich entwickelnden Seitensprosse sind krank wie die Pflanze vorher. Zwar wurde ziemlich häufig beobachtet, dass der untere Seitenspross und dann und wann auch der nächstuntere nicht krank war, aber das sieht man hier oft auch bei den kranken unverletzten Pflanzen.

Beide Versuche bestätigen dass, wie bekannt, schon die ruhenden Knospen infiziert sein können.

3. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurden die kranken Blätter soviel wie möglich entfernt. Dann wurde den Pflanzen eine schwarze Hülle aufgesetzt. Diese Hüllen waren aus dichtem schwarzem Tuch hergestellt, zylindrisch, und mit Bambusringen versehen. Unten wurden sie mittels eines Schiebseiles verschlossen, während sie am oberen, verschlossenen Teile an einem Bambus aufgehängt wurden, wodurch die Stengelspitze nicht mit der Hülle in Berührung kam.

ERGEBNIS: Als nach etwa einer Woche die Hüllen entfernt wurden, war der verdunkelte Teil völlig etioliert. Die neu entstandenen, gelben Blättchen ergrüneten nach einigen Tagen. Auf den älteren dieser waren noch einige kleine weisslich-grüne Fleckchen, die jüngeren dagegen wurden rein grün. Die nachträglich sich entwickelnden Blätter waren aber wieder völlig krank, wenn wenigstens die älteren neuen Blättchen nicht sofort abgeschnitten wurden. In letzterem Falle blieb die Pflanze gesund.

4. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurde der obere Teil des Stengels mit den kranken Blättern von einer schwarzen Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Wie im vorigen Versuche.

5. Von einigen schwer kranken Pflanzen wurden sämt-

liche Blätter so weit wie möglich entfernt; dann wurde die ganze Pflanze in eine schwarze Hülle gesteckt.

ERGEBNIS: Als nach etwa einer Woche die Hüllen abgenommen wurden, hatten sich nur einzelne Blättchen entwickelt, welche völlig etioliert waren. Als sie nach einigen Tagen ergrüneten, zeigten sich auf allen weisslich-grüne Flecken, sie waren also krank, wie auch alle sich nachträglich entwickelnden Blätter.

6. Einige schwer kranke Pflanzen wurden ganz mit einer schwarzen Hülle bedeckt. Als nach zehn Tagen die Hüllen abgenommen waren, wurden sofort sämtliche Blätter entfernt.

ERGEBNIS: Alle neu entstehenden Blätter sind mosaikkrank.

Die Anordnung dieser Versuche ist der der Versuche Bauer's (II, 19) annähernd gleich. Zwar ist eine Überführung in gedämpftes Tageslicht unterlassen worden, aber Vorversuche brachten ans Licht, dass mit oder ohne eine solche Überführung die gleichen Resultate erzielt wurden.

Dennoch stimmen nur die Ergebnisse des dritten und vierten Versuches mit denjenigen Baur's überein. Zwar findet man beim Tabak keine eigentliche Terminalknospe, so dass alle Übergänge vom erwachsenen Blatte bis zur jüngsten Blattanlage zu gleicher Zeit gefunden werden und folglich Infection und Virusbildung weit weniger periodisch statt haben werden, als bei Pflanzen mit deutlicher Terminalknospe der Fall ist. Wenn die Behauptung Wood's (I, 11) wahr ist, dass: „The conditions which cause the disease are certainly only effective when acting on meristematic or dividing cells“, (und niemals habe ich das Krankwerden eines schon etwas ausgewachsenen gesunden Blattes beobachtet) so sind die Ergebnisse des ersten, fünften und sechsten Versuches leicht ver-

ständig, denn alle neu entwickelten Blätter waren schon infiziert vor dem Anfange des Versuches.

Sie stehen also mit denjenigen Baur's weder in Widerspruch, noch können sie diese bestätigen.

Desto eigentümlicher wird dadurch aber die Übereinstimmung der Ergebnisse des dritten und vierten Versuches mit den Baur'schen Resultaten, denn von den neuen gesunden Blättern waren wenigstens einige vor dem Anfange des Versuches als Anlage schon infiziert.

Im günstigsten Falle wurde aber die Pflanze nur geheilt, indem sie sämtliche kranke Blätter verlor, also auf operativem Wege. Weil aber ohne einen solchen Verlust die Pflanzen sich ganz wiederherstellen können (Hunger IV, 22), war es wünschenswert nachzuforschen, welche Momente diese Wiederherstellung der kranken Blätter bedingen. Die Litteratur giebt keine Antwort auf diese Frage.¹⁾ Zwar ist bekannt, dass panachierte Pflanzen im Schatten ergrünen können, aber über das Ergrünen panachierter Blätter bestehen nur einzelne Angaben, welche jedoch für unseren Zweck nicht zu gebrauchen sind.²⁾

Weil aus den Arbeiten Hunger's (V 62 u. f.) hervor geht, dass Beschattung die Mosaikkrankheit nicht zu heilen vermag, wurde versucht, was mit farbigem Lichte zu erreichen war, wiewohl, wie ich erst nachher gewahr wurde, schon Baur (III) gefunden hatte, dass die Virus-erzeugung in blaugrünem wie in gelbrotem Lichte stattfindet.

Zu diesem Zwecke wurden Hüllen angefertigt, ebenso eingerichtet wie die oben beschriebenen schwarzen, jedoch

1) Leider habe ich die Arbeit Heintzel's nicht bekommen können, sodass ich nicht weiss, ob und wie er diese Frage beantwortet hat.

2) Vergl. Timpe, 68.

von dichtem weissem und von durchsichtigem dünnem, rotem und dunkelblauem Tuche (beide letzteren etwa wie Fahmentuch). Das durchfallende Licht war also alles weniger als monochromatisches, was jedoch auf die Versuche keinen schädlichen Einfluss hatte.

7. Einige schwer mosaikkranke Pflanzen wurden in eine weisse Hülle ganz eingesteckt.

ERGEBNIS: Nach einem Monat waren die Pflanzen krank wie vorher.

8. Einige schwer mosaikkranke Pflanzen wurden in eine rote Hülle ganz eingesteckt.

ERGEBNIS: Wie im vorigen Versuche.

9. Einige schwer mosaikkranke Pflanzen wurden in eine blaue Hülle ganz eingesteckt.

ERGEBNIS: Wie im vorigen Versuche.

10. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurden sämtliche Blätter entfernt, dann wurden die Pflanzen mit einer weissen Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Sämtliche neue Blätter waren schwer mosaikkranke.

11. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurden sämtliche Blätter entfernt, dann wurden die Pflanzen mit einer roten Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Wie im vorigen Versuche.

12. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurden sämtliche Blätter entfernt, dann wurden die Pflanzen mit einer blauen Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Wie im vorigen Versuche.

Diese Versuche bestätigen also durchaus die Beobachtung Baur's, dass die Viruserzeugung in beiden Teilen des Spektrums vor sich geht. Auch geht aus ihnen hervor, dass Herabsetzung der Lichtintensität die Krankheit weder hemmt noch heilt. Ganz unerwartet war also das Resultat folgender Versuche:

13. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurde der obere Teil des Stengels mit den kranken Blättern mit einer weissen Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Nach einem Monat waren die Pflanzen noch krank, vielleicht etwas weniger als vorher.

14. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurde der obere Teil des Stengels mit den kranken Blättern mit einer roten Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Nach einem Monat waren die kranken Blätter weit weniger krank, die scharfen Konturen der dunkelgrünen Flecken verschwanden nach und nach, indem sie sich allmählich ausbreiteten. Die neuen Blättchen hatten nur vereinzelte weisslich-grüne Flecken, die jüngeren waren rein grün. Die Pflanzen erholten sich aber auch bei längerem Aufenthalt in der Hülle niemals ganz. Dem hellen Tageslichte ausgesetzt, hörte dieser Prozess sofort auf, die sich nachher entwickelnden neuen Blätter waren wieder völlig krank.

15. Von einigen schwer mosaikkranken Pflanzen wurde der obere Teil des Stengels mit den kranken Blättern mit einer blauen Hülle bedeckt.

ERGEBNIS: Nach etwa fünfzehn Tagen waren alle Blätter, ältere sowie neue rein grün; auch die meisten der nachher sich entwickelnden Seitensprosse. In weitaus den meisten Fällen blieb die geheilte Pflanze im weiteren

Verlauf ihrer Entwicklung nach Entfernung der Hülle gesund. ¹⁾

16. Von der Hälfte der Pflanzen des 14^{ten} Versuches wurde nach einem Monat die rote Hülle abgenommen und statt dieser eine blaue Hülle aufgesetzt.

ERGEBNIS: Nach 5 Tagen hatten alle diese Pflanzen sich völlig erholt.

Im Anfang war noch einiger Zweifel, ob die blaue Farbe auf chemischem Wege vielleicht die Wiederherstellung herbeiführe, denn der Farbstoff zeigte sich in Wasser löslich, so dass, wenn es regnete, eine concentrirte Farbstofflösung am Stengel hinunter auf die Wurzeln träufelte. Zwar waren später, ob es geregnet hatte oder nicht, die Ergebnisse immer die gleichen, dennoch wurde folgender Versuch angestellt.

17. Es wurde eine concentrirte Farbstofflösung angefertigt. Mit dieser Lösung wurden benetzt:

- a. einige Pflanzen wie im neunten Versuche.
- b. einige Pflanzen wie im fünfzehnten Versuche.
- c. einige unverhüllte Pflanzen.

Zur kontrolle dienten:

- d. einige unbenetzte Pflanzen wie im neunten Versuche.
- e. einige unbenetzte Pflanzen wie im fünfzehnten Versuche.

Während der ganzen Dauer des Versuches gab es keinen Regen.

ERGEBNIS: Nach einem halben Monat waren die Pflanzen sub b und e völlig wiederhergestellt. Die übrigen Pflanzen waren krank wie zuvor.

1) Dieser Versuch, sowie der vorige wurde mit 20 Pflanzen angestellt, immer mit dem gleichen Resultat.

Es zeigte sich also, dass die Heilung nicht auf chemischem Wege vor sich ging. Auch Temperaturunterschiede kommen, wie nachgeprüft wurde, für das abweichende Betragen der Pflanzen unter den verschieden gefärbten Hüllen nicht in Betracht und weil alle übrigen äusseren Umstände für die Pflanzen ganz gleich waren, ausser der Farbe des Lichtes, folgt aus obenstehenden Versuchen:

In bläulichem Lichte, und unter Voraussetzung dass die gesunden Blätter ungestört assimilieren können, wird eine völlige Wiederherstellung der mosaikkranken Pflanzen herbeigeführt.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Die Mosaikkrankheit wird durch herabgesetzte Lichtintensität weder in ihrer Ausbreitung gehemmt, noch geheilt.
2. Weder Verdunkelung noch farbiges Licht haben eine merkbare Wirkung auf die Mosaikkrankheit, wenn die gesunden Blätter nicht in ungeschwächtem Tageslichte assimilieren können.
3. Unter letzterer Bedingung hat Verdunkelung eine Hemmung, rötliches Licht einen Rückgang, bläuliches Licht eine Heilung der Krankheit zur Folge.

THEORETISCHES.

In der Einleitung wurde vorausgesetzt, dass der Krankheitserzeuger ein Virus sei. Aber bei weitem nicht alle Autoren sind damit einverstanden; in den zusammenfassenden Arbeiten Delacroix's und Hunger's (IV) ist eine Reihe Forscher erwähnt, welche die Mosaikkrankheit als eine Bakterienkrankheit erklärt haben: viele von ihnen haben jedoch niemals eine spezifische Bakterie gefunden, und diejenigen, die Bakterien gesehen haben wollen, sind entweder widerlegt worden (vergl. Hunger IV 14), oder sind später von ihrer Angabe zurückgekommen (Koning 81). Der bakterielle Ursprung der Mosaikkrankheit ist also sehr unwahrscheinlich.

Die anderen Forscher versuchen die Krankheit als von rein physiologischen Ursachen herstammend zu erklären. Hier sind wieder zwei Theorien: die Wood'sche und die von Baur und Hunger, während Beijerinck's Hypothese das Bindeglied zwischen den bakteriellen und den physiologischen Theorien bildet.

Woods (II), und mit ihm Heintzel, meint dass die Krankheit von einem Übermass oder einer Steigerung der Aktivität oxydierender Enzyme hervorgerufen und von diesen verbreitet werde.

Dass tatsächlich in den kranken Blättern mehr oxydierende Enzyme seien als in den gesunden ist aber, wie Hunger (I, 76) gezeigt hat, nicht bewiesen und, wie ich glaube, schwer beweisbar, solange keine quantitative Reaction auf diese Enzyme gefunden worden ist.¹⁾ Wohl aber ist ihre Wirksamkeit gesteigert, weil die mosaikkranken Blätter weniger reduzierende Stoffe enthalten.

1) Vergl. Betting M. Over oxydase en peroxydase in de Tabak. Mededeelingen van het Algemeen-Proefstation op Java. II^{de} Serie. N^o. 27.

Von den Krankheitserscheinungen ist neben der weisslichgrünen Farbe der kranken Blattteile, die gehemmte Zersetzung der Stärke in diesen Teilen am auffälligsten. Die erstere wäre eine Folge der chlorophyllzerstörenden Wirkung dieser Enzyme (Woods I), während die zweite verursacht werden sollte durch eine hemmende Wirkung der oxydierenden Enzyme auf die Diastasetätigkeit (Woods II, 11). Hunger (I, 80) aber hat gezeigt, dass wahrscheinlich die angeblich verzögernde Wirkung der oxydierenden Enzyme dem Gerbstoffgehalte der Lösungen zugeschrieben werden muss. Mir kommt es jedoch vor, dass weder die Versuche Wood's, noch die Erwiderung Hunger's beweisend seien, denn es sollte gezeigt werden, dass die Wirkung der Diastase des Tabaks gehemmt oder aufgehoben wird, und gerade das ist von beiden Forschern unterlassen worden.¹⁾ Die Wirkung der oxydierenden Enzyme der Tabaksblätter auf die Diastase der nämlichen Pflanzenteile mag zwar dieselbe sein wie auf jede andere Diastase; aber dass das nicht vorher zu sagen ist, zeigen die Versuche E. Eisenberg's, aus denen hervor geht, dass wichtige Unterschiede bestehen zwischen Sekretions- und Translokations-diastase, wie z. B. in ihrer Zersetzungs-fähigkeit bei Anwesenheit kleiner Säuremengen.

In Bezug auf die infectiöse Wirkung der oxydierenden Enzyme hat Woods keine besonderen Versuche angestellt, denn die mitgeteilten Versuche (II, 16) haben nur Beziehung auf die infectiöse Natur der Krankheit überhaupt. Dagegen lehnen mehrere Autoren die Möglichkeit einer derartigen Fähigkeit der Enzyme entschieden ab (Delacroix 177, Hunger I, 81 u. s. w), während Delacroix (194) sogar schreibt:

„Bien que le résultat de mes expériences ait été nég-

1) Wenn wenigstens die „taka diastase“ Woods' nicht identisch ist mit „l'amylase du tabac“ wie Delacroix (176) schreibt.

tif au point de vue de l'infection — et elles concordent à ce point de vue avec celles de Sturgis — je n'ai pas la prétention de trancher la question de la possibilité de production de la maladie par une infection artificielle directe, en la niant. Beaucoup d'auteurs ont en effet réussi de l'obtenir. Mais ne peut-on penser également que s'étant placés dans les meilleures conditions pour que la maladie prenne naissance, cette maladie est apparue spontanément; qu'en un mot elle se serait produite sans leur intervention, sans l'apport d'un matériel infectieux sur la plante paraissant encore saine."

Aus Obengesagtem geht hervor, dass weder bewiesen ist, dass in den mosaikkranken Blättern ein Übermass oxydierender Enzyme bestehe, noch dass die Krankheitsercheinungen von diesen Enzymen bedingt werden, noch dass diese Enzyme andere Pflanzen zu infizieren vermögen; dass aber das Gegenteil der beiden ersten Sätze zwar wahrscheinlich, jedoch ebensowenig nachgewiesen worden ist als der dritte. Nur die Möglichkeit einer gesteigerten Wirkung der oxydierenden Enzyme wird nicht angezweifelt; dennoch ist die Woods'sche Theorie eine reine Hypothese, die noch immer entweder bestätigt oder widerlegt werden muss. Weil aber die Bedingungen der Entstehung der oxydierenden Enzyme noch ziemlich unbekannt sind ¹⁾ und trotz der schönen Arbeiten Palladin's (z. B. II) und Anderer über ihre Tätigkeit noch Vieles nachzuforschen übrig bleibt, ist ein Erklärungsversuch meiner Experimente im Hinblick auf die Woods'sche Theorie unmöglich.

Bleibt also die Baur-Hunger'sche Theorie, welche wie Delacroix (189) bemerkt „se rapproche assez de celle de Beijerinck“, wider welche jedoch nicht die Einwände

1) Vergl. z. B. Woods II. 18 und Palladin I.

erhoben werden können als wider letztere. Zwar schreibt Delacroix (190): „Je considère cette théorie, toute séduisante qu'elle puisse être, doit rester une hypothèse, tant que l'auteur n'aura pu isoler chimiquement cette toxine et réaliser la maladie en l'inoculant aux tissus vivants du tabac“, aber das gilt ja auch für die tierischen Toxine (de Bary-Migula 119) an deren Bestehen jedoch kaum jemand zweifelt. Von der Woods'schen Hypothese unterscheidet sich diese Theorie nur in sofern, dass erstere bestimmte Enzyme als die Krankheitserreger ansieht während letztere von einem noch unbestimmten Virus spricht, dessen Existenz durch Impfversuche wahrscheinlich gemacht worden ist ¹⁾. Über das Betragen dieses Virus bei panaschierten Pflanzen spricht Baur (II 19) folgende Vermutung aus: „In den bunten Pflanzen entsteht das Virus, das verursacht, dass alle neu entwickelten Blätter gelbfleckig werden, nur im Lichte, und zwar nur in bunten Blättern. In jeder gelbfleckigen Pflanze ist stets nur eine begrenzte Menge des Virus vorhanden, nur soviel ungefähr, als genügt um etwa 2 bis 3 neu entstehende Blätter bunt zu machen. Diese in der Pflanze vorhandene Virusmenge wird bei der Bildung der neuen Blätter in irgend einer Weise aufgebraucht, so dass alle weiteren neuen Blätter grün gebildet werden, wenn man nur dafür sorgt, dass kein neues Virus produziert werden kann“.

Ob bei der Mosaikkrankheit die Verhältnisse gleich sind, folgt aus obigen Versuchen nicht, wohl aber dass der Krankheitsagens in den kranken Blättern gebildet wird. ²⁾ Jedenfalls geht aus den Versuchen hervor, dass die Heilung

1) Unverständlich ist mir die Folgerung Sorauer's (678): „Wir brauchen also gar nicht die Annahme eines Virus,“ denn m. E. ist die infectiöse Natur der Mosaikkrankheit und der übertragbaren Panaschierung nicht von einer „abnormen Stoffbewegung“ ohne weiteres zu erklären.

2) Versuche 3 u. 4.

der Krankheit nicht dadurch herbeigeführt wird, dass die vorhandene Virusmenge ohne weiteres aufgebraucht würde; die Verhältnisse sind bei der Mosaikkrankheit nicht so einfach.

Wie schon erwähnt, sind die am meisten hervortretenden Krankheitserscheinungen die weisslich-grünen Flecken auf den Blattspreiten und die Speicherung der Stärke in diesen Teilen, während die weiteren Symptome, wie: geringere Menge organischer Säure, reduzierenden Zuckers, Gerbstoffe und coagulierbarer Albumine (Hunger I 73, Loew 11 u. 25) und die anatomischen Veränderungen (Delacroix 166 u. -a.) aus diesen ersten zwei Erscheinungen hervorgehen (Loew 25). Welche dieser beiden die primäre und welche die sekundäre wäre, ist nicht sichergestellt. Woods (II. 11) wenigstens schreibt: „That the disease is not primarily of the chloroplasts, as Beijerinck thought, is evident from the fact that in the less pronounced cases the chloroplasts, though fewer in number, are not decreased in size or activity. However, the starch which they make is . . . not readily converted into sugar, and hence is translocated with great difficulty. In some pronounced cases the chloroplasts are light colored, or are wholly without color. This condition, however, appears to be a result, rather than the primary cause of the diseased condition of the cells“.

Wie er aber sagt, ist die von den Chlorophyllkörnern gebildete Stärke in Bezug auf ihre Zersetzungsfähigkeit anormal und gerade das würde auf eine primäre Erkrankung der Chloroplaste hinweisen.

Wie dem auch sei, aus Obigem geht hervor, dass die Wirkung der Hüllen der des Virus mehr oder weniger entgegengesetzt sein muss, soll die Pflanze sich erholen, und zwar dass für eine totale Wiederherstellung folgende Prozesse wenigstens statt haben müssen:

- a. Wiederergrünen der kranken Chloroplaste.
- b. Gehemmte Bildung und gesteigerte Zersetzung der unverdaulichen Stärke.

Aus beiden folgt eine Wiederherstellung der normalen regulatorischen Vorgänge in den Zellen.

Wie schon erwähnt, ist die Wirkung der Hüllen eine Lichtwirkung, weil die rote und die blaue Hülle ausser in der Farbe, einander völlig gleich sind. Also ist die Frage: wie werden die beiden Prozesse resp. durch Verdunkelung, rotes und blaues Licht beeinflusst?

Bekanntlich wird gewöhnlich im Dunkeln kein Chlorophyll gebildet, jedenfalls nicht beim Tabak, wie aus den Versuchen hervorgeht. Über die Wirkung von verschieden gefärbtem Lichte sagt Pfeffer (318), dass in allen sichtbaren Strahlen des Spektrums das Ergrünen eintritt, dass aber den Strahlen zwischen B—D die maximale Wirkung zukommt, also in rotem Lichte etwas mehr als in blauem.

Die Assimilation sistiert im Dunkeln, jedoch braucht deswegen die Stärkebildung in den Blättern nicht aufgehoben zu sein, denn diese Bildung geht im Dunkeln wie im Lichte vor sich — wenn wenigstens den Stärkebildnern Zucker zugeführt wird. (Jost 127). Unter diesen Umständen wird aber die Lösung der Stärke beschleunigt. In rotem Lichte wird aber weder Assimilation noch Stärkebildung herabgesetzt, wohl aber in blauem Lichte, und zwar wird nicht nur die Assimilation gehemmt, sondern auch, nach Heinricher, die Stärkebildung.

Weil bei den Versuchen das gefärbte Licht gar kein monochromatisches war, wurde nachgeprüft, wie es stand um den Stärkegehalt der Blätter gesunder und kranker Pflanzen, deren oberer Teil mit einer roten, resp. blauen Hülle bedeckt worden war. Schon zwei Tage nach der Bedeckung ergab die Sachs'sche Jodprobe, dass diejenigen Blätter, die in den blauen Hüllen verweilt hatten — wie

zu erwarten — weit weniger stärkereich waren als diejenigen aus den roten Hüllen, wiewohl sie zu gleicher Zeit am Mittag geerntet worden waren. Weiter zeigte sich, dass zwar die mosaikkranken Blätter in blauem Lichte durchaus weniger Stärke enthielten als die in rotem Lichte, dass jedoch in den kranken Partien der Blätter eine grössere Menge war als in den gesunden Teilen und in den gesunden Blättern.

Im Dunkeln findet also keine Chlorophyllbildung statt, während die Assimilation gehemmt, die Lösung der Stärke aber gesteigert wird. Rotes Licht wirkt fördernd auf die Bildung des Chlorophylls, die Stärkebildung und -Zersetzung wird aber davon nicht beeinträchtigt. Blaues Licht endlich wirkt zwar in etwas geringerem Grade als rotes fördernd auf die Chlorophyllbildung, hemmt aber die Bildung der Stärke. Folglich ist die Wirkung der blauen Hüllen der des Virus am meisten entgegengesetzt. Wenn aber ein Unterschied zwischen den Pflanzen in den schwarzen und in den roten Hüllen besteht, wie aus den Versuchen hervorgeht, liegt die Vermutung nahe, dass die Mosaikkrankheit in erster Linie eine Chlorophyllkrankheit ist.

Wie es aber um die weissen Hüllen steht ist nicht genau zu sagen. Zwar hat Lubimenko (II) gezeigt, dass das Optimum für die Chlorophyllbildung unter der Intensität des hellen Tageslichtes liegt, jedoch auch das der Kohlensäureassimilation (Lubimenko I u. a.), aber bei abnehmender wie bei gesteigerter Lichtintensität gehen beide Prozesse zurück. Wahrscheinlich gingen Assimilation und Chlorophyllbildung unter den Versuchsbedingungen etwa eben so stark wie in hellem Tageslichte vor sich, denn der Aspekt der Pflanzen wurde äusserst wenig geändert.

Wie aus den Versuchen aber hervorgeht, genügt die Wirkung der Hüllen nicht ohne weiteres zur Hemmung,

resp. Heilung der Krankheit und aus den in der Einleitung schon erwähnten Tatsachen muss gefolgert werden, dass auch ohne Bedeckung die einzelnen Blätter und sogar die ganze Pflanze sich dann und wann erholen können. Das Hauptmoment der Heilung ist demzufolge nicht bei dieser Wirkung zu suchen, diese beschleunigt nur einen Prozess, der in der kranken Pflanze immer vor sich geht.

Aus den Tatsachen nämlich, dass es Tabakspflanzen giebt, die wider die Mosaikkrankheit immun sind (Hunger I 90 und die schon erwähnten erfolglosen Versuche Delacroix's), dass dann und wann die Pflanzen sich erholen können (Hunger IV 22), dass man häufig sieht, dass die kranken Blätter allmählig ergrünen (Jensen), dass weiter häufig die unteren Achselsprosse der mosaikkranken Pflanzen, wie ich mehrfach beobachtet habe, rein grün sind und endlich aus den Versuchen geht hervor, dass etwas in der Pflanze sich der Wirkung des Virus widersetzt.

Weil aber bei den Versuchen die Wiederherstellung der Pflanze nur vor sich geht unter der Bedingung, dass die gesunden Blätter nicht bedeckt sind, weil ferner auf dem freien Felde die Heilung der Blätter anciennitätsmässig statt hat, folgt, dass dieses Etwas in den gesunden Blättern bei ungehinderter Assimilation gebildet wird, oder dass seine Bildung vom hellen Tageslichte gesteigert wird.

Gewöhnlich bleibt seine Bildung gegen die des Virus weit zurück, denn unter normalen Umständen erholt sich die mosaikkranke Pflanze nur sehr selten ganz. Hemmung und Heilung der Krankheit werden also hervorgerufen, entweder durch herabgesetzte Bildung des Virus, während von dem Anti-virus die normalen Quantitäten entstehen, oder dadurch, dass zwar die Bildung des Virus wie gewöhnlich vor sich geht, die des Anti-Virus aber

gesteigert wird. Das letztere kann der Fall sein bei der spontanen Wiederherstellung, aber nicht bei der versuchsmässigen, denn es wäre unverständlich, warum hier eine Steigerung der Anti-virusbildung statt haben sollte. Der erstere Fall kann aber die künstlich hervorgerufene Heilung in allen Fällen erklären. Dass die ganz eingehüllten Pflanzen sich niemals erholten, muss dem Umstande zugeschrieben werden, dass zwar die Virusbildung herabgesetzt wird, jedoch auch die des Anti-Virus.

Weil aber in allen Fällen die Viruserzeugung herabgesetzt wird, ist es wahrscheinlich, dass in den Versuchen bei den verschiedenen Hüllen ein Umstand der gleiche ist, und zwar ist dieser die herabgesetzte Lichtintensität. Der graduelle Unterschied zwischen der Wirkung dieser Hüllen ist darin zu suchen, dass das blaue Licht durch nahezu ungeschwächte Chlorophyllbildung und herabgesetzte Assimilation sozusagen die Zellen am besten vorbereitet auf die Heilung, während der Unterschied zwischen den schwarzen und den roten Hüllen teilweise wenigstens der kürzeren Versuchsdauer mit den ersteren ¹⁾ zugeschrieben werden muss.

SCHLUSSFOLGERUNG.

Alle Versuche können also erklärt werden unter Voraussetzung, dass die Virusbildung mit der Intensität des Lichtes abnimmt, während in den gesunden Blättern durch die Wirkung des Virus ein Anti-Virus erzeugt wird, das der Wirkung des Virus entgegengesetzt ist. Das wäre also im Einklang mit den Erscheinungen der Immunität und Antitoxinebildung bei den Tieren (de Bary-Migula 123 u.f.)

1) Eine längere Dauer der Etiolierung schädigte die Pflanzen, deren Stengelspitze vertrocknete.

Hunger (III-416) meint jedoch, dass das Virus beim normalen Stoffwechsel entsteht, die Ursache der Mosaikkrankheit sei eine durch die äusseren Umstände hervorgerufene anormale Steigerung dieses Prozesses. Daraus würde aber folgen, dass das Anti-Virus ebenso beim normalen Stoffwechsel entsteht und dass auch diese Bildung durch äussere Umstände anormal gesteigert werden könnte, was die dann und wann vorkommende Immunität der Pflanzen erklären kann, und auch die Wiederherstellung der mosaikkranken Pflanzen auf dem freien Felde.

Folglich stelle ich, in Erweiterung der Bauer-Hunger'schen Theorie die folgende Hypothese:

Normal wird beim Stoffwechsel der Tabakpflanze ein Stoff gebildet der der Wirkung des ebenso normal vorkommenden Virus der Mosaikkrankheit entgegengesetzt ist, etwa weil er sich chemisch an diesen bindet.

Beide Bildungen, die des Virus sowie die des Anti-Virus können durch äussere Umstände gesteigert werden. Im ersteren Falle wird die Pflanze mosaikkrank, der letztere äussert sich in einer Immunität wider diese Krankheit. Hemmung, Rückgang und Heilung gehen vor sich, wenn die Virusbildung aufhört oder herabgesetzt wird, während die Erzeugung des Anti-Virus normal statt hat, oder gesteigert wird.

Juni 1909.

LITERATURVERZEICHNIS.

- DE BARIJ-MIGULA, Vorlesungen über Bakterien. Leipzig 1900.
- BAUR, ERWIN I. Zur Ätiologie der infectiösen Panaschierung. (Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. 1904, Bnd 22).
- " " II. Über die infectiöse Chlorose der Malvaceen. (Sitzungsber. der kön. Preuss. Ak. d. Wiss. 1906, I).
- " " III. Weitere Mitteilungen über die infectiöse Chlorose der Malvaceen und über einige analoge Erscheinungen bei *Ligustrum* und *Laburnum*. (Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. 1906, Bnd 24).
- DELACROIX, G. Recherches sur quelques maladies du tabac en France. (Ann. de l'instit. national agronomique. 2^e série. Tome V. Fascicule 1^{er}, 1906).
- EISENBERG, ELFRIEDE Beiträge zur Kenntnis der Entstehungsbedingungen diastatischer Enzyme in höheren Pflanzen. (Flora 1907, Bnd 97).
- HEINRICHER, E. Die Samenkeimung und das Licht. (Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. 1908, Bnd 26).
- HUNGER, F. W. T. I. De Mozaiekziekte bij Deli-Tabak. Mededeelingen uit 's Lands Plantentuin. LXIII, 1908.

- HUNGER, F. W. T. II. Physiologische onderzoeken over Deli-Tabak. Mededeelingen uit 's Lands Plantentuin. LXVI, 1903.
- „ „ III. Neue Theorie zur Ätiologie der Mozaikkrankheit des Tabaks. (Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. 190, (Bnd 23).
- „ „ IV. Onderzoekingen en beschouwingen over de Mozaikziekte der Tabakplant. Amsterdam, 1906.
- „ „ V. Proeve omtrent schaduw-cultuur. (Mededeelingen uitgaande van het Departement van Landbouw. 1907, N°. 3).
- JENSEN, HJALMAR Über die Bekämpfung der Mozaikkrankheit der Tabakpflanze. (Centralblatt für Bakteriologie u. s. w. Abteilung II. 1905, Bnd 15).
- JOST, LUDWIG Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena, 1908.
- KONING, C. J. Der Tabak. Amsterdam—Leipzig, 1900.
- LOEW, OSCAR Physiological studies of Connecticut Leaf Tobacco. (U. S. Department of Agriculture. N°. 65, 1900).
- LUBIMENKO, W. I. Über die Veränderungen im Trockengewicht der höheren Pflanzen bei verschiedenen Lichtintensitäten. (Naturwiss. Rundschau. 1908. Jahrg. 23. Ref. aus Comptes rendus. 1907. t. 145, p. 1191—1194).
- „ „ II. Beobachtungen über die Chlorophyllbildung in den höheren Pflanzen bei verschiedenen Lichtintensitäten. (Naturwiss. Rundschau. 1908. Jahrg.

23. Ref. aus Comptes rendus. 1907.
t. 145, p. 1347—1349).
- PALLADIN, W. I. Bildung der verschiedenen Atmungs-
enzyme in Abhängigkeit von dem
Entwicklungsstadium der Pflanzen.
(Berichte der Deutsch. Botan. Ge-
sellschaft. 1906, Bnd 24).
- " " II. Die Arbeit der Atmungsenzyme der
Pflanzen unter verschiedenen Ver-
hältnissen. (Zeitschrift für physiolo-
gische Chemie. 1906, Bnd. 47).
- PFEFFER, W. Pflanzenphysiologie I. Leipzig, 1897.
- SORAUER, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten. I.
Berlin, 1909.
- WOODS, A. I. The destruction of Chlorophyll by
oxidizing enzymes. (Centralblatt für
Bacteriologie u. s. w. Abt. 2. Bnd 1899).
- " " II. Observations on the mosaic disease
of tabacco (U. S. departement of
Agriculture No. 18 1902).