

# **PFLANZENPHYSIOLOGISCHE DEMONSTRATIONEN**

**VON**

**DR. E. GILTAY**

**PROFESSOR DER BOTANIK AN DER  
LANDWIRTSCHAFTLICHEN HOCHSCHULE  
IN WAGENINGEN (HOLLAND)**

**II**

205 (39)

### 3. 1)

#### DIE FUNKTION DER SAMENHAUT.

(Der drehbare Spiegeltisch. — Der Operngucker beim Experiment.)

#### Taf. 1.

Ich verwende zu dieser Demonstration die Samen vom gewöhnlichen Raps (*Brassica Napus* L.). Zuweilen tragen die Studenten selbst zum Experiment bei, indem jeder bestrebt ist mit einer feinen Nadel eben die Haut zu durchstechen (und kaum mehr als diese <sup>2)</sup>), und zwar am besten wenigstens an zwei „Pol“punkten und an 4 gleichmässig verteilten „Aequator“punkten, zuweilen auch ungefähr in der Mitte jedes der Oktanten, in deren Grenzen die oben erwähnten Punkte liegen; sämtliche Durchbohrungen werden dabei also ungefähr äquidistant gemacht. Auf diese Weise werden mindestens 75 Samen präparirt <sup>3)</sup>).

Dann werden von den durchbohrten und auch von intakten Samen Gruppen von je 25 Exemplaren gemacht, die auf folgende Weise behandelt werden:

(ähnliche Anordnung wie auf Taf. 1.) <sup>4)</sup>

---

<sup>1)</sup> S. für Teil I (nr. 1 und 2) in diesen „*Mededeelingen*“, Bd. IV, 1911, p. 89—101.

<sup>2)</sup> Wenn die Sache nicht sorgsam ausgeführt und zu tief gestochen wird, leidet der Keim zu sehr durch den Eingriff und entwickelt sich nicht.

<sup>3)</sup> Weil in meinem Kolleg über Pflanzenphysiologie der Raps anfangs oft verwendet wird, gebrauchte ich denselben auch zu diesem Versuch. Wenn die Kleinheit der Samen Schwierigkeiten macht, der kann natürlich bei entsprechender Durch auch etwas anders nehmen, z.B. die Erbse.

<sup>4)</sup> In der Figur ist „gepr.“ Abkürzung für ein holländisches Wort, das „durchstechen“ bedeutet.

	Kontrollen (Beantwortung unterstehender Fragen):	Nach Einwirkung tödlicher Stoffe gründlich mit Wasser gewaschen und auf nassen Sand gelegt. Die Einwirkung war:	
		12 Stunden in:	12 Stunden in:
Durchstochene Samen:	<i>D</i> Hat die Durch- stechung an sich Einfluss auf die Entwicklung?	<i>E</i>  Alkohol	<i>F</i>  Chloroform- dampf <sup>1)</sup>
Intakte Samen:	<i>A</i> Sind die Samen von genügend normaler Vita- lität?	<i>B</i>  Alkohol	<i>C</i>  Chloroform- dampf <sup>1)</sup>

Wie Fig. 1 zeigt ist der Einfluss der Behandlung mit Alkohol und Chloroform überaus deutlich. Nicht ein einziger der damit behandelten durchbohrten Samen hat eine Pflanze geliefert, während nicht durchbohrte in gewöhnlicher Weise keimten; die Samenpartien, welche bloss dem Einfluss des Wassers ausgesetzt waren, verhielten sich in durchstochenenem wie in intaktem Zustand ähnlich.

Man sieht aus der Figur auch, wie ich ein dergleichen Resultat einem grösseren Auditorium zeige. Die betreffenden Töpfe stehen neben einander auf einer drehbaren Scheibe, die den Hörern nach einander in verschiedenen Richtungen zugewendet wird. Die Oberfläche des Sandes wird dabei mittels einer Spiegelscheibe wahrgenommen, welche verschieden geneigt werden kann. Die Beischriften werden gleichfalls im Spiegel gelesen. Um die dazu erforderliche Spiegelschrift auf einfache Weise zu bekommen, schreibt ein Amanuensis zunächst das erforderliche auf durchsichtiges Papier und macht dann mit Lichtpauspapier den erforderlichen Abdruck.

Die Drehscheibe für sich findet zuweilen auch anderswo Verwendung, so beim Gebrauch der in diesem Aufsatz beschriebenen Wage (s. die folgende Nummer).

<sup>1)</sup> Besonders wenn auch Chloroform Verwendung findet, wird die Haut an zahlreicheren (16) Stellen durchbohrt. Gebraucht man bloss Alkohol, dann genügen weniger (6). Für die Einwirkung von Chloroform-Dampf werden Exsiccatore gebraucht.

Ich erwähne zuletzt noch dass zur Beobachtung feinerer, auf dem Experimentiertisch, oder auf ausgehängten Bildern befindlicher Details, den entfernter sitzenden Hörern ein Operngucker zur Verfügung gestellt wird. Ich begreife nicht recht, dass dies einfache Hilfsmittel nicht viel allgemeiner gebraucht wird.

## 4.

WAGE UM VOR EINEM GRÖßEREN AUDITORIUM DAS GEWICHT SICH KRÜMMENDER WURZELSPITZEN ZU BESTIMMEN.

Textfigur 3, und Taf. 2.

Wenn die Wurzelspitze im JOHNSOHN'schen Versuch<sup>1)</sup> herunter wächst, verrichtet sie dabei eine Arbeit welche dem Produkt des überwundenen Gewichtes + des eigenen Gewichtes, und des durchlaufenen Weges gleich ist. Um also diese Arbeit numerisch zu kennen, und mit der anderen vergleichen zu können, welche die Spitze bloss durch sein Gewicht verrichtet, muss also das Gewicht der Spitze bekannt sein.

Es wird daher eine Wägung vorgenommen um die ungefähre Grösse des gewünschten Gewichtes zu demonstrieren, und zwar mit der Wage, auf Taf. 2 vorgestellt wie sie dem Auditorium sich zeigt<sup>2)</sup>.

Man sieht mit einem Blick das Prinzip: das Gewicht wird in noch näher zu beschreibender Weise durch die Höhe einer Spitze des Balkens angezeigt. Auf dem längeren Balkenarme befindet sich ein kleines Rezeptaculum, (s. für dieses Detail Fig. 3, bei R), auf das der zu wägende Körper zu stellen ist; die freie Spitze dieses Balkens befindet sich vor einem Glasstreifen. Nachdem die Wage zur Ausführung einer Wägung aus der Ruhestellung gehoben ist, wird zunächst eine Aichung derselben für drei Gewichte vorgenommen — was in wenigen Minuten ausgeführt ist — und zwar für eine Belastung mit 5 und auch mit 10 Millig. Die Punkte werden mit weisser Tusche auf der Glasfläche markiert (und zwar geschrieben als O, V und X — s. Fig. 3 — weil diese

<sup>1)</sup> E. GILTAY, *Einige Betrachtungen und Versuche über Grundfragen beim Geotropismus der Wurzel*. Zeitschr. f. Botanik, 2. Jahrg. FISCHER, 1910, S. 311 u. f., sowie Nr. 5 in diesem Aufsatz.

Gewöhnlich verwende ich als Gewicht welches beim Versuch heruntergedrückt werden muss 500 Milligramm. CIESIELSKI gibt für seine Erbsenwurzeln Uebergewichte von nur 150 Milligram an (*Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, Bd. 1, Heft 2, S. 14).

<sup>2)</sup> Die eigentliche Wage in der vorgestellten Figur wurde hergestellt von dem leider so früh gestorbenen Mechanikern L. J. LUYNBURG; vieles in von mir entworfenen Instrumenten verdanke ich dem einsichtsvollen Können dieses ausgezeichneten Mannes.

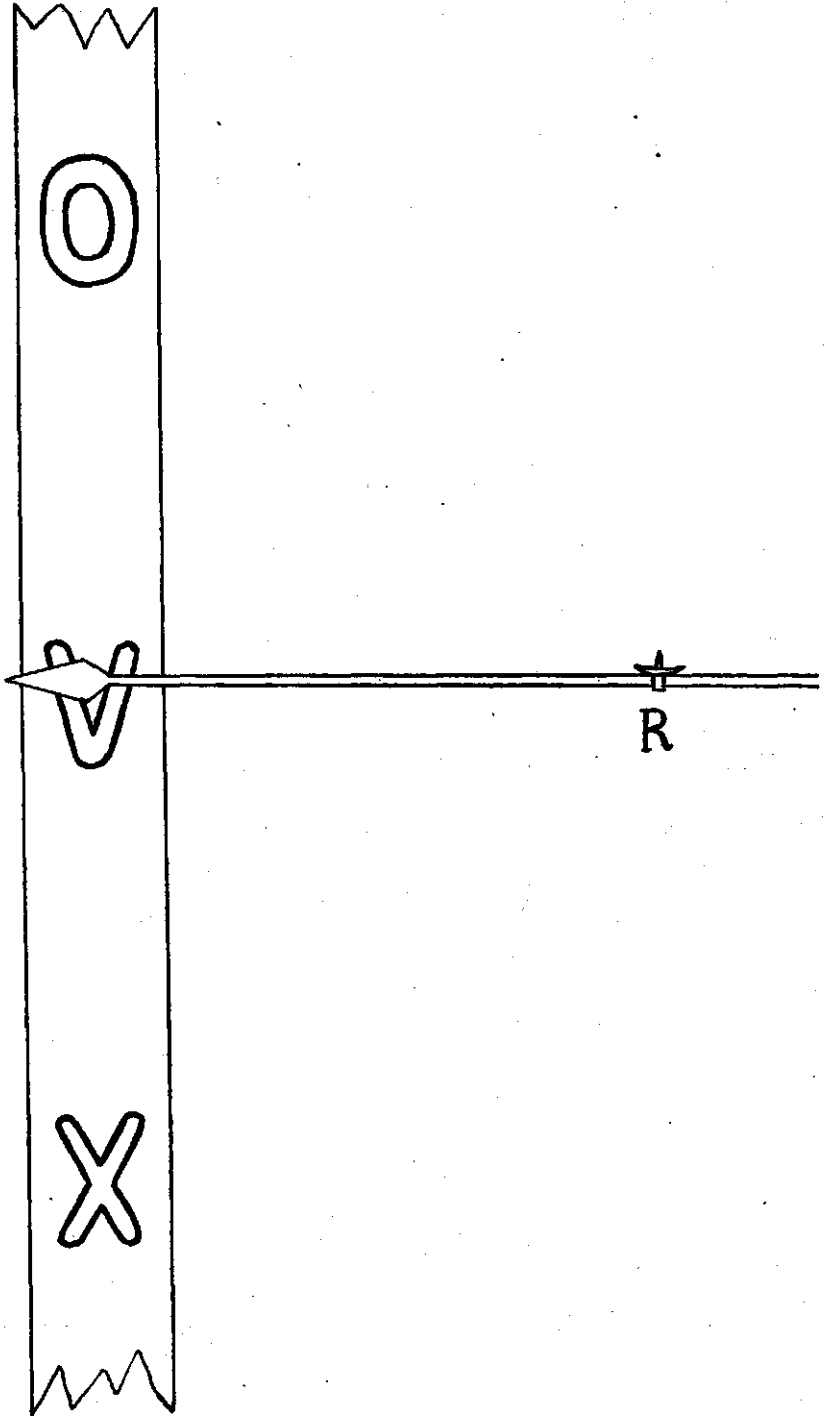


Fig. 3.

Ziffern von der Seite der Hörer ebenso aussehen wie von der Seite des Experimentators); dann wird eine Wurzelspitze abgeschnitten, und gezeigt dass deren Gewicht 5 bis höchstens 10 Milligramm beträgt. Nachher kann der JOHNSON'Sche Versuch beginnen.

Der Vollständigkeit wegen erwähne ich noch dass die an der linken Seite der Photo sichtbaren Flaschen Tusche und auch Terpentin enthalten, letzteres um die Ziffern wieder weg zu schaffen.

## 5.

AUSFÜHRUNG DES VERSUCHS NACH DEM PRINZIPE JOHNSON'S.  
Taf. 3, Fig. 4 und 5, Textfigur 6.

Die Form die ich diesem sehr wichtigen Versuche gab <sup>1)</sup> war also, dass eine Keimpflanze neben einer Wagenschale von besonderer Form, unabhängig von dieser Schale befestigt wird (wie aus der Figur auf S. 329 in der erwähnten Abhandlung sofort ersichtlich ist), und zwar mit der Spitze der horizontal gerichteten Wurzel dieser Schale aufliegend. Durch geeignete Belastung der anderen (rechten) Schale wird dann die linke Schale gegen die Wurzel gedrückt, und es kann daher gezeigt werden dass die sich krümmende Wurzel diesen Druck überwindet. Früher führte ich dabei der Keimpflanze fortwährend Wasser zu, mittels eines in Wasser tauchenden Fadens. Eine specielle Versuchsreihe hat jedoch gezeigt dass wenigstens bei kurz dauernden Versuchen dieser Faden ohne Nachteil weggelassen werden kann.

Zuweilen war es früher etwas hinderlich, dass die Wurzel, bevor es ihr gelingt hinab zu wachsen, durch das der anderen Schale aufliegende Gewicht, zuweilen *passiv* mehr oder weniger in die Höhe gedrückt wird. Dies' beuge ich nun regelmässig vor, indem ich — wie aus Fig. 4 erhellt — die Oberfläche der Wurzel gegen ein über dieser befindliches Aluminiumplättchen anliegen lasse;

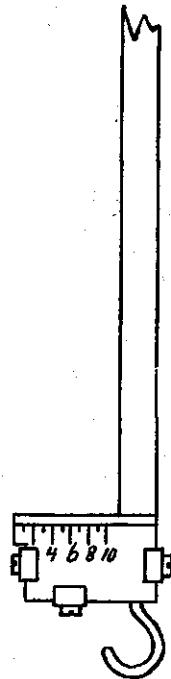


Fig. 6.

<sup>1)</sup> *Einige Betrachtungen und Versuche über Grundfragen beim Geotropismus der Wurzel.* Zeitschr. f. Botanik, Jahrg. 2 Jena, FISCHER, 1911; p. 328.

nach oben kann dieselbe dann nicht mehr ausweichen, ungehindert jedoch wächst sie herab (Fig. 5).

Wie Fig. 4 und 6 zeigen wird die besondere (Stangen-) Schale dabei in zweierlei Form verwendet. Wie in ersterer Figur hat man den Vorteil, dass die Glasplättchen durch die leicht zu hantierende Klemme bequem für Wurzeln verschiedener Dicke verschieden hoch gestellt werden können; für Wurzeln von ungefähr derselben Grösse ist die Art der zweiten Figur — gerade wegen ihrer Unveränderlichkeit — etwas bequemer.

## 6.

VORFÜHRUNG DES SCHLIESSENS DER SPALTÖFFNUNGEN BEIM  
TÖTEN DER GRENZZELLEN.

Als Objekt verwende ich Blätter von *Tradescantia virginica* L. Mit der Pinzette werden von der Ober- oder von der Unterseite Streifen Epidermis abgezogen, welche auf ein „elektrisches“ Objektglas unter Deckglas so in Wasser gebracht werden, dass der Streifen den beiden gegen das Glas gepressten Stanniolplättchen anliegt, und also eine Verbindung zwischen diesen Stanniol-Elektroden besorgt. Ich musste bis dahin den Versuch im Winter oder im ersten Frühjahr ausführen, und wählte dann absichtlich immer Exemplare aus dem Freien, weil diese gewöhnlich mehr geöffnete Spaltöffnungen aufweisen als Warmhauspflanzen.

Zunächst wird das Präparat nach offenen Stomata durchgesehen, und wenn sich diese in befriedigendem Masse im Streifen befinden, kann derselbe zum Versuch verwendet werden.

Von solchen Streifen werden vor dem Versuch einige bereit gemacht. Die Vorführung geschieht mittels Projektion (ZEISS Objektiv D, Projektionsokular 2; der Schirm ist in 5.5 M. Entfernung). Die Elektrokution findet statt mittels eines kleinen Induktionsapparates. Den Versuch mache ich seit Jahren und derselbe gelingt auf diese Weise immer leicht. Es bleibt aber öfters nach dem Töten der Schliesszellen eine *kleine* Oeffnung zwischen denselben bestehen.

## 7.

ABSORPTIONSSPEKTRUM DES CHLOROPHYLLS.

Taf. 3, Fig. 7.

Fig. 7 stellt eine Einrichtung dar die ich habe machen lassen, um, bei gegebener Spaltbreite, das Licht eine Chlorophyll-lösung

von allmählig sich ändernder Dicke durchlaufen lassen zu können und dadurch die Zahl und die Deutlichkeit der Absorptionsbänder zu regulieren fähig zu sein.

Das Instrument besteht in der Hauptsache aus zwei prismatischen, kongruenten Glasdosen von dreieckiger Grundfläche, aus Spiegelglas zusammengekittet <sup>1)</sup>. Auf der oberen Glasplatte ist ein Tubus eingesteckt, der dazu bestimmt ist zu ermöglichen dass die Füllung sich ausdehnen oder zusammenziehen kann, ohne dass Druck auf die Nähte entsteht, oder auch über der Flüssigkeit ein Hohlraum auftritt. Die beiden Dosen stehen auf einem metallenen Fuss, auch von Mechaniker LUYNEBURG verfertigt, und liegen mit einer Seitenfläche nahe zusammen; auf der Oberfläche des Gestells befinden sich ein Paar Stifte die in seichte Bohrungen der unteren Glasflächen greifen. Mittels des Triebes *T* können die Dosen an einander vorbeigeschoben werden, sodass die vom Licht durchlaufene Schicht dicker oder dünner wird. Die Eintritts- und Austrittsfläche des Lichtes bleiben dabei immer parallel. Die Innenräume werden durch die Tuben mit geeigneter Chlorophyll-lösung gefüllt.

Mittels der verschiebbaren Stange werden nun die Glasdosen so hoch gestellt <sup>2)</sup>, dass der untere Teil des Lichtbündels die Lösung durchstreift, der obere Teil darüber hin läuft. Der unmittelbar auf den Apparat folgende Spalt wird also teils mit gewöhnlichem Licht gefüllt, teils mit Licht das durch die Chlorophyll-lösung gegangen ist. Mit dem Prisma <sup>3)</sup> werden nun die unmittelbar über einander auftretenden Spektren erzeugt, und zwar so, dass in beiden das Licht vom selben Brechungsexponent im selben Vertikal vorkommt; es lässt sich also der Grad der Absorption in verschiedenen Teilen der schönen Spektren bequem vergleichen.

Auf diese Weise lässt sich leicht und deutlich zeigen, dass im Chlorophyllspektrum nicht bloss an den Stellen der Lichtminima — der eigentlichen Bänder also — Absorption stattfindet, sondern *überall* sonst auch, und zwar in erheblichem Grade. Dies könnte in physiologischer Hinsicht von Bedeutung sein.

Ich verwende bei diesem Versuch übrigens nur Apparate,

---

<sup>1)</sup> Sie wurden an der gewöhnlichen Adresse für solche Sachen (E. LEYBOLD's Nachfolger, Köln) unter Vermittlung der Firma MARIUS in Utrecht hergestellt.

<sup>2)</sup> In jeder Höhe kann mittels Schraube *S* der obere Teil festgehalten werden; schnelle Einstellung auf die meist gewählte Höhe kann mit in der Figur nicht sichtbarer Einschnappvorrichtung geschehen.

<sup>3)</sup> Ich verwendete SIEDENTOPF's geradsichtiges Prisma, in der ZEISS'schen Ausführung. S. ZEISS-Katalog, Mikro 205, Nr. 480, S. 7.



die im ZEISS-Katalog Mikro 239 (Preissverzeichnis über den grossen Projektionsapparat) und Mikro 205 (Apparate zur Projektion von Spektralversuchen) erwähnt sind.

## 8.

## DIE PLASMABEWEGUNG IN TRADESCANTIA-HAABEN.

## Taf. 4.

(Nachtrag zum Aufsatz in Bd. IV, S. 89 u. folg. der *Mededeelingen* unserer Hochschule).

a. Früher gebrauchte ich, um die über das Apparat geleite Luft des Sauerstoffs zu befreien immer von mir selbst reduciertes Kupferoxyd. Ich kannte noch nicht das MEROX'sche *Cuprum metallicum reductum pulverisatum*; seitdem dies der Fall ist, verwende ich es immer, was den Versuch bedeutend vereinfacht.

b. Die früher verwendete Einrichtung des Wasserkammers hat mich auf die Dauer nicht ganz befriedigt, und zwar weil es so schwierig ist Glas zu bekommen, welches in der für die Unterseite erforderlichen Grösse die abwechselnde Abkühlung auf  $-10^{\circ}$  und Erwärmung auf  $30^{\circ} - 40^{\circ}$  aushält. Zuweilen geht es ganz gut, aber ich fühlte mich doch niemals ganz sicher.

Der Uebelstand wurde jedoch auf sehr einfache Weise beseitigt, indem, wie aus nebenstehender Figur 8 ersichtlich ist, die Klemmung von Glasflächen ganz in Wegfall gebracht wurde. Kleine Glasstückchen (Teile von Objektgläsern) werden gegenwärtig sofort auf Boden und Decke gekittet, und zwar sicherheitshalber jedes Jahr, vor jeder Versuchsserie, von neuem. Der Apparat hat hierdurch also zugleich eine bedeutende Vereinfachung erfahren. Das Thermometer hat — wie man bei Vergleichung sehen wird — zugleich eine mehr bruchsichere Form erhalten.

c. Nach W. KÜHNE (*Ueber die Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung*<sup>1)</sup>) findet man mittags mehr Blüten als morgens. Ich machte die entgegengesetzte Erfahrung. Auch finde ich es unnötig — um jederzeit Blüten zur Verfügung zu haben — abgeschnittene knospentragende Aeste in den Eisschrank zu stellen.

Gewöhnlich finde ich sie in genügendem Masse zu jeder Zeit an den Pflanzen, und wenn abgeschnittene Aeste in Wasser gestellt im Laboratorium hingesezt werden, kommen die

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Biologie von KÜHNE und VOIR, Neue Folge, 17tes Band, der ganzen Reihe Bd. 35, München und Leipzig, OLDENBURG, 1897, S. 51.

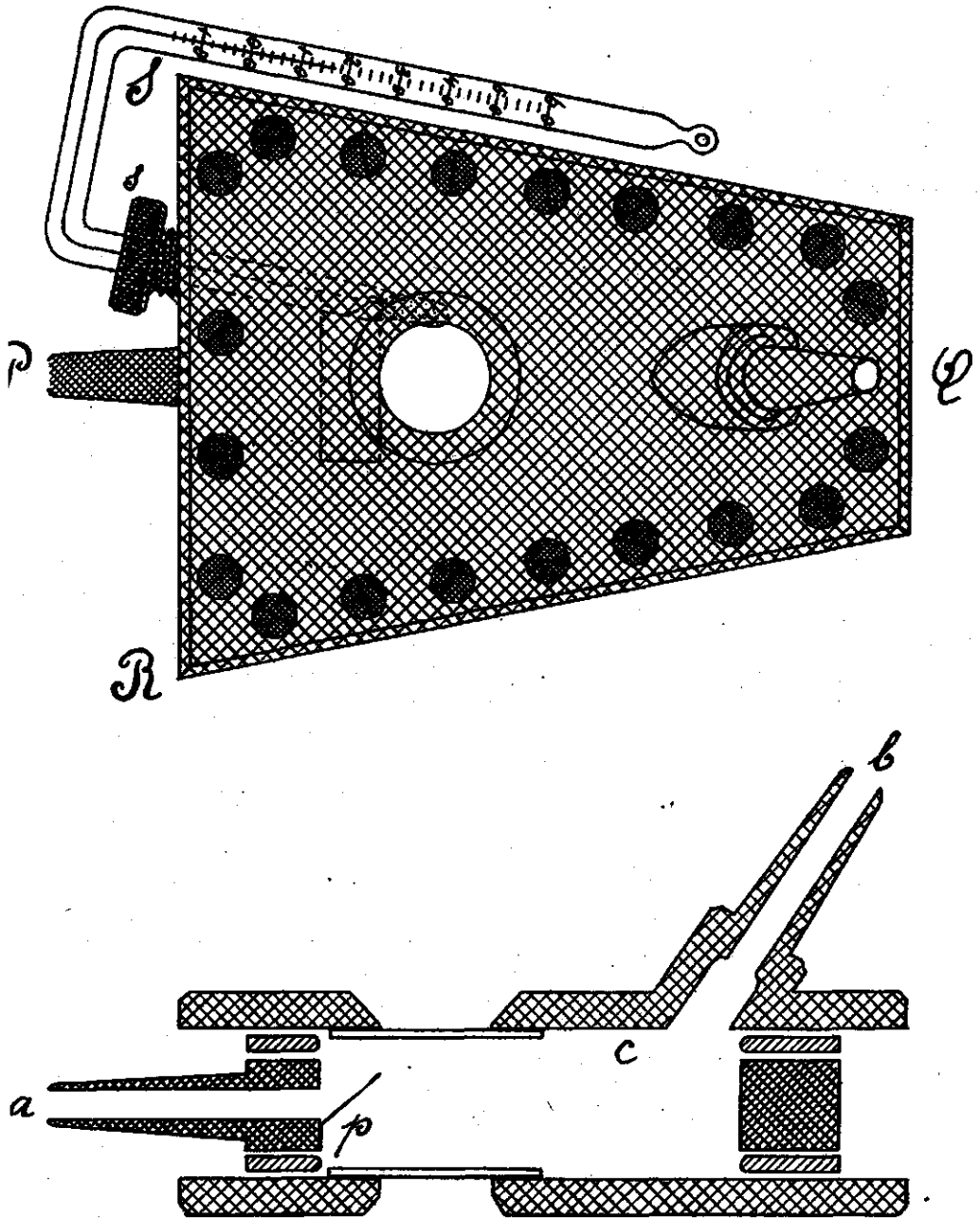


Fig. 8 (natürl. Grösse).

Knospen, Tagen nach einander, ohne Eisschrank zur Blüte.

d. Man hat wohl die Frage aufgeworfen ob die Plasmabewegung der *Tradescantia*-Haare nicht eine künstliche Erscheinung wäre, hervorgerufen also durch das Abtrennen derselben und durch das ungewöhnliche Medium (Wasser)<sup>1)</sup>.

Meiner Erfahrung nach ist dies nicht der Fall. Ich habe nämlich öfters — mit Mühe allerdings, aber doch am Ende ganz unzweifelhaft — die Bewegung gesehen in von gewöhnlicher Luft umgebenen, ganz wie früher auf dem Blütenboden befestigten Haaren, während ebensowenig irgendwo sonst die eingewurzelt gebliebene Pflanze einen künstlichen Eingriff erfahren hatte.

Als Objektiv wurde dabei gewöhnlich ZEISS-D verwendet; die Versuchshaare befanden sich mit dem dazu gehörigen Staubfaden zwischen Objektglas und lose aufgelegtem Deckglas. Natürlich wurden aus an anderer Stelle angegebenen Gründen nur die höheren Teile der Zellen auf die Bewegung untersucht.<sup>2)</sup>

Fig. 9 zeigt die Einrichtung des Versuchs. Man sieht den Oberteil eines Mikroskopes, vom Objektisch und vom weiteren Unterteil abgenommen, und auf einen besonderen Bleiklotz festgeschraubt. Dies geschah um den seitlich, von einem besonderen Stativ gehaltenen Objektträger in angegebener Weise verwenden zu können. Weil jetzt kein Mikroskopisch hinderte, konnte ein an dem Blütenboden befestigt gebliebener Staubfaden seitlich aufgelegt und mittels Deckglas lose fixiert werden; die Haare kamen dann zur Beobachtung, wie dies besonders Fig. 10 zeigt, wo ganz wie in der vorigen Figur das Objektiv etwas zu hoch abgebildet ist um das darunter befindliche Objekt besser in der Photographie erscheinen zu lassen. Das Objektglas ist seitlich in ein Stück Kork gesteckt, und mit drei Schrauben kann seine Stellung reguliert werden. Beleuchtet wird mit separatem Spiegel, dessen Stellung mittels in der Figur nicht sichtbarer kupferner Halbkugel, die in einer kreisförmigen Oeffnung ruht, beliebig geändert werden kann.

Man sieht auch wie die Hüllblätter der Blüte mit baumwollenem Faden in zurückgebogener Stellung gehalten werden um nicht hinderlich zu sein.

Auf diese Weise scheint mir alles Abnormale, wovon wir uns vorstellen könnten dass es Bedeutung hätte, ganz beseitigt zu sein.

<sup>1)</sup> KÜHNE, l. c. S. 51.

<sup>2)</sup> DR. E. GILTAY, *Sieben Objekte unter dem Mikroskop. Einführung in die Grundlehren der Mikroskopie*. Leiden, E. J. BRILL, 1893, S. 20, § 17.

## VORFÜHRUNG DER TRANSPIRATION.

Früher <sup>1)</sup> wurde eine neue Methode angegeben, bei welcher die oberirdischen Pflanzenteile hauptsächlich mit Glasglocke und Kupferscheibe von der Umgebung abgeschlossen werden, und die Bereicherung mit Wasserdampf an gewöhnlichen Haarygrometern abgelesen wird.

Dieselbe dient mir jedes Jahr als Vorlesungsversuch und gefällt mir sehr gut. Ein Paar Besonderheiten jetzt.

Zur besseren Beobachtung für alle Hörer wird gegenwärtig der Apparat auf die in diesem Aufsatz (S. 4) beschriebene Drehscheibe aufgestellt. Auch lasse ich die Hygrometer nicht mehr mittels convexspiegel wahrnehmen. Ich stelle an die den Hörern zugekehrte Seite zwei Hygrometer, neben einander, unter die Glasglocke auf, mit den Skalenflächen, unter Winkeln von circa 90°, den Hörern zugewendet, und ein drittes neben den Apparat. Ich kontrolliere die Hygrometer vor dem Versuch und stelle die Nadeln richtig, und markiere deren Anfangsstellung mit deutlichem, mittels Glasbleistift geschriebenem Kreuz. Den entfernter sitzenden Studenten stelle ich nun den Operngucker (vergl. S. 5) zur Verfügung, sodass alle Hörer bequem die schnelle Steigung der Feuchtigkeit unter der Glocke wahrnehmen; öfters ist in  $\frac{1}{2}$  Stunde, oder weniger, schon Sättigung erreicht.

Vor jeder Ablesung ist es gut etwas am Apparat zu rütteln (z.B. durch Klopfen gegen die Glasglocke), damit der tote Gang der Nadeln möglichst beseitigt wird.

Bei diesem Versuche fand ich es lehrreich auf eine Besonderheit im Betragen des in freier Luft aufgestellten Hygrometers hinzuweisen, welche gerade für die Lehre der Transpiration von Bedeutung ist.

Hierfür lasse ich, wenn die Hörer soeben hereingekommen sind, und bevor ich vom eigentlichen Versuch spreche, und bevor noch die Glocke über die Pflanze gestellt wurde, die drei Hygrometer und die dazu gehörigen Thermometer ablesen. In erster Linie dient dies natürlich zur Kontrolle dieser Instrumente, aber speziell auch für die erwähnte Besonderheit, auf die ich die Hörer am Ende der Vorlesung weisen will. Es wird dann nämlich darauf aufmerksam gemacht, dass das frei aufgestellte

<sup>1)</sup> S. Bd. IV dieser *Mededeelingen*, S. 100 u. folg.

Hygrometer eine etwas höhere Temperatur sowie auch *absoluten* Dampfgehalt im Zimmer anzeigt — natürlich unter dem Einfluss der Anwesenden. Ich betone dabei — zuweilen kann man es auch praktisch erfahren — dass es vorkommt dass die relative Feuchtigkeit fast unverändert geblieben ist; eben weil die Temperatur stieg, bedeutet dieselbe relative Feuchtigkeit einen grösseren absoluten Dampfgehalt. Denkbar wäre es natürlich auch, dass dabei die relative Feuchtigkeit sogar kleiner geworden wäre.

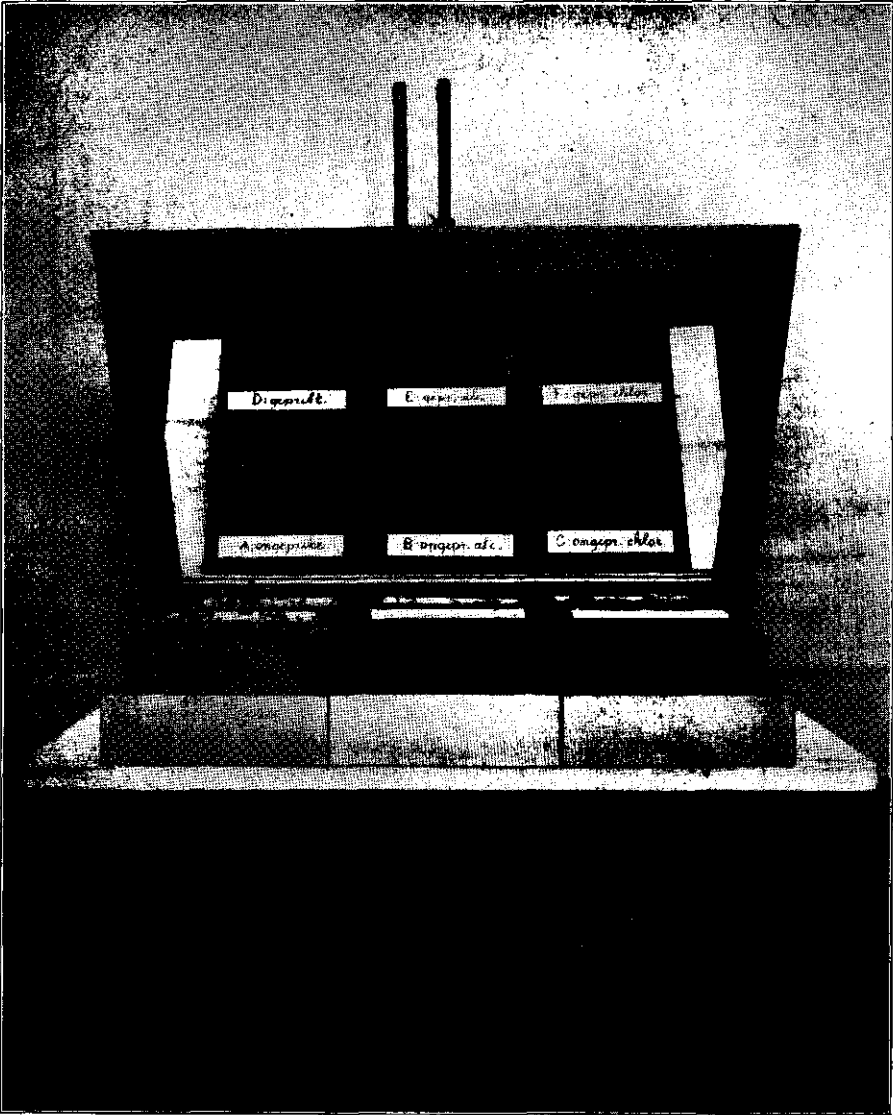


Fig. 1

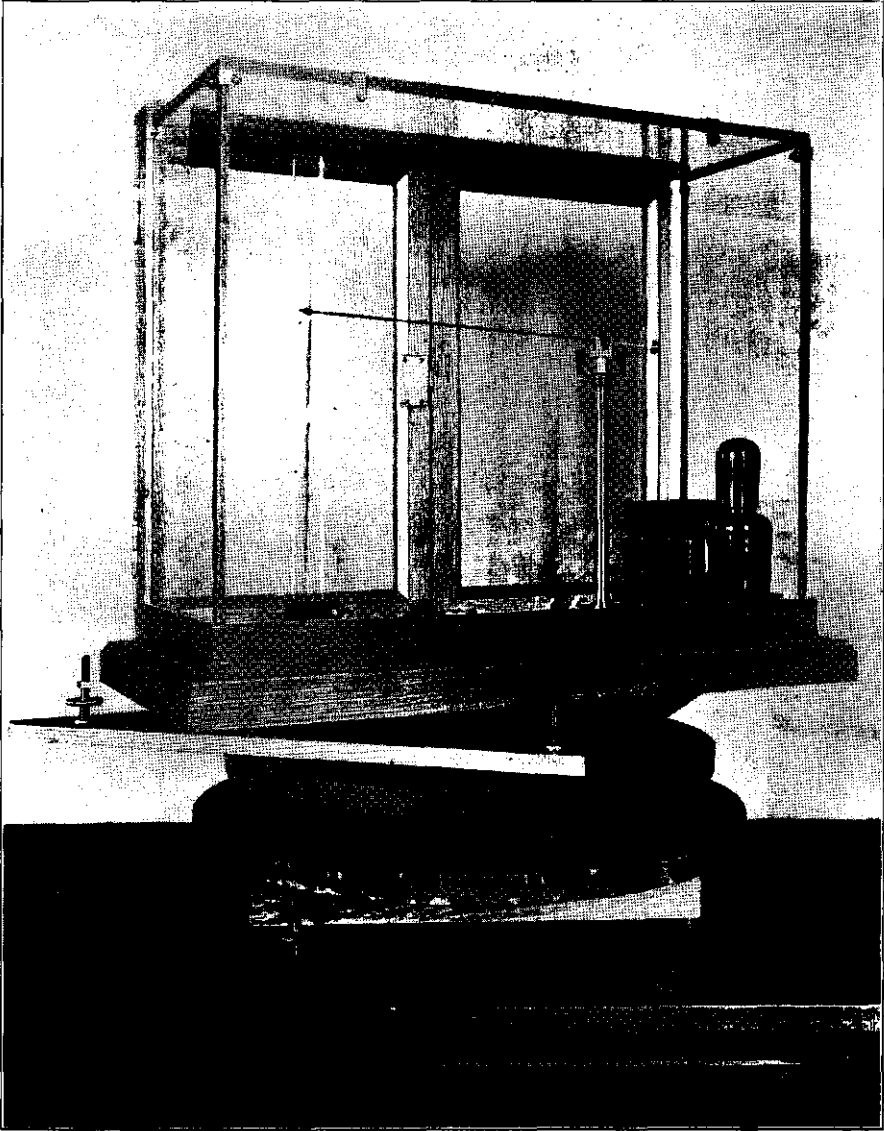


Fig. 2

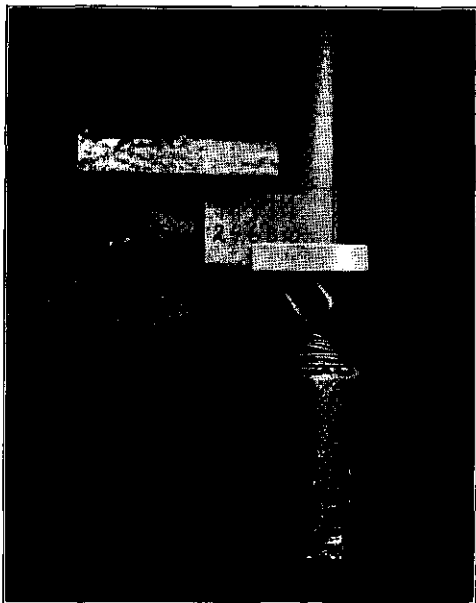


Fig. 4

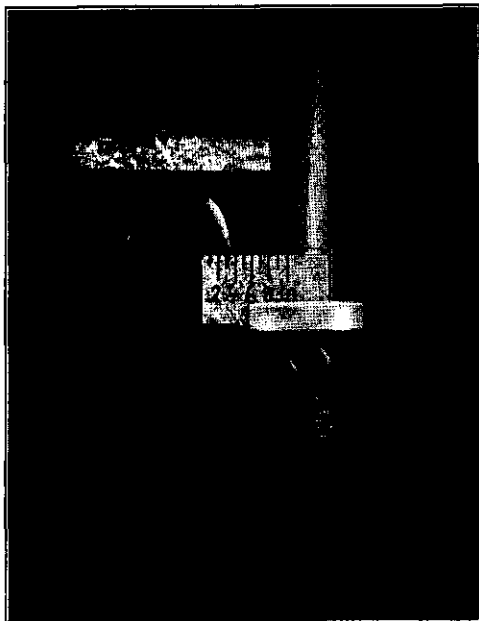


Fig. 5

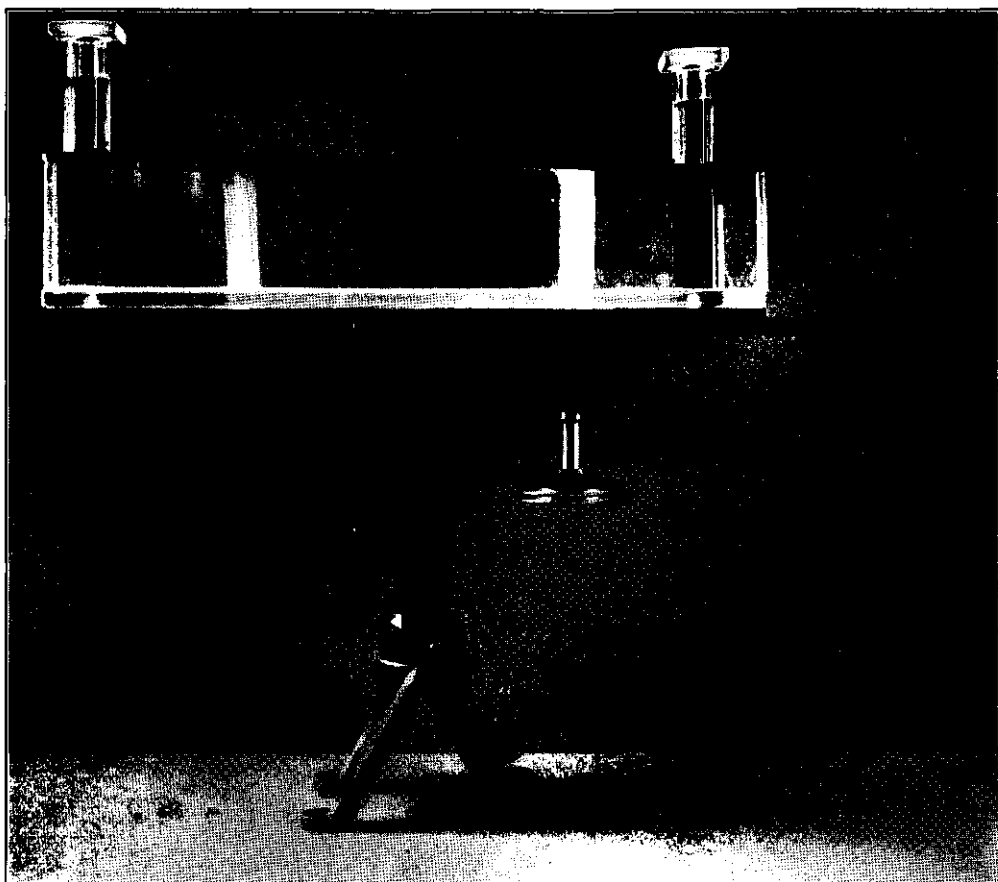


Fig. 7



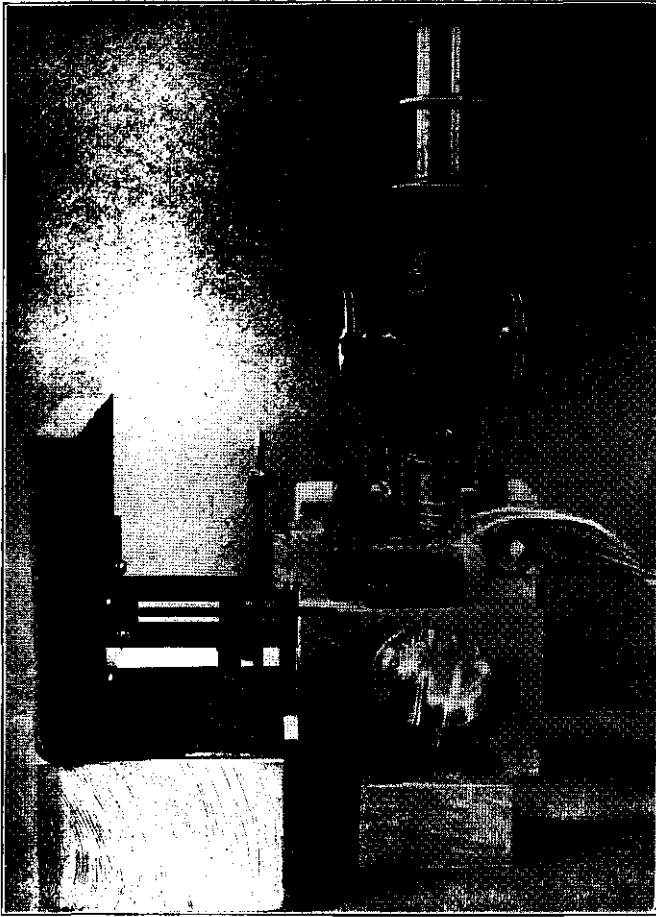


Fig. 9

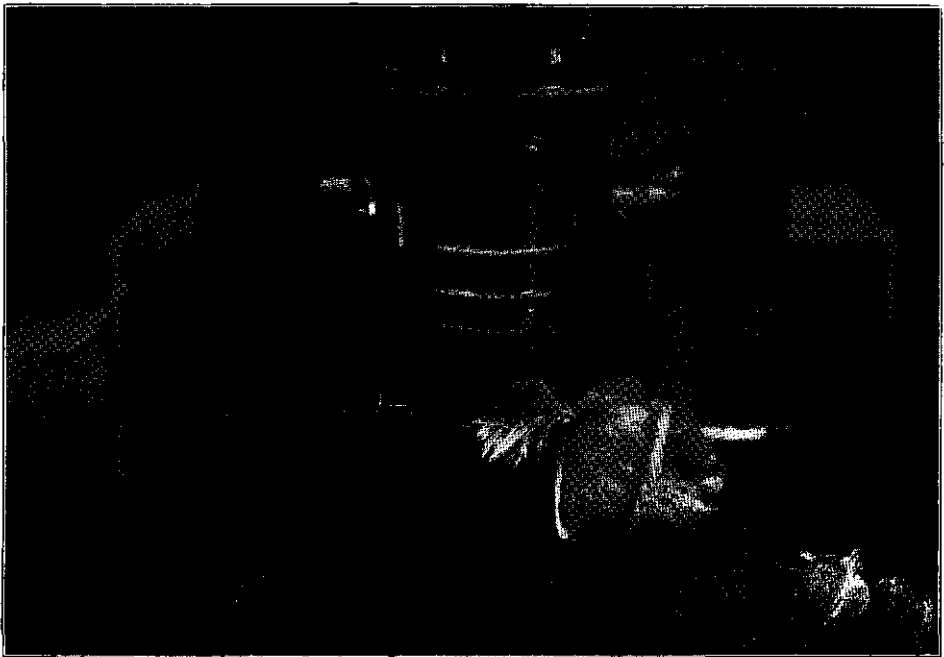


Fig. 10