

Phyton (Austria)	Vol. 23	Fasc. 2	211—219	30. 9. 1983
------------------	---------	---------	---------	-------------

Aus dem Institut für Pflanzenphysiologie der Karl-Franzens-Universität
Graz

Die Lokalisation von oxidiertem 3,3'-Diaminobenzidin in Plastiden von *Ranunculus bulbosus*

Von

MANFRED GAILHOFER *)

Mit 10 Abbildungen auf 4 Tafeln

Eingelangt am 17. Mai 1982

Key Words: plastids, diaminobenzidine, membrane bound body,
Ranunculus bulbosus.

Summary

GAILHOFER M. 1983, Localization of oxidised 3,3'-diaminobenzidine in plastids of *Ranunculus bulbosus*. — *Phyton (Austria)* 23 (2): 211—219, with 10 figures (4 tables). — German with English summary.

Photooxidation of diaminobenzidine (DAB) was studied in epidermal plastids, in etiochloroplasts and in chloroplasts of the mesophyll and of the ground parenchyma of the petiole of *Ranunculus bulbosus*. Exposure to light in presence of DAB causes deposits of oxidized DAB in the intrathylakoidal space in etiochloroplasts and chloroplasts. This reaction is independent on pretreatment of the plants. Illumination of the plants prior to fixation causes deposits of oxidized DAB in the membrane bound body and in the intrathylakoidal space in epidermal plastids, when leaves were incubated in the dark. But, darkening the plants 14 to 16 hours prior to fixation and incubation in the dark causes no or only slight staining in the membrane bound body; the intrathylakoidal space is not stained. The oxidation of DAB in the membrane bound bodies is regarded as a photoreaction probably dependent on substances linked to the photosynthetic electron transport.

*) Dr. Manfred GAILHOFER, Institut für Pflanzenphysiologie, Karl-Franzens-Universität Graz, A-8010 Graz, Schubertstraße 51, Austria.

Zusammenfassung

GAILHOFER M. 1983. Die Lokalisation von oxidiertem 3-3'-Diaminobenzidin in Plastiden von *Ranunculus bulbosus*. — *Phyton (Austria)* 23 (2): 211—219, mit 10 Abbildungen (4 Tafeln). Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Das Auftreten von Niederschlägen als Folge der Photooxidation von Diaminobenzidin (DAB) wurde in den Plastiden der Epidermis und in den Chloroplasten und Etiochloroplasten des Mesophylls und des Grundgewebes im Blattstiel von *Ranunculus bulbosus* untersucht. Durch Photooxidation von DAB verursachte Niederschläge treten im intrathylakoidalen Raum der Etiochloroplasten und Chloroplasten nur bei Inkubation im Licht und unabhängig davon auf, ob die Pflanzen vor der Inkubation belichtet waren oder nicht. Bei Belichtung vor der Fixierung findet sich auch nach Inkubation im Dunkeln oxidiertes DAB im membranumgebenen Körper und im intrathylakoidalen Raum der Epidermisplastiden. Bei Verdunklung (14—16 Stunden) vor der Fixierung und nachfolgender Inkubation im Dunkeln wird im membranumgebenen Körper wenig oder kein DAB oxidiert; der intrathylakoidale Raum ist frei von Reaktionsprodukt. Es wird angenommen, daß die Oxidation von DAB im membranumgebenen Körper lichtabhängig ist und durch Substanzen der Elektronentransportkette vermittelt werden könnte.

Einleitung

Die Photooxidation von 3,3'-Diaminobenzidin (DAB) ermöglicht die Lokalisation photochemischer Aktivitäten innerhalb des Thylakoidsystems von Chloroplasten (NIR & SELIGMAN 1970). DAB wirkt als Elektronendonator für die photosynthetische Elektronentransportkette nahe beim oder im Photosystem I (CHUA 1972). Das polymere Reaktionsprodukt tritt erst an den Lamellen auf und füllt bei längerer Inkubation den intrathylakoidalen Raum (NIR & PEASE 1973, PORAT *et al.* 1978).

FREDERICK & NEWCOMB 1969 geben ein DAB-Medium zum Nachweis der Katalaseaktivität in Microbodies an. Nach Behandlung mit diesem Medium zeigt der membranumgebene Körper der Plastiden von *Nicotiana* Aktivität von Peroxidase (HENRY 1975) oder Enzymaktivität (HURKMAN & KENNEDY 1977) und jener der Milchröhren von *Papaver* Aktivität von Peroxidase an (NESSLER & MAHLBERG 1979 b); photochemische Aktivitäten werden nicht angenommen.

Es erschien daher von Interesse, das Verhalten des membranumgebenen Körpers der epidermalen Plastiden von *Ranunculus bulbosus* in einem modifizierten DAB-Medium nach NIR & SELIGMAN 1970 im Hinblick auf eine mögliche photochemische Komponente zu untersuchen.

Material und Methode

In Blumentöpfen im Gewächshaus gezogene Exemplare von *Ranunculus bulbosus* L. wurden vor der Fixierung teils belichtet, teils verdun-

kelt gehalten und fixierte Handschnitte teils im Lichte, teils im Dunkeln inkubiert, wie folgendes Schema darstellt:

	Vorbehandlung — Inkubation Kurzbezeichnung
1. Normaler Tag-Nacht-Rhythmus, das bedeutet vor der Fixierung 2 bis 4 Stunden Tageslicht → Inkubation im Licht	L — L
2. Dauerdunkel (14—16 Stunden) vom Einbruch der Nacht bis zu der tags darauf erfolgten Fixierung → Inkubation im Licht	D — L
3. Vorbehandlung wie unter 1. → Inkubation im Dunkel	L — D
4. Vorbehandlung wie unter 2. → Inkubation im Dunkel	D — D

Handschnitte von Blättern und Blattstielen von vorbehandelten Pflanzen wurden bei Dunkelheit mit 3⁰/₁₀igem Glutaraldehyd in 0,06 M Phosphatpuffer (pH 7,2) 1,5 Stunden bei 0—2° C fixiert und im gleichen Puffer gewaschen. Alle weiteren Arbeitsvorgänge wurden bei Zimmertemperatur durchgeführt. Nach dem Waschen wurden die Proben 30 Minuten im Dunkeln im DAB-Medium vorinkubiert. Das DAB-Medium (vgl. NIR & SELIGMAN 1970, PORAT *et al.* 1978) wurde etwas verändert und enthielt:

- 1 mg/ml 3,3'-Diaminobenzidin · 4 HCl (Serva, Heidelberg),
- 1.10⁻⁴M 3-(3,4 Dichlorphenyl)-1,1-dimethylharnstoff (Serva, Heidelberg),
- 1 mM Natriumazid gelöst in Phosphatpuffer (pH 7,2).

Je nach Versuchsart wurde nach der Vorinkubation 1 Stunde bei einer Lichtintensität von 7.000 Lux oder eine weitere Stunde bei Dunkelheit im DAB-Medium inkubiert. Nach der Inkubation wurden alle Versuchsansätze im Dunkeln gründlich mit Puffer gewaschen.

Die notwendigen Präparationsarbeiten wurden in schwachem Dunkelrot oder Dunkelgrün (Rubinrot- oder Olivgrünfilter, Fa. Durst) durchgeführt; die Ergebnisse waren gleich.

Anschließend wurde mit 1⁰/₁₀igem OsO₄ in Phosphatpuffer (pH 7,2) nachfixiert, in Äthanol entwässert und über Propylenoxid in Epon eingebettet.

Zusätzlich wurden Handschnitte von Pflanzen, die wie unter 1. vorbehandelt worden waren, ohne Inkubation fixiert und eingebettet.

Die Ultradünnschnitte wurden mit einem Reichert Ultramikrotom Om U 2 hergestellt und, wenn nicht anders vermerkt, ohne weitere Kontrastierung im Siemens Elmiskop IA untersucht.

Ergebnisse

Die Plastiden der Epidermis von *R. bulbosus* enthalten ein schwach entwickeltes Thylakoidsystem und ein bis drei membranumgebene Körper. Weiters tritt regelmäßig ein stabförmiger Eiweißeinschluß auf. Besonders während der Entwicklung der Plastiden liegen zahlreiche Vesikel meist peripher angeordnet, manchmal mit der inneren Plastidenmembran verbunden, vor (Abb. 1). Ebenfalls vorübergehend treten Prolamellarkörper auf (Abb. 2, 3, 4, 9), sie sind unregelmäßiger organisiert als die in Etiochloroplasten des Mesophylls und des Grundgewebes im Blattstiel (Abb. 5, 10); letztere enthalten weder membranumgebene Körper noch stabförmige Einschlüsse.

Um die Zunahme der Elektronendichte, wie sie nach Inkubation mit DAB auftreten kann, nicht zu überdecken, wurden die Ultradünnschnitte ohne Blei- und Uranylkontrast beobachtet. In Kontrollpräparaten ohne DAB-Behandlung erscheinen der Inhalt des membranumgebenen Körpers, der intrathylakoidale Raum und der Innenraum der Tubuli des Prolamellarkörpers etwa gleich elektronendicht wie das Plastidenstroma, der Inhalt der Vesikel sogar heller (Abb. 2). Der stabförmige Einschluß ist, sofern er im Schnitt getroffen wurde, auch ohne Kontrastierung deutlich erkennbar, er gibt bei DAB-Behandlung keine Reaktion (Abb. 3).

a) Inkubation mit DAB bei Licht (Ansatz L — L und D — L). Unabhängig von der vorangegangenen Belichtung findet sich nach Inkubation mit DAB im Licht oxidiertes DAB im intrathylakoidalen Raum epidermaler Plastiden, es tritt manchmal auch in den Tubuli des Prolamellarkörpers auf. Der membranumgebene Körper zeigt beim Ansatz L — L eine intensivere Schwärzung durch das Reaktionsprodukt von DAB als jener beim Ansatz D — L. Die zahlreichen oft randständigen Vesikel geben mit DAB keine Reaktion (Abb. 3, 4). Die jungen Chloroplasten und die Etiochloroplasten subepidermaler Zellagen enthalten das oxidierte DAB nur in den intrathylakoidalen Räumen (Abb. 5, 6). Randständige Thylakoide eines Granums und Stromathylakoide erscheinen durch das Oxidationsprodukt von DAB stärker kontrastiert als Thylakoide innerhalb eines Granums. Dabei fällt auf, daß Stromathylakoide auch im Bereich des Granums stärker kontrastiert sein können als eigentliche Granathylakoide (Abb. 6). Vesikel und Tubuli des Prolamellarkörpers sind frei von Reaktionsprodukt (Abb. 5).

b) Inkubation mit DAB im Dunkeln (Ansatz L — D und D — D). Nach Lichtvorbehandlung tritt in den Plastiden der Epidermis das Oxidationsprodukt von DAB in gleicher Weise wie in den Ansätzen mit Lichtinkubation innerhalb der Thylakoide auf, im membranumgebenen Körper scheint die Reaktion etwas schwächer auszufallen als im Versuchsansatz L — L (Abb. 7). In den Thylakoiden der jungen Chloro-

plasten aus dem Mesophyll oder Grundgewebe fehlt das Reaktionsprodukt (Abb. 8).

Nach Vorbehandlung im Dunkeln findet sich im membranumgebenen Körper der epidermalen Plastiden kein oder nur ein schwacher Niederschlag des Reaktionsproduktes. Das Thylakoidsystem und die Tubuli des Prolamellarkörpers enthalten kein oxidiertes DAB (Abb. 9).

Ebenso wie im Ansatz L — D sind die jungen Chloroplasten und die Etiochloroplasten in den an die Epidermis des Blattes und des Blattstiels angrenzenden Geweben frei von Reaktionsprodukt (Abb. 10).

D i s k u s s i o n

Oxidiertes DAB als Folge der Photooxidation tritt in den intrathylakoidalen Räumen der Etiochloroplasten und jungen Chloroplasten subepidermaler Gewebe von *R. bulbosus* nur nach Inkubation im Licht auf (vgl. NIR & SELIGMAN 1970, MARTY 1977, WRISCHER 1978). Das vermehrte Auftreten des polymeren Reaktionsproduktes in Stromathylakoiden und randständigen Lamellen eines Granums könnte die bevorzugte Lokalisation des Elektronenakzeptors in diesem Teil des Thylakoidsystems anzeigen. Nach Untersuchungen von OSTROVSKAJA *et al.* 1979 an Chloroplasten von Erbsen sollen nur die Stromathylakoide das Photosystem I enthalten, während in den eigentlichen Granathylakoiden das Photosystem II lokalisiert ist.

Das Fehlen des Reaktionsproduktes von DAB in den Tubuli der Prolamellarkörper von Etiochloroplasten wurde auch von WRISCHER 1978 in denen von *Phaseolus vulgaris* festgestellt. In den Tubuli der Prolamellarkörper epidermaler Plastiden von *R. bulbosus* treten hingegen manchmal Niederschläge von oxidiertem DAB auf. WRISCHER 1978 fand derartige Niederschläge in transformierenden Prolamellarkörpern und weist auf die Schwierigkeit hin, in diesem Entwicklungszustand der Prolamellarkörper Tubuli und angeschnittene Thylakoide voneinander zu unterscheiden. Nach HAMPP & WELLBURN 1978 treten in Prolamellarkörpern keine photochemischen Aktivitäten auf.

Vesikel, oft randständig angeordnet, enthalten weder in Chloroplasten noch in epidermalen Plastiden von *R. bulbosus* oxidiertes DAB. NESSLER & MAHLBERG 1979 a nehmen an, daß sie als Transportvesikel an der Vergrößerung des membranumgebenen Körpers in Plastiden der Milchröhren von *Papaver somniferum* beteiligt sind. Bei *R. bulbosus* enthalten sie jedoch keine durch DAB reduzierbaren Substanzen.

Die Oxidation von DAB im membranumgebenen Körper und im Thylakoidsystem epidermaler Plastiden von *R. bulbosus* ist nicht nur von den Belichtungsbedingungen während der Inkubation, sondern vor allem von denen vor der Inkubation abhängig. Dies zeigt an, daß

Photooxidation von DAB durch eine intakte Elektronentransportkette wohl auszuschließen ist. Die Anhäufung des polymeren Oxidationsproduktes von DAB innerhalb des Thylakoidsystems auch bei verdunkelter Inkubation könnte durch dieselben Substanzen verursacht werden, die sich auch im membranumgebenen Körper befinden. Membranverbindungen zwischen dem membranumgebenen Körper und dem Thylakoidsystem wurden öfters beschrieben (STETLER & LAETSCH 1969, MARTIN & LARBALESTIER 1977, GAILHOFER 1983), auch auf die strukturelle Ähnlichkeit des Inhaltes erweiterter Thylakoide mit dem des membranumgebenen Körpers wurde hingewiesen (PLATT-ALOIA & THOMSON 1979, GAILHOFER 1983).

Nach HURKMAN & KENNEDY 1977 geben das Lamellensystem und der membranumgebene Körper junger Plastiden von *Nicotiana tabacum* mit dem DAB-Medium nach FREDERICK & NEWCOMB 1969 positive Reaktion, die mit Kaliumcyanid und Natriumazid hemmbar ist, nicht aber durch Verdunkelung. Der membranumgebene Körper in Plastiden der Milchröhren von *Papaver bracteatum* reagiert im gleichen Medium bei Inkubation im Dunkeln ebenfalls positiv (NESSLER & MAHLBERG 1979 b). Es wird daher Photooxidation von DAB ausgeschlossen; HURKMAN & KENNEDY 1977 nehmen für die Oxidation ein Enzym an, NESSLER & MAHLBERG 1979 b und ebenso HENRY 1975 die Aktivität des Enzyms Peroxidase. Allerdings fällt die Reaktion in ausdifferenzierten Chloroplasten im obengenannten Medium bei Inkubation im Licht negativ (HURKMAN & KENNEDY 1977) oder positiv (NESSLER & MAHLBERG 1979 b) aus, bei verdunkelter Inkubation positiv (GAILHOFER unveröffentlicht). Mit diesem DAB-Medium wurde von FREDERICK & NEWCOMB 1969 Aktivität von Katalase in Microbodies von Blättern dargestellt; zur Lokalisation photochemischer Aktivitäten in Plastiden scheint das DAB-Medium nach NIR & SELIGMAN 1970 geeigneter zu sein. Dieses Medium enthielt in der verwendeten Versuchsanordnung Natriumazid, das in manchen Fällen die Aktivität der Peroxidase hemmt (vgl. ESSNER 1974), die Elektronentransportkette der Photosynthese jedoch nicht beeinträchtigt (HILL & SCARISBRICK 1940). Mit DAB können auch Nichtenzym-Hämoproteine und Häme dargestellt werden (ESSNER 1974).

PLESNIČAR & BENDALL 1973 stellen in Etioplasten der Gerste neben Cytochromen vom b-Typ auch Cytochrom f und Plastocyanin fest. Die Reduktion von Plastocyanin wird auch im Dunkel wahrscheinlich durch Cytochrom f vermittelt (WOOD & BENDALL 1976). In diesem Bereich der Elektronentransportkette wirkt DAB als Elektronendonator (CHUA 1972).

Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß im membranumgebenen Körper von *R. bulbosus* Substanzen der Elektronentransportkette der Photosynthese lokalisiert sind, bei Verdunklung nicht gleich in die

reduzierte Form übergehen und daher bei nur kurzzeitiger Verdunklung DAB oxidieren.

Danksagung

Herrn Ing. G. GRAGGABER sei für technische Assistenz gedankt.

Schrifttum

- CHUA N.-H. 1972. Photooxidation of 3,3'-diaminobenzidine by blue-green algae and *Chlamydomonas reinhardtii*. — Biochim. Biophys. Acta 267: 179—189.
- ESSNER E. 1974. Hemoproteins. In: HAYAT M. A. (Ed.), Electron microscopy of enzymes 2: 1—33. — Van Nostrand Reinhold Company, New York, Cincinnati, Toronto, London, Melbourne.
- FREDERICK S. E. & NEWCOMB E. H. 1969. Cytochemical localization of catalase in leaf microbodies (peroxisomes). — J. Cell. Biol. 43: 343—353.
- GAILHOFER M. 1983. Die Feinstruktur der Plastideneinschlüsse von *Ranunculus bulbosus*. — Phyton (Austria) 23: 197—210.
- HENRY E. W. 1975. Peroxidase in tobacco abscission zone tissue. III. Ultrastructural localization in thylakoids and membrane-bound bodies of chloroplasts. — J. Ultrastruct. Res. 52: 289—299.
- HILL R. & SCARISBRICK R. 1940. Reduction of ferric oxalate by isolated chloroplasts. — Proc. Roy. Soc. B 129: 238—255.
- HURKMAN W. J. & KENNEDY G. S. 1977. Development and cytochemistry of the thylakoidal body in tobacco chloroplasts. — Amer. J. Bot. 64: 86—95.
- MARTIN E. S. & LARBALESTIER G. 1977. A membrane-bound plastid inclusion in the epidermis of leaves of *Taraxacum officinale*. — Can. J. Bot. 55: 222—225.
- MARTY D. 1977. Localisation in ultra-structurale des sites d'activité des photosystèmes I et II dans les chloroplastes in situ. — C. R. Acad. Sc. Paris 285 Sér. D: 27—30.
- NESSLER C. L. & MAHLBERG P. G. 1979 a. Plastids in laticifers of *Papaver*. I. Development and cytochemistry of laticifer plastids in *P. somniferum* L. (*Papaveraceae*). — Amer. J. Bot. 66: 266—273.
- — 1979 b. Plastids in laticifers of *Papaver*. II. Enzyme cytochemistry of membrane-bound inclusions of laticifer plastids in *P. bracteatum* LINDL. (*Papaveraceae*). — Amer. J. Bot. 66: 274—279.
- NIR I. & PEASE D. C. 1973. Chloroplast organization and ultrastructural localization of photosystems I and II. — J. Ultrastruct. Res. 42: 534—550.
- & SELIGMAN A. M. 1970. Photooxidation of diaminobenzidine (DAB) by chloroplast lamellae. — J. Cell Biol. 46: 617—620.
- OSTROVSKAYA L. K., GAMAYUNOVA M. S., SILAEVA A. M., GRIGORA M. Y. & MANUIL'SKAYA S. V. 1979. Structure and composition differences between grana and intergrana thylakoids. — Photosynthetica 13: 130—135.

- PLATT-ALOIA K. A. & THOMSON W. W. 1979. Membrane bound inclusions in epidermal plastids of developing sesame leaves and cotyledons. — *New Phytol.* 83: 793—799.
- PLESNIČAR M. & BENDALL D. S. 1973. The photochemical activities and electron carriers of developing barley leaves. — *Biochem. J.* 136: 803—812.
- PORAT N., BEN-HAYYIM G. & FRIEDBERG I. 1978. Localization of oxidized 3,3'-diaminobenzidine deposits in chloroplasts. — *Protoplasma* 93: 397—403.
- STETLER D. A. & LAETSCH W. M. 1969. Chloroplast development in *Nicotiana tabacum* "Maryland Mammoth". — *Amer. J. Bot.* 56: 260—270.
- WOOD P. M. & BENDALL D. S. 1976. The reduction of plastocyanin by plastoquinol-1 in the presence of chloroplasts. — *Eur. J. Biochem.* 61: 337—344.
- WRISCHER M. 1978. Ultrastructural localization of diaminobenzidine photooxidation in etiochloroplasts. — *Protoplasma* 97: 85—92.

Tafel I

Abb. 1. Ausschnitt aus einer Epidermiszelle des Blattes. Plastide mit membranumgebenen Körper (M), stabförmigem Einschluß (K), einem schwach entwickelten Thylakoidsystem, Stärke und zahlreichen peripher angeordneten Vesikeln. Kontrast: Bleicitrat — Uranylacetat-Bleicitrat; Maßstrecke 1 μ m

Abb. 2. Präparat nicht im DAB-Medium inkubiert. Plastiden aus einer Epidermiszelle des Blattes mit einem membranumgebenen Körper (M), einem schwach entwickelten Thylakoidsystem, einem Prolamellarkörper, Stärke und Vesikeln (Pfeile); Maßstrecke 1 μ m

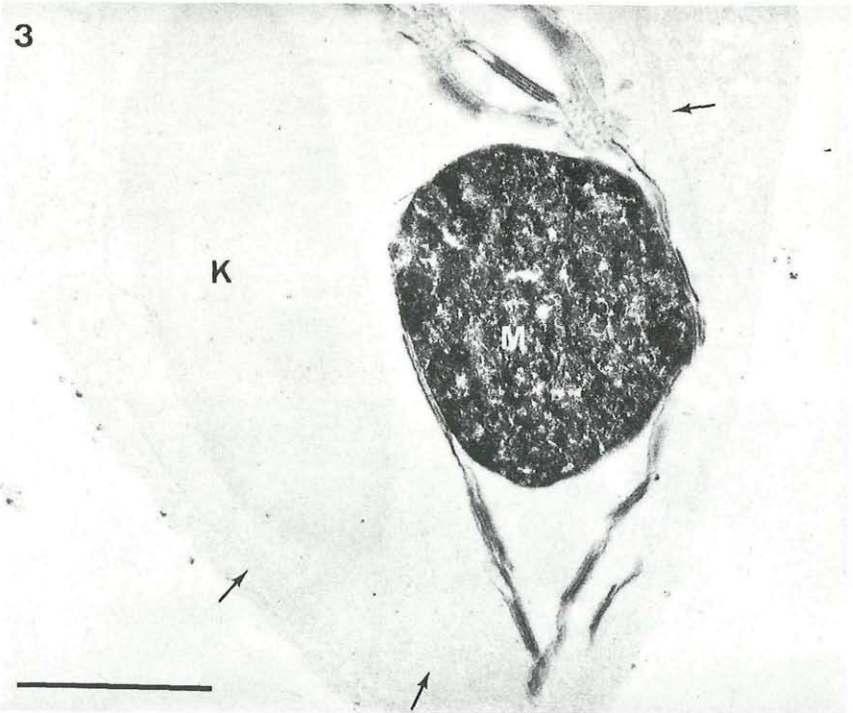
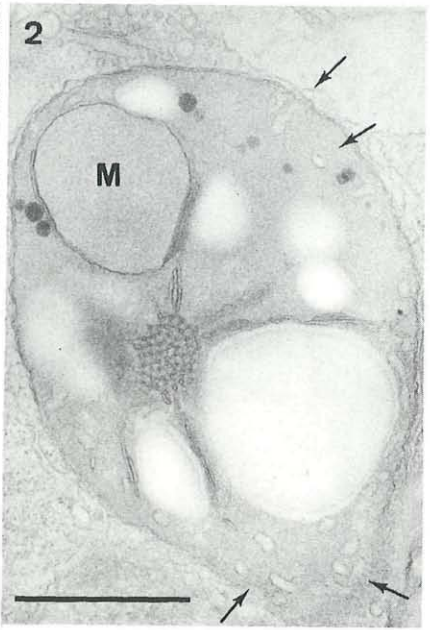
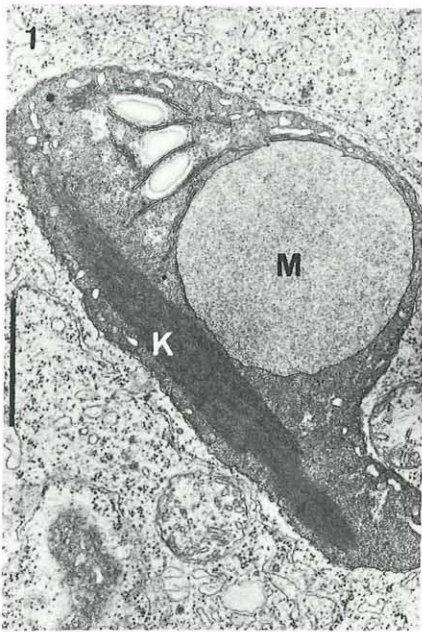
Abb. 3. Versuchsansatz: L — L. Teil einer Plastide aus der Epidermis des Blattstiels; das osmiophile Reaktionsprodukt liegt im membranumgebenen Körper (M), im intrathylakoidalen Raum, schwache Reaktion in manchen Tubuli der Prolamellarkörper. Ohne Reaktionsprodukt sind die Vesikel (Pfeile); stabförmiger Einschluß (K); Maßstrecke 1 μ m

Tafel II

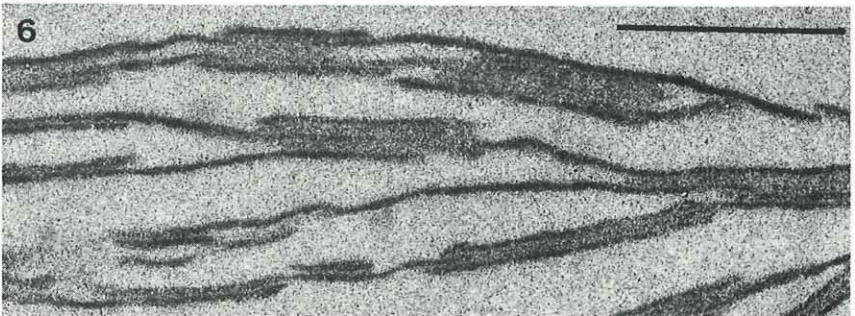
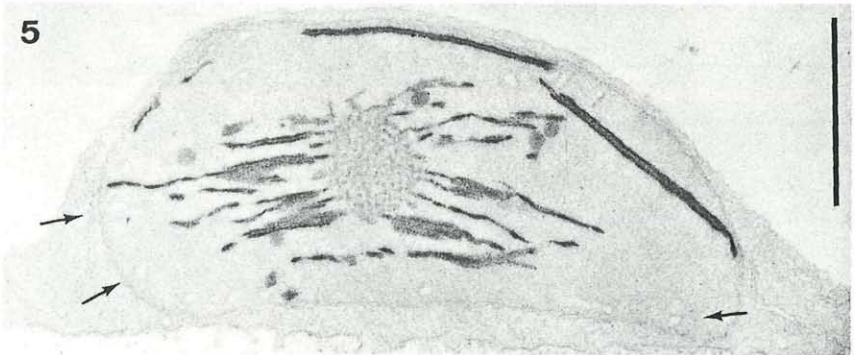
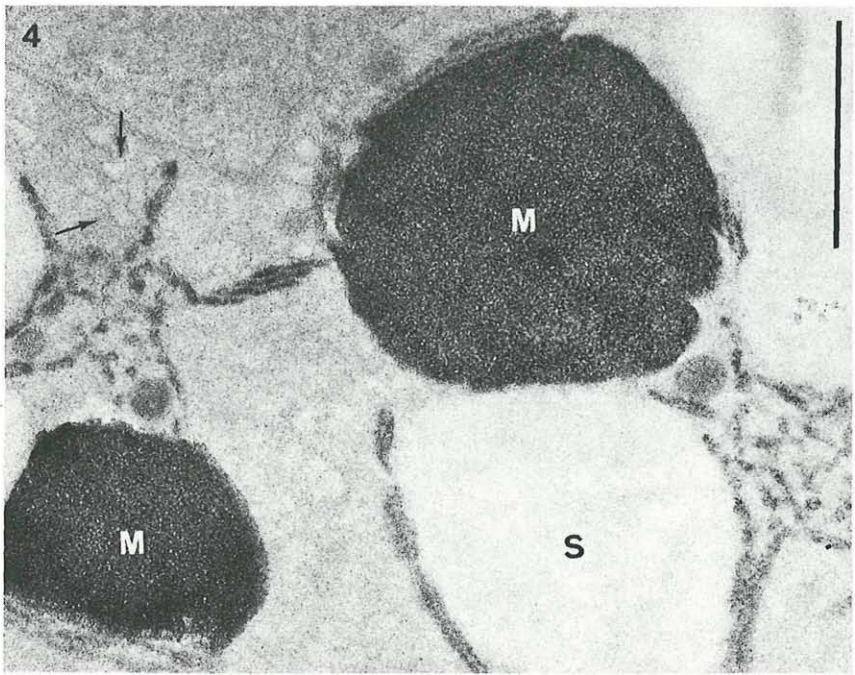
Abb. 4. Versuchsansatz: D — L. Teil einer Plastide aus der Epidermis des Blattstiels; ähnliches Reaktionsergebnis wie im Versuchsansatz L — L, membranumgebener Körper (M), Vesikel (Pfeile), Stärke (S); Maßstrecke 0,5 μ m

Abb. 5. Versuchsansatz: L — L. Etiochloroplast aus dem Grundgewebe des Blattstiels; das osmiophile Reaktionsprodukt ist im intrathylakoidalen Raum lokalisiert. Die Tubuli des Prolamellarkörpers und Vesikel (Pfeile) enthalten kein Reaktionsprodukt; Maßstrecke 1 μ m

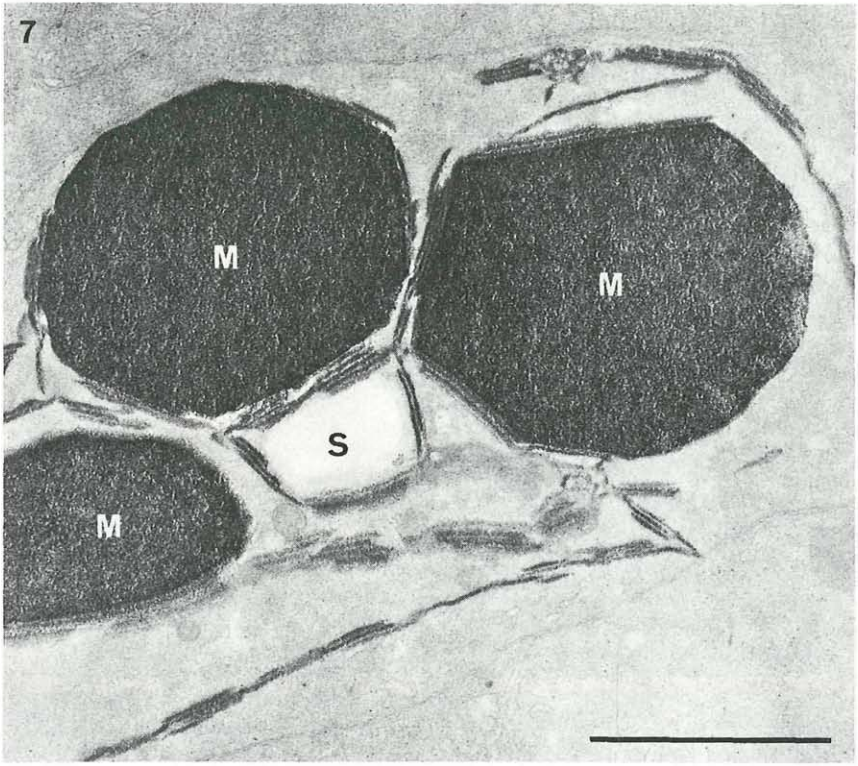
Abb. 6. Versuchsansatz: D — L. Teil eines Chloroplasten aus dem Grundgewebe des Blattstiels; innerhalb der randständigen Thylakoide der Grana und innerhalb der Stromathylakoide liegt mehr oxidiertes DAB als in den Thylakoiden im Granum; Maßstrecke 0,5 μ m



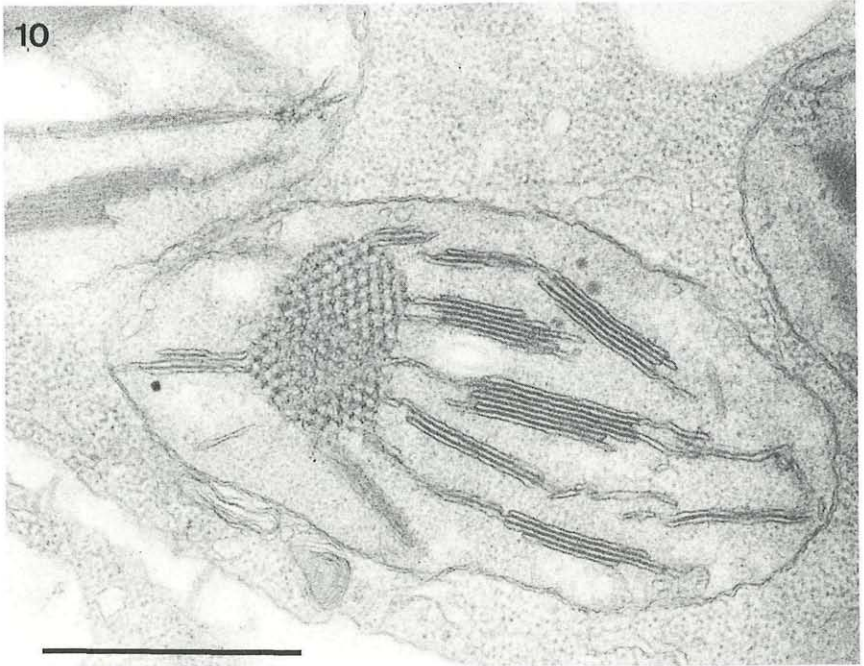
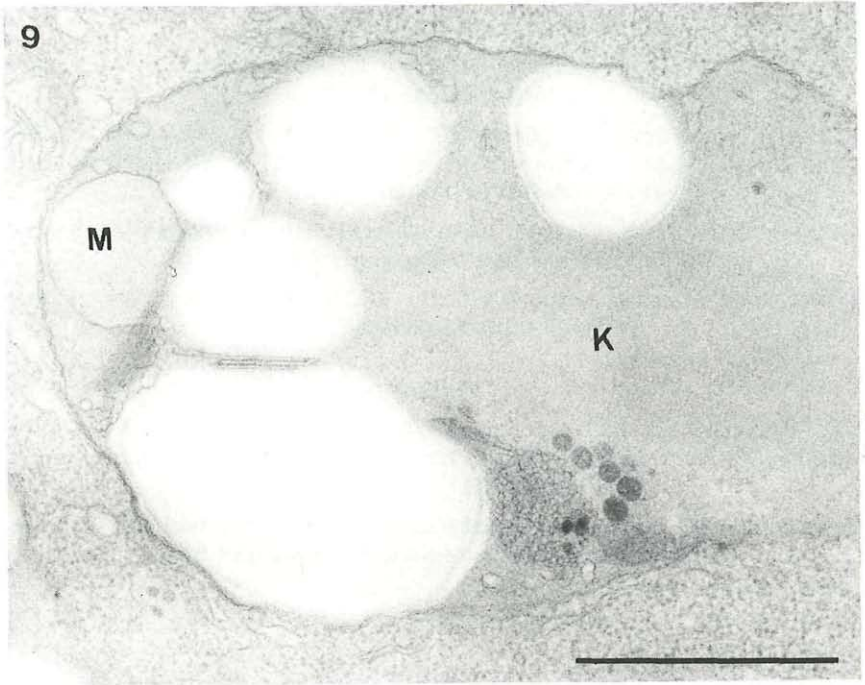
Tafel I



Tafel II



Tafel III



Tafel IV

Tafel III

Abb. 7 und 8. Versuchsansatz: L — D. Die Plastiden liegen in benachbarten Zellen des Blattstiels

Abb. 7. Teil einer Plastide aus der Epidermis; das Reaktionsprodukt von DAB ist innerhalb der Thylakoide und in den membranumgebenen Körpern (M) lokalisiert; Stärke (S); Maßstrecke 1 μ m

Abb. 8. Chloroplast aus dem Grundgewebe; innerhalb des Thylakoidsystems tritt kein Reaktionsprodukt auf; Maßstrecke 1 μ m

Abb. 9. und 10. Versuchsansatz: D — D. Die Plastiden liegen in benachbarten Zellen des Blattes

Tafel IV

Abb. 9. Teil einer Plastide aus der Epidermis; innerhalb der Thylakoide und im membranumgebenen Körper (M) tritt kein Reaktionsprodukt auf; stabförmiger Einschluß (K); Maßstrecke 1 μ m

Abb. 10. Etiochloroplast aus dem Palisadenparenchym; im Thylakoidsystem tritt kein Reaktionsprodukt auf; Maßstrecke 1 μ m

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [23_2](#)

Autor(en)/Author(s): Gailhofer Manfred Karl

Artikel/Article: [Die Lokalisation von oxidiertem 3,3'-Diaminobenzidin in Plastiden von Ranunculus bulbosus. 211-219](#)