

# Sektion für Pflanzenphysiologie

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **AssociationNews**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **149 (1969)**

PDF erstellt am: **10.07.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## 9. Sektion für Pflanzenphysiologie

Sitzung der Schweizerischen Pflanzenphysiologischen Gesellschaft

Samstag, 4. Oktober 1969

Präsident: Prof. Dr. H. MEIER, Botanisches Institut  
Universität Freiburg

### 1. R. BRÄNDLE, U. FELLER und J. SCHNYDER (Bern) – *Schwefelwasserstoffaufnahme durch die Primärblätter und Translokation der Schwefelverbindungen bei Phaseolus vulgaris*

Untersuchungen über den Einfluss von Schwefelwasserstoff auf Pflanzen sind unerlässlich, da Schwefelwasserstoff vielerorts einen nicht zu unterschätzenden Bestandteil der Luft darstellt. Einige Beobachtungen zur Aufnahme, zur Verwertung und zur Wirkung auf einzelne Stoffwechselreaktionen wurden bereits in früheren Arbeiten erwähnt [1, 2, 3]. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Abtransport der Schwefelverbindungen aus einem Primärblatt und der Verteilung des Schwefels in der Pflanze unter Berücksichtigung des Leitbündelverlaufes der Bohne.

Für die Versuche wurden 14 Tage alte Schwefelmangelpflanzen verwendet. Das Primärblatt befand sich während der Fütterung in einer Plexigasküvette, welche zur besseren Durchmischung der Gasatmosphäre einen kleinen Ventilator enthielt. Bei Fütterungsbeginn lagen in der

Tabelle 1

Versuchsdauer	Fütterungsdauer	Muster und Intensität der Markierung
2 h	1 h	Mesophyll des Fütterungsblattes mittel
4 h	1 h	Fütterungsblatt, Blattstiel und die Hälfte des 1. Trifoliums Blattvenen und Stengel mittel schwach
15 h	3 h	Fütterungsblatt mit Venen, Blattstiel und die Hälfte des 1. Trifoliums Stengel bis zur Kotyledonenansatzstelle, Knospe und die Hälfte des 1. Trifoliums Wurzelsystem und 2. Primärblatt stark mittel schwach
48 h	3 h	Fütterungsblatt, Blattstiel, Stengel, Knospe, 1. Trifolium und Wurzelsystem 2. Primärblatt mittel schwach

Küvette jeweils folgende Bedingungen vor: 1 Vol.-% CO<sub>2</sub>, etwa 0,05 Vol.-% H<sub>2</sub><sup>35</sup>S, 18000 lx Mischlicht, 25 °C. Das Kohlendioxid und der Schwefelwasserstoff wurden in separaten Spritzen entwickelt und bei Versuchsbeginn in die Küvette eingefüllt. Nach Versuchsende wurde das Fütterungsblatt von anhaftendem Sulfid befreit und die ganze Pflanze gepresst, getrocknet und autoradiographiert [2]. Die Resultate sind in Tabelle 1 dargestellt.



*Abbildung 1*

H<sub>2</sub><sup>35</sup>S-Aufnahme und Translokation der <sup>35</sup>S-Verbindungen  
Autoradiographie, natürliche Grösse, Versuchsdauer: 15 h, Fütterungszeit: 3 h

Der Schwefelwasserstoff wird durch das Mesophyll aufgenommen. Die Blattvenen sind anfänglich frei von markierten Substanzen. Erst nach einigen Stunden erscheinen sie beladen («loading») [4] und transportieren die Schwefelverbindungen im Phloem des Blattstiels [5] mit wenig Lateraltransport [6] zum Stengel. Gewöhnlich erstrecken sich aus einem Blatt fünf Leitbündelstränge im Stengel hinunter bis zum nächsten Knoten [7], um sich dort mit den Stengelleitbündeln zu vereinigen. Bei einer Primärblattfütterung wandern daher die markierten Verbindungen abwärts bis auf die Höhe der Kotyledonen. Anschliessend werden sie mit dem Hauptstrom im Phloem des Stengels [8] in die wachsenden Organe weitertransportiert [6], d. h. vorwiegend akropetal in die wachsenden Blätter. Auf der Höhe der Primärblätter trennen sich die Leitbündel des ersten Trifoliums ab. Die Ebene des Trifoliums ist um 90° versetzt gegen die Ebene der Primärblattstiele. Daher führen nur die Hälfte der zur Versorgung des Trifoliums bestimmten Leitbündel einen Teil der markierten Substanzen.

Die übrigen Schwefelverbindungen gelangen durch die anderen, ebenfalls nur teilweise markierten Leitbündel in die Knospe.

Auf der Höhe der Knospe fächern sich die Leitbündel des Trifoliums in drei Teile auf, wobei jeder in eines der Fiederchen führt. Die Trennebenen sind wiederum um 90° zur vorangegangenen gedreht, was zur Folge hat, dass eines der äusseren Fiederchen stark markiert, das gegenüberliegende nur schwach markiert erscheint. Das mittlere Fiederchen führt zur Hälfte markierte und zur Hälfte, infolge des geringen Lateraltransportes, nur wenig markierte Leitbündel. Jede dieser getrennten Hälften beliefert eine Blatthälfte. Daraus ergibt sich eine halbseitige, wappenartige Markierung des mittleren Blättchens (vgl. Abb. 1).

Nach etwa zwei Tagen ist das beschriebene Markierungsmuster nicht mehr erkennbar. Der Schwefel unterliegt einer inneren Zirkulation, wobei der Quertransport in den Knoten, der interfaszikuläre Austausch und der relativ rasche Transport im Blattparenchym [6] nach dieser Zeit das Ihre zu einer homogenen Verteilung des Schwefels in der Pflanze beigetragen haben. Schwach markiert bleibt einzig das ungefütterte Primärblatt. Offenbar wird nur noch wenig Schwefel in dieses alte Blatt eintransportiert.

Offen bleibt die Frage nach den Transportformen des Schwefels nach einer Schwefelwasserstoffütterung. Es ist anzunehmen, dass das Sulfid zuerst zum Sulfat aufoxydiert wird und Sulfat die Haupttransportform darstellt. Daneben kommen aber auch die andernorts [3] beschriebenen, schwefelhaltigen aminosäuren- und zuckerähnlichen Substanzen in Frage.

#### LITERATUR

1. BRÄNDLE, R., ERISMANN, K. H.: Naturwiss. 55, 41; 1968.
2. ERISMANN, K. H., BRÄNDLE, R.: Flora A 159, 379; 1968.
3. BRÄNDLE, R., STRASSER, R., ERISMANN, K. H.: Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. 68, 122; 1968.
4. WEIGL, J., ZIEGLER, H.: Planta 58, 435; 1962.
5. TRIPP, P., NELSON, C. D., KROTKOV, G.: Plant Physiol. 40, 740; 1965.
6. WEBB, J. A., GORHAM, P. R.: Plant Physiol. 39, 663; 1964.
7. BIDDULPH, B. O., CORY, R.: Plant Physiol. 35, 689; 1960.
8. CHEN, S. L.: Amer. J. Bot. 38, 203; 1951.

Wir danken dem Schweizerischen Nationalfonds für die Unterstützung dieser Arbeit.

#### 2. P. EGGENBERG und K. H. ERISMANN (Bern) – *Untersuchungen über den Photosynthesestoffwechsel der Rotalge Porphyridium cruentum in verschiedenen Spektralbereichen*

Die Fähigkeit einer Pflanze, in farbigem Licht zu assimilieren, ist im wesentlichen davon abhängig, ob die Pflanze das gebotene Licht absorbieren kann und ob die absorbierte Energie für die photochemische Energieumwandlung verwertet werden kann. Die photosynthetische Wirksamkeit der Phycobiline ist schon lange bekannt, und die Energieübertragung von diesen akzessorischen Pigmenten auf das aus Chlorophyll a bestehende Reaktionszentrum, welches die Energieumwandlungs-



*Tabelle 1*  
Energien für gleiche Photosyntheseraten verschiedener Lichtqualitäten, zugehörige Photosynthesequotienten, Atmungsrate und respiratorischer Quotient bei *Porphyridium cruentum*

	Lichtenergie in ergs cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	PQ	RQ	Gaswechselraten
Weisslicht	554 · 10 <sup>3</sup>	1,1	—	0,54 nM CO <sub>2</sub> /min · γ Chl. a
Rotblaulicht	499,5 · 10 <sup>3</sup>	1,29	—	do.
Grünlicht	327,4 · 10 <sup>3</sup>	1,1	—	do.
Atmung	—	—	0,91	—0,24 nM CO <sub>2</sub> /min · γ Chl. a

prozesse antreibt, erfolgt mit grosser Ausbeute [1]. Nicht beide Pigment-systeme enthalten den gleichen Anteil an Phycobilinen, so dass durch Licht, welches ein bestimmtes Phycobilin anregt, die beiden Lichtreaktionen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ablaufen und die Primärprodukte der Photosynthese in einem andern Verhältnis gebildet werden als im Weisslicht. Daraus ergibt sich eine Umstellung des Stoffwechsels, welche in kinetischen Markierungsexperimenten untersucht wurde.

Die Spektralbereiche, die angewendet wurden, waren so gewählt, dass durch reines Grünlicht ausschliesslich Phycoerythrin, das rote Phycobilin der Rotalgen, absorbierte. In einem zweiten Experiment wurde der gesamte Grünanteil zwischen 500 und 620 nm durch ein Flüssigkeitsfilter mit 10% wässrigem Nickel-Tetraäthylendiamin-Komplex ausgefiltert. Das erhaltene Rotblaulicht wird von allen Pigmenten ausser Phycoerythrin absorbiert. Daneben wurde ein Markierungsexperiment im Weisslicht und im Dunkeln durchgeführt.

Die Assimilationsraten wurden vorgängig an Hand von Gaswechsellmessungen bestimmt und durch Verändern der Lichtstärke auf gleiche Werte eingestellt (vgl. Tabelle). Die Atmungsraten nach verschiedener Vorbelichtung erwiesen sich innerhalb des Messfehlers als gleich. Dieser war aber recht hoch (Standardabweichung = 0,2), bedingt durch die geringen Gasaustauschraten.

Die Analyse der Kinetik der Markierungsprodukte erlaubt folgende Aussagen: *Porphyridium* gehört unter Weisslichtbedingungen zur Pflanzengruppe mit dem C-4-Weg [2, 3], d.h. Pyruvat (oder Phosphoenolpyruvat) fixiert CO<sub>2</sub> und bildet Malat oder Oxalacetat. Dazu weisen sie möglicherweise eine bisher nur bei Bakterien nachgewiesene Carboxylierung von Succinyl-Co A zu α-Ketoglutarat auf, welche ziemlich aktiv zu sein scheint [4]. Im Rotblaulicht ist diese 2. Fixierungsreaktion von geringer Bedeutung, dafür ist der C-4-Weg um so wichtiger. Im Grünlicht dagegen ist der direkte Einbau von CO<sub>2</sub> in den Calvin-Zyklus nachzuweisen, wobei der C-4-Weg kaum intensiver abläuft als im Dunkeln und nur etwa 1% der Gesamtfixierung im Grünlicht ausmacht. Indessen scheint ein rascher Fluss von markierten Produkten zum Krebszyklus und

seinen Nebenwegen vorhanden zu sein, was durch eine vermutete Hemmung der Fructose-diphosphatase und dem damit verbundenen Anhäufen von Fructose-diphosphat, Triosephosphaten und Phosphoglycerat leicht verständlich ist. Die Akkumulation der genannten Produkte liess sich experimentell zeigen.

Auch im Rotblaulicht ist der Calvin-Zyklus von grosser Bedeutung. Der C-Einbau erfolgt jedoch nicht direkt, sondern durch Transcarboxylierung des Oxalacetats auf Ribulose-diphosphat [2, 3]. Auch unter diesen Beleuchtungsbedingungen ist eine Hemmung im Calvin-Zyklus nachzuweisen. Ob tatsächlich eine Transaldolase-Hemmung für die Akkumulation der Hexose-monophosphate verantwortlich ist, bleibt noch zu prüfen. Dabei wird eine volle Aktivität der Fructose-diphosphatase vorausgesetzt.

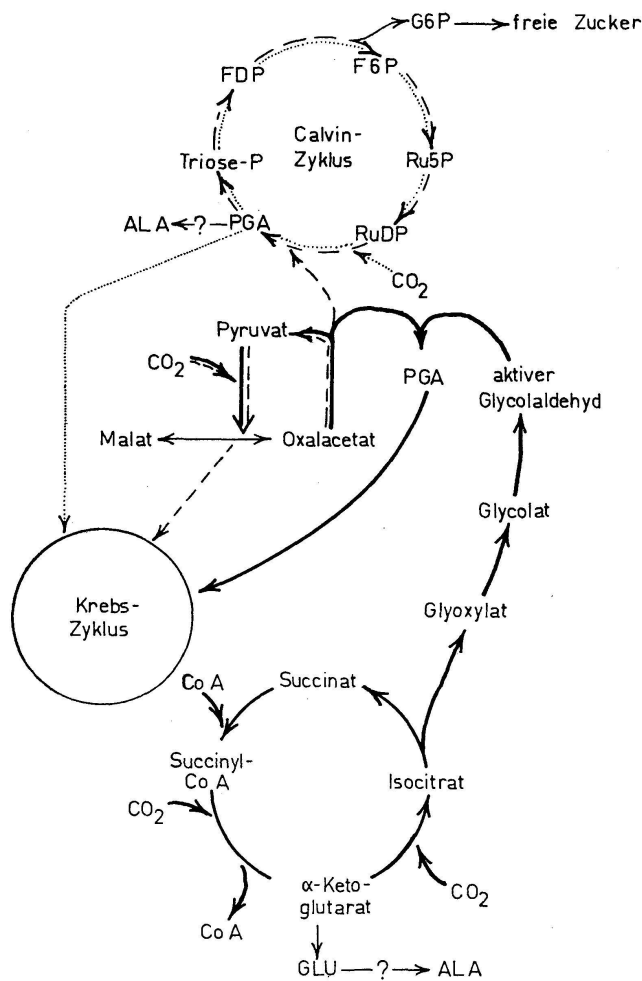


Abbildung 1

Schema mutmasslicher Stoffwechselreaktionen bei *Porphyridium cruentum* in verschiedenen Spektralbereichen

- im Weisslicht
- - - - - im Rotblaulicht
- ..... im Grünlicht

Im Weisslicht spielt der Calvin-Zyklus eine untergeordnete Rolle. Ob schon Phosphoglycerat stark markiert erscheint, sind alle andern Phosphatester und vor allem die freien Zucker wesentlich schwächer markiert als im farbigen Licht. Wir vermuten, dass hier eine Transcarboxylierung von Oxalacetat auf einen C-2-Körper zu Phosphoglycerat führt, eine Reaktion, welche bereits im Zusammenhang mit dem C-4-Weg vermutet wurde [2]. Dieser hypothetische C-2-Körper wird als «aktiver Glycolaldehyd» bezeichnet, welcher auch schon für andere Reaktionen, vor allem im Zusammenhang mit der Photorespiration, postuliert wurde [5]. Die Entstehung des Glycolaldehyds erfolgt wahrscheinlich durch Reduktion von Glyoxylat, welches tatsächlich im Weisslichtexperiment regelmässig in kleinen Mengen gefunden wird. Die Entstehung des Glyoxylats ist denkbar durch eine Spaltung von Isocitrat, wobei Succinat entsteht. Diese Reaktion ist als Glyoxylsäurekurzschluss aus dem Krebszyklus wohlbekannt, allerdings unseres Wissens bei Rotalgen noch nicht nachgewiesen. Durch diese Reaktion könnte, zusammen mit der vorgehend diskutierten Carboxylierung von Succinyl-Co A und einer partiellen Umkehrung des Krebszyklus [4, 6], ein photosynthetischer Kreisprozess geschlossen werden, welcher an 2 Stellen CO<sub>2</sub> fixiert, Glyoxylat für weitere Reaktionen freigibt und den primären C-Akzeptor wieder zurückbildet (vgl. Abb. 1).

Ein sehr eigentümliches Markierungsverhalten zeigt Alanin in den Lichtexperimenten. Im Dunkelexperiment ist die Kinetik einfach. Sie legt die Vermutung nahe, dass Alanin aus einem Intermediärprodukt des Krebszyklus oder einem direkten Nebenprodukt, wie Glutaminsäure, entsteht, da diese die einzigen früh markierten Produkte ausser Alanin sind. Man könnte sich eine Alaninbildung durch eine Acetylspaltung von Glutaminsäure vorstellen, was das Markierungsverhalten von Alanin im Dunkeln erklärte. Eine solche Reaktion ist vorläufig Vermutung. Auch für die Lichtexperimente könnte diese Reaktion zur Klärung der Markierungskinetiken beitragen, doch ist auch mit der von CALVIN [7] vorgeschlagenen direkten Bildung von Alanin aus Phosphoglycerat zu rechnen. Durch Überlagerung beider Prozesse werden die Kinetiken reichlich kompliziert. Jedenfalls sprechen die gefundenen Resultate eher für die Bildung von Pyruvat aus Alanin als umgekehrt.

#### LITERATUR

1. DUYSSENS, L. N. M., AMESZ, J.: *Biochem. Biophys. Acta* 64, 243; 1962.
2. HATCH, M. D., SLACK, C. R.: *Biochem. J.* 101, 103; 1966.
3. HATCH, M. D. *et al.*: *Biochem. J.* 102, 417; 1967.
4. BUCHANAN, B. B., EVANS, M. C. W.: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* 54, 1212; 1965.
5. BECKER, J. D. *et al.*: *Z. Pflanzenphysiol.* 58, 212; 1968.
6. EVANS, M. C. W. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.* 55, 928; 1966.
7. CALVIN, M., BASSHAM, J. A., in: *The Photosynthesis of Carbon Compounds*. W. A. Benjamin, Inc., New York 1962, p. 33.

**3.** K. H. ERISMANN (Bern) – *Die Interaktion der Nitratreduktion mit dem Photosynthesemetabolismus*

4. P. A. SIEGENTHALER (Laboratoire de physiologie végétale, Institut de Botanique de l'Université de Neuchâtel) – *Conséquences d'un vieillissement in vitro sur le volume et les réactions photochimiques de chloroplastes isolés d'épinard*

Une étude du comportement des chloroplastes *in vitro* nous a montré qu'un séjour prolongé de ceux-ci (à 20°C et à un pH optimum de 8) a pour effet d'accroître leur volume [1, 2]. L'augmentation de volume des chloroplastes est lente à l'obscurité et subit une accélération lorsque les plastides sont illuminés ( $3,45 \cdot 10^5 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ ). Les courbes traduisant les variations de volume de ces organites ayant séjourné à l'obscurité et à la lumière se croisent plus ou moins rapidement indiquant qu'indépendamment du traitement subi (obscurité ou lumière), les chloroplastes *in vitro* finissent par présenter le même volume après quelques heures [2]. Au cours de ce processus de gonflement, l'architecture structurale des chloroplastes isolés est désorganisée [3, 4] d'une manière comparable à celle de chloroplastes âgés *in situ* ou carencés en azote au cours de leur croissance [5]. En outre, la désorganisation de l'ordonnance des lamelles plastidiales, notamment en présence de lumière, est associée à des réactions de peroxydation [6] et de lyse des lipides [7] qui, généralement, caractérisent les systèmes membranaires de particules cytoplasmiques en voie de vieillissement ou de détérioration [8].

Ces observations nous ont amené à considérer le phénomène de gonflement des plastides comme le résultat de processus attribuables au vieillissement.

Dans cette perspective, il est bien clair que les modifications structurales et biochimiques qui accompagnent le gonflement des chloroplastes *in vitro* vont à leur tour affecter les activités photosynthétiques de ces organites. En effet, qu'il s'agisse de la synthèse d'ATP, du dégagement d'oxygène ou de la photoréduction de  $\text{NADP}^+$ , ces activités sont déprimées chez des chloroplastes ayant séjourné à l'obscurité [9]. La durée du séjour nécessaire à l'obtention d'une inhibition complète varie de 4 à 6 heures, temps qui est généralement requis pour un gonflement maximum des chloroplastes à l'obscurité [2]. Un séjour *in vitro* des plastides en présence de lumière accélère non seulement le gonflement des chloroplastes mais, simultanément, l'inhibition des activités étudiées. La lumière est donc un agent de synergisme. La figure 1 illustre l'inhibition des activités photochimiques associées au flux non cyclique des électrons au cours du vieillissement *in vitro* des chloroplastes.

De toutes les activités photochimiques mesurées chez des chloroplastes ayant séjourné à l'obscurité et à la lumière, la réaction de photoréduction du ferricyanure constitue une exception. En effet, cette activité est beaucoup plus résistante que les autres à une incubation prolongée des chloroplastes. Ainsi donc, dans nos conditions expérimentales, le vieillissement des chloroplastes *in vitro* a pour effet de découpler le flux d'électrons et la photophosphorylation qui lui est associée. Ce découplage explique probablement l'apparente accélération de la photoréduction du

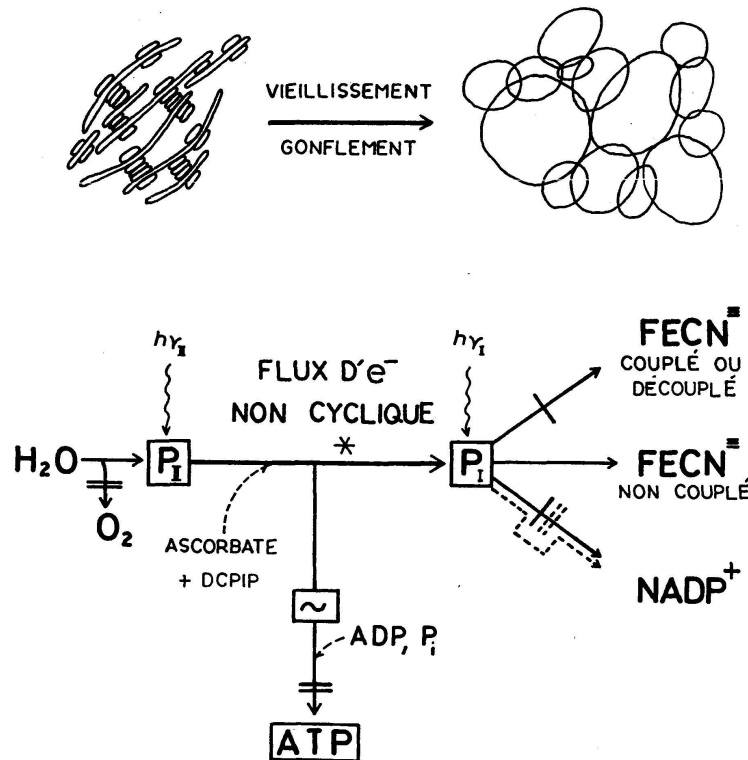


Figure 1

Schéma illustrant les effets d'un vieillissement *in vitro* sur la structure et les activités photochimiques des chloroplastes associées au flux non cyclique des électrons

ferricyanure chez des chloroplastes ayant séjourné à l'obscurité [9]. Cet effet de découplage est encore plus prononcé lorsque les chloroplastes vieillissent en présence de lumière.

La grande sensibilité du mécanisme de la photophosphorylation vis-à-vis d'un vieillissement *in vitro* est en outre illustrée par le fait que la part du flux d'électrons due à un couplage en présence des réactifs de la photophosphorylation (ADP, Pi,  $Mg^{++}$ ) ou à un découplage en présence de  $NH_4Cl$  est très rapidement inhibée. En effet, un séjour des chloroplastes pendant 45 minutes à la lumière suffit à abaisser la vitesse du flux d'électrons à son niveau initial (voir fig. 1).

L'activité de photoréduction de  $NADP^+$ , perdue chez des chloroplastes en voie de vieillissement, peut être restaurée par le couple donneur d'électrons ascorbate - dichlorophénol indophénol. Cette observation confirme les résultats de VERNON et ZAUGG [10] et suggère que le vieillissement des chloroplastes, surtout en présence de lumière, perturbe l'intégrité fonctionnelle du photosystème II ( $P_{II}$  dans la fig. 1).

L'observation que l'activité de photoréduction du ferricyanure ( $FeCy$ ), contrairement à celle de  $NADP^+$  et du dégagement d' $O_2$ , ne soit pas ou peu inhibée chez des chloroplastes en voie de vieillissement, soulève deux problèmes pour lesquels il est encore difficile de donner une explication: celui de la stœchiométrie entre le dégagement d' $O_2$  et la photoréduction

du FeCy et celui du point de sortie des électrons réduisant le FeCy dans la chaîne photosynthétique. Comment expliquer en effet que le dégagement d'O<sub>2</sub> soit inhibé au cours du vieillissement sans modification concomitante et simultanée de la photoréduction du FeCy? Si le photosystème II, qui est le générateur naturel d'électrons à partir de l'eau, est endommagé, comme semble l'indiquer les expériences de restauration de la photoréduction de NADP<sup>+</sup> en présence d'un donneur artificiel d'électrons (ascorbate-DCPIP), on peut se demander quelle est la source des électrons utilisée dans la photoréduction observée du FeCy.

Le deuxième problème concerne également la différence de sensibilité de la photoréduction en présence des oxydants FeCy et NADP<sup>+</sup> chez des chloroplastes en voie de vieillissement. Nous avons vu que l'inhibition de la photoréduction du NADP<sup>+</sup>, notamment chez des chloroplastes ayant séjourné à la lumière, pouvait être levée, en tout ou en partie suivant la durée d'incubation *in vitro* des chloroplastes, par l'addition d'un donneur artificiel d'électrons. Ceci montre bien que le photosystème I, contrairement au photosystème II, n'est pas complètement inactivé au cours du vieillissement. Deux interprétations sont alors possibles: a) Le photosystème I reste intact et le FeCy est réduit normalement. Dans ce cas le vieillissement inhiberait le mécanisme de photoréduction du NADP<sup>+</sup> à un niveau qui n'intervient pas dans la photoréduction du FeCy, par exemple au niveau de la ferredoxine-NADP réductase. b) Le vieillissement détruit lentement l'intégrité fonctionnelle du photosystème I, surtout en présence de lumière. En conséquence, l'activité de photoréduction du NADP<sup>+</sup> diminue et sa restauration en présence d'un donneur artificiel d'électrons, totale au début, n'est plus que partielle après un certain temps. Dans ce cas, on pourrait envisager [11] que le FeCy accepte la plupart des électrons responsables de sa réduction à partir d'un composé situé entre les deux photosystèmes (\* dans la fig. 1). Mais comme dans le cas du problème de stœchiométrie évoqué plus haut, la source réelle des électrons demeure une inconnue.

Les résultats précédents ont montré que le vieillissement des chloroplastes *in vitro* a pour conséquence d'inhiber davantage le mécanisme de synthèse d'ATP que celui du transport d'électrons. Or, nous savons que le phénomène de contraction des chloroplastes et l'activité adénosine triphosphatase sont intimement liés aux processus de transfert de l'énergie au sein de l'appareil chlorophyllien. Dans cette perspective, il nous a paru intéressant de rechercher si le vieillissement *in vitro* des chloroplastes qui se manifeste, comme nous l'avons vu, par un gonflement de ces organites, était de nature à altérer aussi la capacité des plastides à se contracter. Il existe un parallélisme frappant entre le gonflement des chloroplastes séjournant à l'obscurité et l'inhibition de la capacité de ces mêmes organites à se contracter (fig. 2, symboles fermés). Un traitement lumineux a pour conséquence d'accélérer le gonflement et d'inhiber, dans la même proportion, la capacité des chloroplastes à se contracter (fig. 2, symboles ouverts). Le temps nécessaire à l'obtention de l'inhibition complète de ce phénomène qui survient, à la lumière après 2 heures d'incubation des chlo-

roplastes, et, à l'obscurité, après 6 heures environ, correspond, dans l'un et l'autre cas, au temps requis pour obtenir un maximum de gonflement.

Rappelons à ce propos l'hypothèse d'après laquelle un composé intermédiaire à haute énergie ( $\sim$ ), d'où serait issue l'énergie nécessaire à la contraction et à l'estérification de l'ADP en ATP, serait formé au cours d'une réaction lumineuse [12, 13]. Quelle que soit la nature de l'état énergétique envisagé, nos résultats indiquent que le vieillissement *in vitro* des chloroplastes a pour effet d'empêcher sa formation (voir schéma 3). C'est ainsi que l'on peut expliquer l'inhibition parallèle de la photophosphorylation et de la capacité des chloroplastes à se contracter ainsi que l'effet découplant du vieillissement. Le schéma 3 montre également qu'un vieillissement *in vitro* inhibe l'activité de l'adénosine triphosphatase activée par la lumière et la présence d'un composé thiol [2].

Des expériences visant à déterminer les causes du vieillissement *in vitro* de l'appareil chlorophyllien ont révélé que l'acide linoléique ( $C_{18:3}$ ),

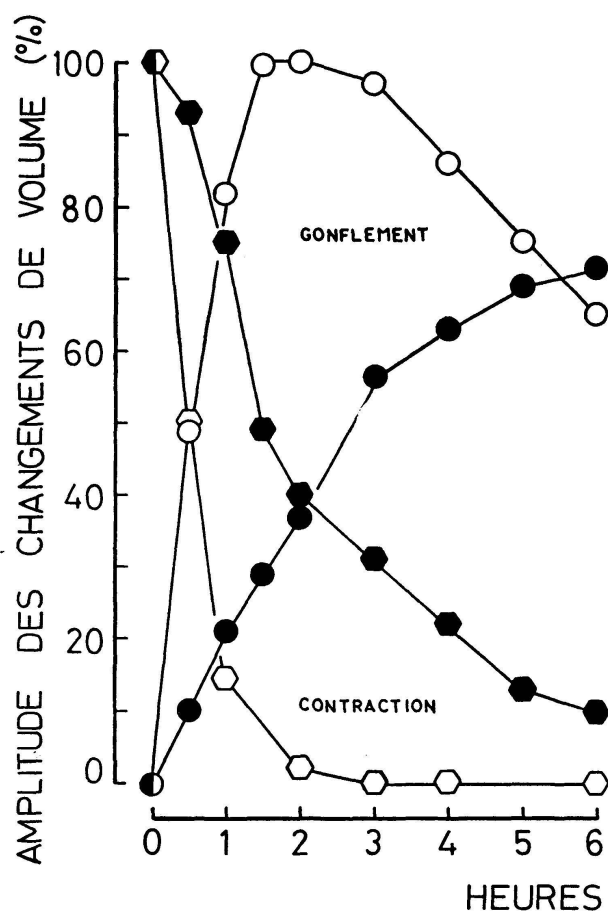


Figure 2

Comparaison de l'accroissement de volume des chloroplastes et de la diminution de leur capacité à se contracter en fonction du vieillissement *in vitro*. Les symboles fermés se réfèrent aux chloroplastes ayant séjourné à l'obscurité et les symboles ouverts aux chloroplastes illuminés. La valeur 100% correspond à l'amplitude maximale observée pour les deux phénomènes. Les conditions expérimentales se trouvent dans [2]



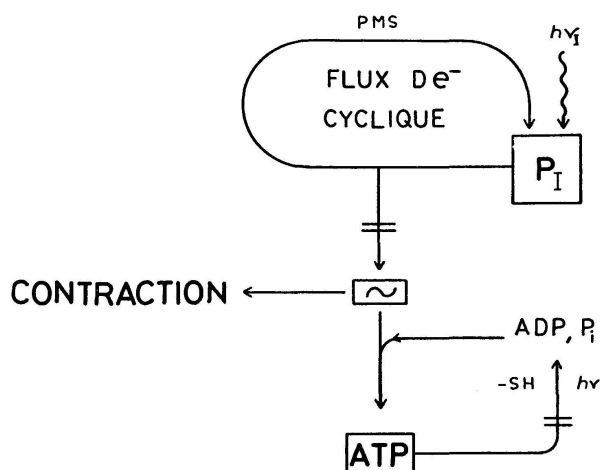


Figure 3

Schéma illustrant les effets d'un vieillissement sur les activités énergétiques des chloroplastes associées au flux cyclique des électrons

l'un des principaux produits de dégradation des lipides des thylakoïdes [14], a le même effet sur les réactions photochimiques qu'un séjour prolongé des chloroplastes *in vitro*. En effet, à une concentration de 50  $\mu\text{M}$ , l'acide linoléique inhibe la réaction de photophosphorylation et la capacité des chloroplastes à se contracter dans la même proportion qu'un vieillissement *in vitro* à l'obscurité. L'effet synergique de la lumière sur ces réactions correspond à celui d'une concentration en acide linoléique plus élevée (200  $\mu\text{M}$ ). La réaction de photoréduction du FeCy est, comme dans le cas du vieillissement, nettement moins affectée par un traitement à l'acide linoléique. D'autres acides gras, comme les acides palmitique et stéarique, en plus faibles quantités dans les thylakoïdes [14], n'ont que peu d'effet sur les mêmes réactions.

En conclusion, le vieillissement *in vitro* des chloroplastes à l'obscurité est caractérisé par une augmentation de volume de ces organites et par une inhibition simultanée de leur capacité à se contracter. Parallèlement à la désorganisation de l'architecture lamellaire et granaire des chloroplastes, la plupart des activités photochimiques des thylakoïdes sont déprimées. Le vieillissement a pour effet de découpler le flux d'électrons (mesuré en présence de l'oxydant ferricyanure) et la photophosphorylation, et d'altérer l'intégrité fonctionnelle du photosystème II. Un vieillissement en présence de lumière a un effet synergique sur ces réactions. En outre, l'influence d'un vieillissement *in vitro* semble avoir le même effet sur la structure et la fonction photochimique des chloroplastes qu'un traitement à l'acide linoléique.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. SIEGENTHALER, P.A.: *Experientia* 24, 1198; 1968.
2. SIEGENTHALER, P.A.: *Plant & Cell Physiol.* 10, 801; 1969.
3. MURAKAMI, S., and NOBEL, P.S.: *Plant & Cell Physiol.* 8, 657; 1967.



4. DEAMER, D.W., and PACKER, L.: Arch.Biochem.Biophys. 119, 83; 1967.
5. BOURDU, R., CHAMPIGNY, M.L., LEFORT, M., MARLOW, M., et MOYSE, A.: Physiol.vég. 3, 355; 1965.
6. HEATH, R.L., and PACKER, L.: Arch.Biochem.Biophys. 125, 189; 1968.
7. WINTERMANS, J.F.G.: Dans le chloroplaste, croissance et vieillissement. Edité par C. Sironval. Masson 1967, p. 86.
8. PACKER, L., DEAMER, D.W., and HEATH, R.L.: Adv.Gerontol.Res. 2, 77; 1967.
9. SIEGENTHALER, P.A.: Plant & Cell Physiol. 10, 811; 1969.
10. VERNON, L.P., and ZAUGG, W.S.: J.Biol.Chem. 235, 2728; 1960.
11. AVRON, M.: In: Current topics in bioenergetics. Edited by Sanadi D.R., 2, 1; 1967.
12. HIND, G., and JAGENDORF, A.T.: J.Biol.Chem. 240, 3195; 1965.
13. DILLEY, R.A., and VERNON, L.P.: Biochem. 3, 817; 1964.
14. WOLF, F.T., CONIGLIO, J.G., and DAVIS, J.T.: Plant Physiol. 37, 83; 1962.

### 5. INGRID SPECHT-JÜRGENSEN (Universität Zürich) – *Ionentransport durch die Chloroplastenmembran*

Das Problem des Ionentransportes bei der Photosynthese hängt eng zusammen mit der Frage nach dem ersten Produkt bei der Energieumwandlung von eingestrahltm Licht in chemische Energie in Chloroplasten.

Während der zyklischen Phosphorylierung (mit PMS als Elektronendonator) entsteht bei Belichtung ein energiereiches Zwischenprodukt  $X_E$ , das im Dunkeln spontan oder unter Bildung von ATP zerfällt. Im Zusammenhang mit der Entstehung von  $X_E$  beobachtet man folgende Phänomene:

1.  $X_E$  ist membrangebunden.
2. Es kann im Dunkeln ATP bilden.
3. Unter den Bedingungen zur Bildung von  $X_E$  nehmen die Granapartikel Protonen auf, die sie in einer nachfolgenden Dunkelphase wieder abgeben.
4. Gleichzeitig mit der  $H^+$ -Aufnahme kann eine  $K^+$ -Abgabe aus den Partikeln beobachtet werden.

Über die Natur von  $X_E$  bestehen zwei verschiedene Hypothesen:

- die «chemische Hypothese», nach der  $X_E$  eine chemische Substanz in der Membran ist<sup>1</sup>, und die
- «chemiosmotische Hypothese», nach der  $X_E$  identisch ist mit dem bei Belichtung gebildeten Protonengradienten über der Membran<sup>2</sup>.

Zur Prüfung, welche Hypothese die genannten Phänomene am angemessensten beschreibt, können unter anderem Versuche mit Ionencarriern dienen. Diese Substanzen sind meist Antibiotika mit lipophilem Charakter, die für bestimmte Ionen ein starkes Komplexierungsvermögen auf-

<sup>1</sup> SLATER, E. C. 1967, Europ.JBiochem. 1, 317.

<sup>2</sup> MITCHELL, P. 1967, Biol.Rev. 41. 445.

weisen und diese durch Lipidmembranen hindurchzutransportieren vermögen.

Dinactin, ein Macrotetrolid mit  $K^+$ -spezifischem Komplexierungsvermögen, wurde bei unseren Versuchen in seiner Wirkung auf Granapartikel aus Spinatchloroplasten geprüft<sup>3</sup>. Es zeigte sich, dass die zyklische Phosphorylierung in einem Milieu, das ausschliesslich  $Na^+$  enthielt, sehr viel stärker gehemmt wurde als in  $K^+$ . Dagegen wirkte Dinactin auf den Protonengradienten im Licht entgegengesetzt: durch Hemmung in  $K^+$  gegenüber  $Na^+$ .

Da Dinactin die Permeabilität der Membran für  $K^+$  erhöht, wäre folgende Erklärung denkbar: Parallel zur Phosphorylierung erfolgt ein aktiver Efflux von  $K^+$  aus den Granapartikeln. Bei Zugabe von Dinactin würde dieser durch passiven Verlust des internen  $K^+$  als Folge der Permeationszunahme unmöglich gemacht. In einem Medium, das nur  $Na^+$  enthält, muss die Phosphorylierungsrate daher rasch abnehmen. Findet ausserdem wegen des beschleunigten Verlustes von  $K^+$  gleichzeitig ein beschleunigter Protonentransport statt infolge der engen Kopplung der beiden Prozesse, so würde wegen der Geschwindigkeit der Reaktionen die Ausbildung eines im «steady state» messbaren Protonengradienten dadurch verhindert werden, während in  $K^+$  die Phosphorylierung unbeeinflusst bleiben könnte.

Die angeführten Versuchsergebnisse sprechen also für eine enge und notwendige Kopplung der zyklischen Phosphorylierung mit dem  $K^+$ -Transport und damit auch dem Protonentransport, was eine Deutung der Phänomene im Sinne der chemiosmotischen Theorie nahelegt.

6. K. SCHNEIDER (Zürich) – *Zur Messung der Photorespiration mit Hilfe von  $^{14}CO_2$*

7. R. MARET et H. MEIER (Université de Fribourg) – *Chimie et morphologie submicroscopique des parois cellulaires chez l'ascomycète *Chaetomium globosum* (KUNZE)*

Outre l'intérêt du problème en soi, deux raisons principales nous ont poussés à nous pencher sur le problème de la structure chimique et morphologique des parois cellulaires des champignons: d'abord, l'importance de la question d'un point de vue comparatif et évolutionniste; ensuite, l'intérêt de savoir comment les champignons dégradant le bois se protègent contre la prodigieuse efficacité de leurs enzymes et, dans le même temps, comment ils synthétisent leurs propres parois.

Ceci revient à étudier les principaux composants de leurs parois cellulaires et en particulier le caractère chimique de leurs polysaccharides.

Nous avons choisi l'ascomycète *Chaetomium globosum* (KUNZE) qui sporule facilement et qui produit dans le bois qu'il attaque la pourriture dite molle. Le matériel d'étude est du mycélium cultivé en milieu liquide

<sup>3</sup> BACHOFEN, R. und J. SPECHT-JÜRGENSEN, 1970, *Planta* 90, 66.

au malt. Dès le début des travaux se posa la question de la limite précise de la paroi cellulaire: car, d'une part, les hyphes croissent entourées d'une gaine mucilagineuse ou capsule et, d'autre part, lorsqu'elles sont brisées et vidées par l'action des ultra-sons leur contenu montre une teneur très élevée en polysaccharides de nature glycogénique qu'il importait de situer par rapport à la paroi. Pour ce faire, nous avons employé une mise en évidence histochimique des polysaccharides en microscopie électronique selon la méthode de THIÉRY [1] (attaque des liaisons vic-glycol par l'acide périodique, réaction des groupements aldéhydes formés avec la thiosemicarbazide et mise en évidence des groupements thio- du réactif par action d'un protéinate d'argent).

Cette méthode a non seulement permis de situer les polysaccharides de réserve mais encore de révéler certaines structures dans la paroi et dans la capsule dues à la présence probable de polysaccharides ayant des groupements vic-glycol.

Les parois brisées et purifiées ont été extraites à l'alcali et à l'éthylène diamine de cuivre («cuène»). Nous avons essayé de suivre par la méthode de THIÉRY les modifications qui pouvaient en résulter.

Avant de présenter les principaux résultats des études morphologiques, quelques chiffres et quelques indications sur la composition du mycélium:

Les polysaccharides de réserve de nature glycogénique mise en évidence par la méthode de THIÉRY représentent environ un quart du poids du mycélium sec entier. Les parois se composent grossièrement ainsi: 2 à 3% de graisses, 10% de protéines, 80 à 90% de polysaccharides. De ces polysaccharides un peu moins de la moitié peuvent être extraits par l'alcali et le «cuène».

Ces extraits ont une teneur en protéines d'environ 10%. Il s'agit vraisemblablement de glycoprotéines, dont les sucres libérés par hydrolyse sont – par ordre d'importance – le glucose, le galactose, le mannose avec une faible proportion de glucosamine. Les acides aminés habituels constituent la partie protéique. Les plus abondants sont ceux ordinairement impliqués dans les liaisons glycopeptidiques, à savoir: l'acide aspartique, l'acide glutamique, la sérine, la thréonine.

Le résidu des extractions à l'alcali et au cuène se compose surtout de polyglucosamines N-acétylées (chitine), accompagnées de polysaccharides très résistants qui donnent à l'hydrolyse du glucose, du galactose et un peu de mannose. Le résidu contient aussi environ 10% de protéines.

La composante protéique a certainement un rôle de structure, ce qui est démontré par l'action de la trypsine qui fait disparaître l'aspect amorphe des hyphes les résolvant en grosses fibrilles.

Les résultats actuels nous permettent d'imaginer ainsi la morphologie submicroscopique de la paroi: un réseau de fibrilles (probablement essentiellement de chitine) s'entrecroisant au sein d'une matrix amorphe qui les enrobe et les recouvre sur la face extérieure, formant une couche superposée, elle-même parcourue d'un réseau fibrillaire extrêmement fin.

La capsule se compose de matériel fibrillaire retenant dans ses mailles une substance granulaire. Les polysaccharides qui la composent donnent

à l'hydrolyse du glucose avec une très faible proportion de galactose et de mannose. Le matériel fibrillaire semble être essentiellement des glucanes possédant des groupements vic-glycol, puisqu'ils sont mis en évidence aisément par la méthode de THIÉRY.

La nature exacte de ces différents constituants et leurs mutuels rapports sont justement en pleine étude et, comme on peut le penser, les questions sont encore infiniment plus nombreuses que les réponses.

#### LITTÉRATURE

THIÉRY, J.-P.: Mise en évidence des polysaccharides sur coupes fines en microscopie électronique. *J. Microscopie* 6, 987-1018; 1967.

#### 8. G. FRANZ und H. MEIER (Universität Freiburg) – *Einige Probleme der Zellulosebiosynthese*

Es sollen im folgenden einige aktuelle Fragen diskutiert werden, die im Zusammenhang mit der Zellulosebiosynthese einer Lösung harren.

Diese Fragen bzw. Fragenkomplexe lassen sich wie folgt umreißen:

1. Sind zur Bildung der Zellulose ganz spezifische Zuckernukleotide notwendig?
2. Welches sind die «Primer»-Moleküle, auf die die Zuckerreste von den Zuckernukleotiden übertragen werden, und wie werden die «Primer»-Moleküle gebildet?
3. Wo erfolgt in den Zellen die Zellulosesynthese?

In Pflanzen hat man gefunden, dass Glukose an verschiedene Nukleosiddiphosphate gebunden sein kann. So wurden aus verschiedenen Geweben Adenosin-, Uridin- und Guanosindiphosphatglukose isoliert, und es stellt sich nun die Frage, ob jedes dieser Glukosenukleotide nur für die Synthese eines ganz bestimmten Polysaccharides benützt werden kann, und, wenn ja, welches von ihnen der Zellulosevorläufer ist. BARBER, ELBEIN und HASSID [1], die die *In-vitro*-Biosynthese von Zellulose mit Enzympräparationen aus höheren Pflanzen untersuchten, erhielten ausschliesslich mit dem Zuckernukleotid GDPG ein alkaliunlösliches Glukan, das sich bei der Analyse als Zellulose erwies. Andere Autoren konnten zeigen, dass neben GDPG auch UDPG mit Enzympartikeln aus verschiedenen höheren Pflanzen ein alkaliunlösliches Glukan bildet, das neben  $\beta$ -1,4-allerdings auch  $\beta$ -1,3-Bindungen aufweist. Das Verhältnis zwischen  $\beta$ -1,4- und  $\beta$ -1,3-Bindungen war je nach Art der Enzymextraktion und -behandlung mengenmässig verschieden. So waren FLOWERS, BATRA und HASSID [2] in der Lage, ein reines  $\beta$ -1,3-Glukan mit UDPG als Glukosyldonor zu synthetisieren. STANLEY und THOMAS [3] konnten zeigen, dass nach Zusatz von Glyzerin zum Reaktionsgemisch vermehrt  $\beta$ -1,3-Bindungen gebildet wurden.

Zu all diesen Untersuchungen *in vitro* muss kritisch bemerkt werden, dass die experimentellen Bedingungen jeweils bei den verschiedenen

Autoren variierten und sicher von den Bedingungen *in vivo* sehr verschieden waren. Es ist daher schwierig, eine gültige Antwort zu erhalten, ob UDPG oder GDPG oder möglicherweise beide Zuckernukleotide von der Zelle zur Zellulosesynthese verwendet werden. Der Umstand, dass GDPG bislang nur aus wenigen pflanzlichen Geweben in sehr geringen Mengen isoliert werden konnte, spricht am ehesten für UDPG als Zellulose-Precursor. In wachsenden Baumwollhaaren zum Beispiel konnten überhaupt keine guanosinhaltigen Nukleotide nachgewiesen werden, während dort UDPG in grossen Mengen vorhanden ist. Auch gelang es, *in vivo* Glukose-<sup>14</sup>C aus UDP-<sup>14</sup>C-G in die Zellulose wachsender Baumwollhaare einzubauen. Es ist jedoch denkbar, dass GDPG zur Biosynthese von Glukomannanen benützt wird, in denen auch  $\beta$ -1,4-gebundene Glukosereste vorhanden sind.

GLASER [4] konnte nachweisen, dass zur Biosynthese der Zellulose in niederen Organismen Startermoleküle oder «Primers» benötigt werden. Zellodextrine von verschiedener Kettenlänge dienten als Akzeptoren für Glukose vom Glukosyldonator UDPG, um durch kontinuierliche Kettenverlängerung Zellulose zu bilden. Bei der Biosynthese mit Enzympräparationen aus höheren Pflanzen und GDPG als Glukosyldonator konnte dieser Effekt nicht nachgewiesen werden.

BAILEY und HASSID [5] konnten zeigen, dass mit den isolierten Enzympartikeln aus *Phaseolus-aureus*-Keimlingen verschiedene Polysaccharide assoziiert vorkommen, die nach saurer Partialhydrolyse unter anderem Zellobiose ergaben. Es ist also anzunehmen, dass in all den Enzympartikeln der entsprechende Akzeptor vorhanden war. Wir haben versucht, den partikelgebundenen Akzeptor zu entfernen, indem wir die Partikeln mit löslicher *Aspergillus-niger*-Zellulase behandelten, die neben  $\beta$ -1,4- auch  $\beta$ -1,3-Glukanasen enthalten soll. Es zeigte sich, dass nach der Behandlung ohne zugesetzten Akzeptor keine Glukanbildung erreicht werden konnte, dass also zur Polysaccharidbildung ein Startermolekül vorhanden sein muss. Zusätze von Glukose, Zellobiose, -triose, -tetraose, -pentaose und -hexaose zu den akzeptorfreien Partikeln erwiesen sich als kaum aktive Akzeptoren. Höhermolekulare Zellodextrine von verschiedener Kettenlänge zeigten sich dagegen geeignet als Akzeptoren für Glukose, um ein alkaliunlösliches Glukan zu bilden.

In weiteren Versuchen zeigte es sich, dass in den Enzympartikeln zusammen mit den Synthetasen auch Polysaccharidasen auftraten, die das *in vitro* gebildete alkaliunlösliche radioaktive Polysaccharid bei längerer Inkubation zum Teil abbauten. Das Vorhandensein von Zellulase und anderen Polysaccharidasen wurde bereits von anderen Autoren in verschiedenen pflanzlichen Geweben aufgezeigt.

Um ein zellulasefreies Enzymssystem zu finden, das fähig ist, Glukose vom Glukosyldonor auf einen Akzeptor zu übertragen, untersuchten wir die lösliche Proteinfraction eines Homogenisats von Baumwollhaaren. Eine 30–40prozentige Ammoniumsulfatfraction erwies sich als aktiv für den Glukosetransfer von UDPG auf Zellobiose und Zellotriose. Durch Reduzieren der *in vitro* gebildeten radioaktiven Zellotriose, erhalten aus

Zellobiose und UDP-<sup>14</sup>C-G, und nachfolgender Hydrolyse konnte gezeigt werden, dass die Glukose bei der Kettenverlängerung an das nicht reduzierende Ende des Moleküls angeknüpft wurde. Dies folgt daraus, dass nach der Hydrolyse nur markierte Glukose und nicht markiertes Glukitol erhalten wurde.

Über die Rolle der löslichen Transferase lässt sich bislang noch nicht viel aussagen. Möglicherweise ist sie nur für die Bildung von niedermolekularen Akzeptormolekülen verantwortlich. Auf diese werden dann möglicherweise in einem zweiten Schritt vom partikelgebundenen Enzym weitere Glukosereste übertragen.

Auch die Frage nach den Zellorganellen, die für die Bildung der Zellulose verantwortlich sind, kann noch nicht als gelöst betrachtet werden. Einige Autoren zeigten, dass in den Golgi-Vesikeln Polysaccharide gebildet werden können, die vor allem pektinartiger Natur sind. ALBERSHEIM und Mitarbeiter [6] allerdings, die durch fraktioniertes Zentrifugieren die Zellpartikeln auftrennten, konnten in der Fraktion, in der die Golgi-Vesikel vorhanden sein mussten, keine signifikante Enzymaktivität von Polysaccharid-Synthetasen nachweisen. Es wurde von diesen und anderen Autoren hingegen postuliert, dass die Synthese der Zellwandpolysaccharide, also auch der Zellulose, im Plasmalemma stattfindet. MÜHLETHALER [7] postulierte, dass sie in speziellen Partikeln, die sich auf dem Plasmalemma befinden, erfolge.

Im Zusammenhang damit mag auch noch die Frage aufgeworfen werden, wie die ziemlich hydrophilen Zuckernukleotide in oder durch das Plasmalemma wandern. Möglicherweise werden die Zucker an ein Lipid gebunden, das als Zwischenglied zwischen Nukleotid und Polysaccharid fungiert, wie es schon vor Jahren von COLVIN [8] postuliert worden ist.

Neuerlich wurde von KAUSS [9] und von VILLEMEZ [10] ein solches «Lipidintermediate» bei der Biosynthese von Glukomannanen aufgefunden.

Es scheint, dass heute die Erforschung der Biosynthese von Zellwandpolysacchariden in ein entscheidendes Stadium eingetreten ist, und man kann vermuten und hoffen, dass wir in der nahen Zukunft bedeutend klarer sehen werden.

#### LITERATUR

1. BARBER, G.A., ELBEIN, A.D., und HASSID, W.Z.: *J.Biol.Chem.* 293, 4056; 1964.
2. FLOWERS, H.M., BATRA, K.K., und HASSID, W.Z.: *Plant Physiology* 43, 1703; 1968.
3. STANLEY, R.G., und THOMAS, D. des S.: *Biochem.Biophys.Res.Comm.* 30, 292; 1968.
4. GLASER, L.: *J.Biol.Chem.* 232, 627; 1958.
5. BAILEY, R.W., HAQU, S., und HASSID, W.Z.: *Phytochemistry* 6, 293; 1967.
6. VILLEMEZ, C.L., McNAB, J.M., und ALBERSHEIM, P.: *Nature* 218, 878; 1968.
7. MÜHLETHALER, K.: *Ann.Rev.Plant.Physiol.* 18, 1; 1967.
8. COLVIN, J.R., und BEER, M.: *Can.J.Microbiol.* 6, 631; 1960.
9. KAUSS, H.: Persönliche Mitteilung.
10. VILLEMEZ, C.L.: Persönliche Mitteilung.



Sonntag, 5. Oktober 1969

1. G. TURIAN (Laboratoire de Microbiologie, Institut de Botanique générale, Université de Genève) – *Quelques aspects de la morphogenèse fongique. Ultrastructure et fonction.*

La morphogenèse peut être définie comme élaboration de la forme organique spécifique. A ce titre, elle implique l'intervention des phénomènes de croissance, de différenciation et d'organisation.

La morphogenèse des moisissures offre l'avantage de n'impliquer que des processus de croissance et de différenciation. Nous avons choisi deux modèles: l'un de morphogenèse asexuelle, la conidiogenèse de *Neurospora*, l'autre de morphogenèse sexuelle, celle des gamétanges des *Allomyces*.

Au niveau structural, la microscopie optique séquentielle révèle que la conidiogenèse de *Neurospora* résulte d'un processus combiné de constrictions (arthrosporogenèse) et de bourgeonnements centrifuges (blastosporogenèse).

L'étude au microscope électronique a déjà permis de préciser certains aspects du processus de constriction ainsi que l'existence et le maintien jusqu'à la désarticulation d'un pore bipolaire au travers duquel passe un connectif assurant la continuité de la chaînette conidienne basifuge.

L'utilisation d'un mutant à déficience morphologique, amycélien, a permis d'établir chez cette souche «amyc» une relation entre son incapacité à libérer des conidies et l'épaississement exagéré de ses parois. La guérison partielle d'«amyc» a été obtenue par modulation de son métabolisme dans le sens oxydatif en faisant croître la souche sur milieu à double source carbonée acétate + succinate.

En revanche, sur milieu sucré, le phénotype amycélien est maintenu et caractérisé par la présence d'un élément de réticulum endoplasmique continu et parallèle à la paroi dont l'épaisseur est exagérée. Le réticulum endoplasmique est par contre discontinu et présente une localisation cytoplasmique plus centrale dans les conidies induites sur acétate + succinate.

Sur le plan métabolique, il faut noter que le type sauvage, normalement conidiogène, de *Neurospora crassa* ne présente une prédominance du type fermentatif qu'en état de croissance hyphale (forme mycélienne). Deux isozymes de l'alcool-déshydrogénase (ADH) n'ont été mis en évidence que dans les extraits de conidies libres ou de mycéliums conidiogènes. Un seul est par contre décelable dans les extraits de mycéliums indifférenciés. Pour ce qui est du mutant «amyc», l'on sait déjà que, sous son phénotype caractéristique, il présente une très forte activité glycolytique alcoologène. Des études sont en cours concernant le type d'activité de l'ADH selon les conditions de culture. L'activité de l'ADH apparaît déjà comme plus oxydative et, par conséquent, initiateur des processus de gluconéogenèse dans les conditions de culture sur acétate favorables sinon nécessaires à la conidiogenèse normale de *Neurospora*.

En résumé, l'intensité et le type – oxydatif versus réductif – d'activités

de l'ADH apparaissent comme représentant l'une des articulations essentielles du mécanisme de régulation de la conidiation de *Neurospora*.

Les phénomènes de masculinisation des souches sauvages bisexuées d'*Alloomyces* observés consécutivement au traitement de leurs méiospores par les acridines ont été comparés sur des images – au microscope électronique – de coupes de leurs souches mutantes. Celles-ci, en petites colonies, présentent dans leurs gamétanges mâles des mitochondries peu différenciées et illustrées ailleurs (TURIAN et coll.; Arch. Mikrobiol. 69; 92–100, 1969).

## 2. P. E. PILET (Université de Lausanne) – *Le géotropisme radicaire: biochimie et ultrastructure*

Un certain nombre d'observations anciennes et pour la plupart oubliées, relatives au géotropisme des racines, méritent d'être reprises dans la perspective des recherches actuelles.

Il avait été postulé que des facteurs endogènes pouvaient être rendus responsables de la géoréaction. On sait aujourd'hui – grâce à l'emploi de composés marqués par du  $^{14}\text{C}$  – que les *auxines* se redistribuent dans la racine soumise à l'action de la pesanteur, entraînant ainsi une croissance différentielle et, par conséquent, contrôlant la courbure géotropique. Les premiers chercheurs avaient imaginé que l'apex radicaire était le lieu de la géoperception. Des expériences – faites sur *Lens culinaris* et *Zea Mays* – montrent notamment que la coiffe étant enlevée, la géoréaction est temporairement bloquée. Elle réapparaît en même temps que se reformeront des cellules apicales. Parallèlement, l'inégale distribution de l'acide  $\beta$ -indolylacétique- $2\text{-}^{14}\text{C}$ , entre les deux faces de la racine, n'est plus observable. Au début du siècle, il était admis que les graines d'amidon de la coiffe radicaire pouvaient jouer le rôle de *géorécepteurs*; sans toutefois comprendre exactement leur mécanisme d'action, la participation de ces *statolithes* à la réalisation de la *géosusception* est maintenant démontrée. Une analyse systématique en microscopie électronique a permis, de plus, de mettre en évidence d'importantes perturbations au niveau de l'ultrastructure. Les cellules corticales de la zone convexe de la racine sont surtout concernées. On a pu observer, entre autres, une rapide structuration des *mitochondries* (en rapport d'ailleurs avec une exaltation des processus respiratoires), un notable accroissement de l'activité des *dictyosomes* (entraînant l'accélération de l'exocytose) et une diminution du nombre des *vacuoles* dont la taille, par contre, augmente fortement (ce qui confirmerait certaines anciennes hypothèses qui admettaient l'intervention de réactions osmotiques). On a constaté en outre la multiplication des nappes du *reticulum endoplasmique* et une réduction de la densité du *hyaloplasme*. Cette « dilution » du cytoplasme est confirmée par un abaissement significatif du taux en *RNA cellulaire*, partiellement expliqué par une élévation de l'activité RN asique.

Du site de géoperception au lieu – morphologiquement perturbé de la géoréaction, et caractérisé par une redistribution des *auxines* – un processus d'information existe très certainement, mais dont la nature reste à préciser.