©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	Vol. 15	Fasc. 3—4	251—258	15. VII. 1974

Eiweißkristalle in den Plastiden der Keimpflanzen einiger Palmen

Von

Manfred GAILHOFER & Irmtraud THALER *)

Aus dem Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen der Universität Graz

Mit 11 Abbildungen

Plastiden, die amorphes oder kristallines Eiweiß ausbilden, sind in einigen Familien, wie Ranunculaceen, Boraginaceen und Orchideen, weit verbreitet, im übrigen kommen sie nur in einzelnen Arten vor (vgl. THALER 1966). Ihre Feinstruktur wurde in letzter Zeit mehrfach untersucht. Gitterartig angeordnete globuläre Partikeln bilden den Eiweißkristall im Stroma der Leukoplasten von *Phajus wallichii* und der Chloroplasten von *Phajus grandifolius* (BUVAT 1959, AMELUNXEN, THALER & GIELE 1969. Ähnliche Einschlüsse, die allerdings von einer Membran umgeben sind, beschreibt BURGESS 1970 für die Leukoplasten des Wurzelmeristems von *Colchicum autumnale*. Kristalle anderen Aufbaues wurden in Plastiden des gefäßbündelnahen Parenchyms von *Musa* beobachtet (BEHNKE 1969 a). In den Chloroplasten gesunder und an Vergilbung leidender Blätter von *Cocos nucifera* kommt ebenfalls kristallines Eiweiß vor (PRICE, MARTINEZ & WARMKE 1966).

In dieser Arbeit werden in den Plastiden von sieben Palmen Eiweißkristalle beschrieben und mit denen anderer Pflanzen verglichen.

Dem Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung sei für die finanzielle Unterstützung der Arbeit bestens gedankt.

Material und Methode

Es wurden Wurzelspitzen von Primär- und Adventivwurzeln, der untere scheidenartige Teil des Keimblattes, das Niederblatt und das primäre Laubblatt folgender Palmen untersucht.

*) Univ.-Ass. Dr. M. GAILHOFER, Univ.-Prof. Dr. I. THALER, Schubertstraße 51 A-8010 Graz.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Coryphoideae

Chamaerops humilis L.
Livistona australis MART.
Livistona chinensis R. BR.
Washingtonia robusta WENDL.

Phoenicoideae

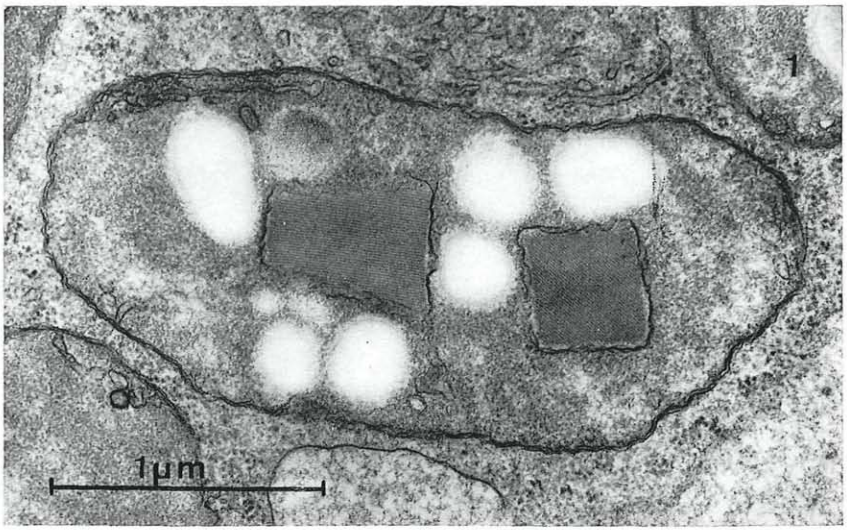
Phoenix dactylifera L.
Phoenix canariensis HORT.
Phoenix roebelenii O'BRIEN.

Schnitte der genannten Organe wurden 2 Stunden in 5%igem Glutaraldehyd fixiert (SABATINI & al. 1963), in 0,06 M Phosphatpuffer (p_H 7,2) ausgewaschen, 2 Stunden mit 1%igem Osmiumtetroxid (PALADE 1952) nachfixiert, in Leitungswasser ausgewaschen und über die Alkoholreihe und Propylenoxid in Epon eingebettet (LUFT 1961). Die Ultradünnschnitte wurden mit 2%igem Uranylacetat (WRISCHER 1967) und Bleicitrat (REYNOLDS 1963) oder Bleicitrat allein kontrastiert und im Siemens Elmiskop I A untersucht. Weiters wurden Ultradünnschnitte nach Oxydation in 10%igem H_2O_2 (20 min.) mit 0,5%iger Pepsinlösung (cryst. FLUKA) in 0,1 N Salzsäure 2 bis 6 Stunden bei 37 ° C behandelt (PERRIN 1972).

Ergebnisse

Die Plastidenentwicklung wurde in Wurzelspitzen zwei bis sechs Tage alter Keimpflanzen der sieben genannten Palmen untersucht. Es können drei verschiedene Plastidenformen unterschieden werden. Amöboide Plastiden im Meristem, Übergänge zu kompakten Leukoplasten außerhalb des Meristems und Amyloplasten in der deutlich abgegrenzten Kolumella und in der Wurzelhaube. Das Stroma der Proplastiden und der Leukoplasten ist meist dicht; immer sind einige Vesikel, manchesmal ist ein primitiver Tubularkomplex vorhanden (Abb. 2, 4, 5). Alle Plastiden enthalten im Stroma Stärke und ein bis zwei Kristalleinschlüsse, die von einer enganliegenden Membran umgeben sind. In Abb. 1 u. 2 erscheint sie stellenweise aufgerissen. Die Membran entsteht direkt durch Einstülpen der inneren Plastidenmembran; vermutlich kann sie auch aus Verschmelzen der Vesikelmembranen hervorgehen. Jedenfalls ist eine Verbindung zwischen primitiven Prolamellarkörper bzw. Tubuli und kristallumhüllender Membran oft vorhanden (Abb. 2). Merkwürdige Formen besitzen die Proplastiden, die manchmal langgezogen, dann wieder breit mit schmalen Fortsätzen erscheinen. In diesem jungen Stadium sind bereits ausgebildete Kristalle vorhanden, um die sich ringförmig Stärkekörner anordnen (Abb. 2, 4); der Bereich innerhalb der Membran ist manchmal von einer fibrillär-granulären Substanz erfüllt, in der ein kleiner Kristall mit mehr oder weniger unregelmäßigen Umrissen liegt. Auffallend ist, daß die Vakuolen die gleiche fibrillär-granuläre Struktur zeigen (Abb. 2). Die Proplastiden umschließen oft kleinere oder größere Plasmabezirke mit zahlreichen Ribosomen (Abb. 4), gelegentlich auch ER und Mitochondrien. Diese Einschlüsse sind meist nicht völlig von der Plastidenhülle umgeben (Abb. 4). In den Plastiden kommen noch Plastoglobuli und vereinzelt auch Phytoferritin vor.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



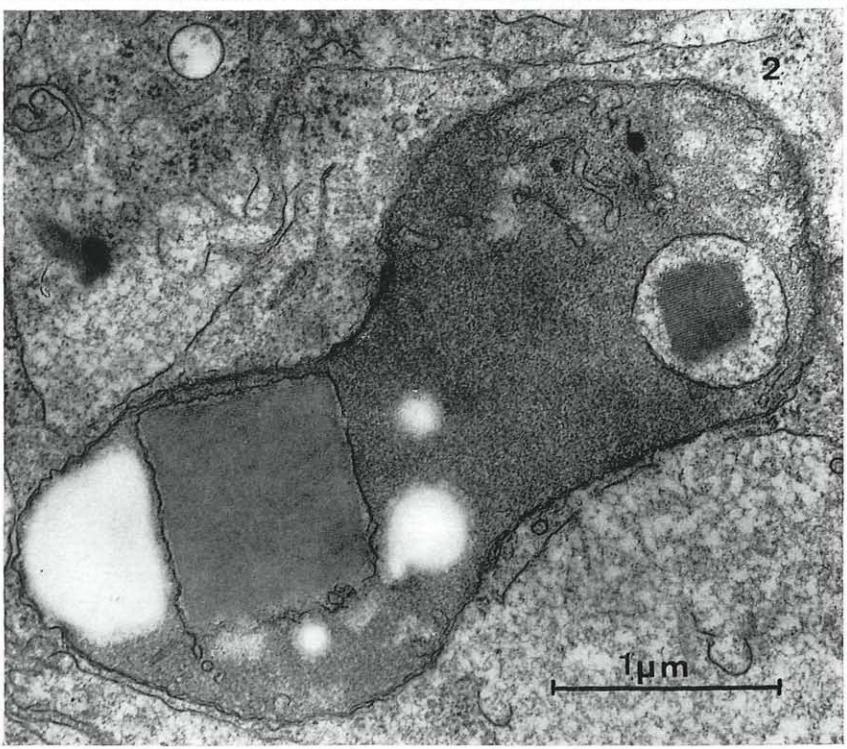
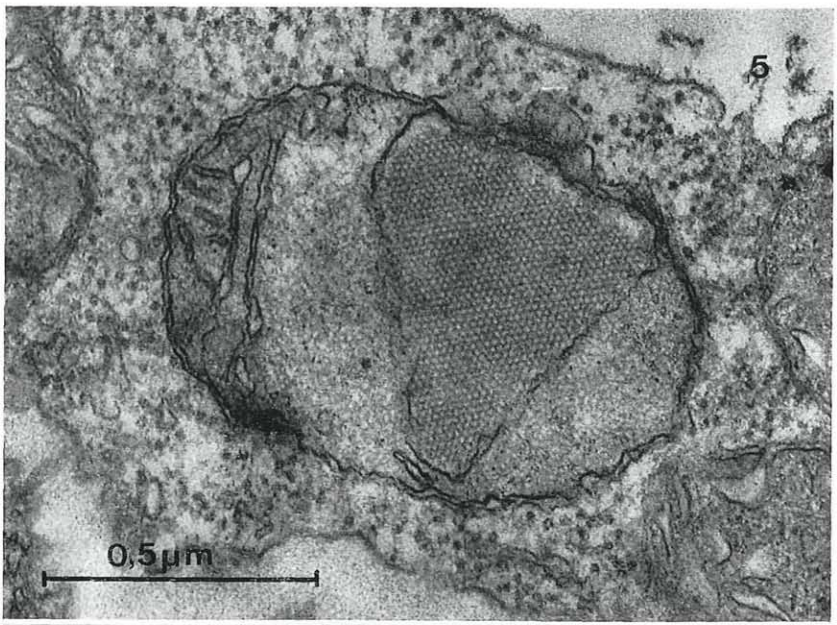


Abb. 1. *Phoenix dactylifera* Wurzelmeristem: Leukoplast mit zwei Eiweißkristallen und Stärke, 33600 ×; — Abb. 2. *P. dactylifera* Wurzelmeristem: Proplastide mit zwei Eiweißkristallen, Stärke und Tubuli, 30000 ×.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



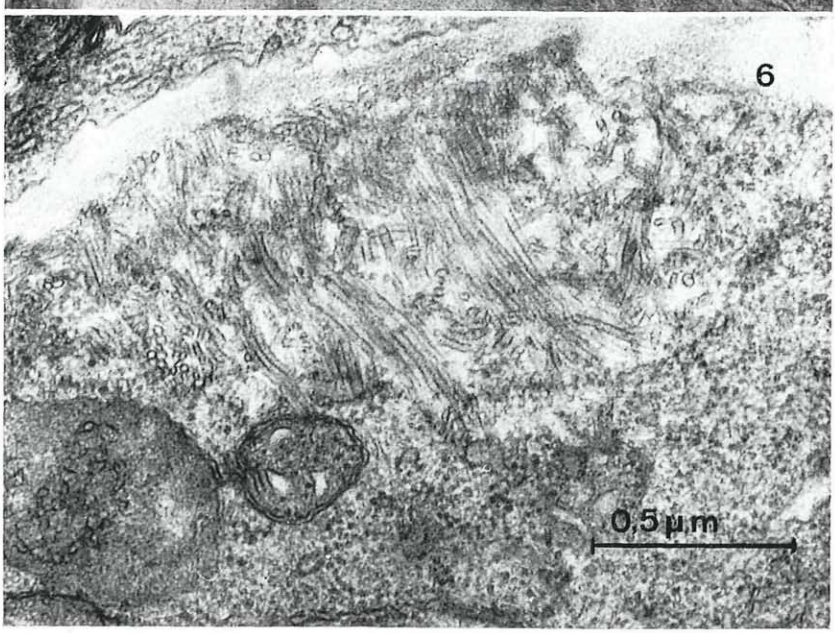


Abb. 5. *Washingtonia robusta* Meristem einer Adventivwurzel: Leukoplast mit Eiweißkristall und Tubularkomplex, 72000 ×; — Abb. 6. *W. robusta* Meristem einer Adventivwurzel: Mikrotubuli, 51200 ×.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

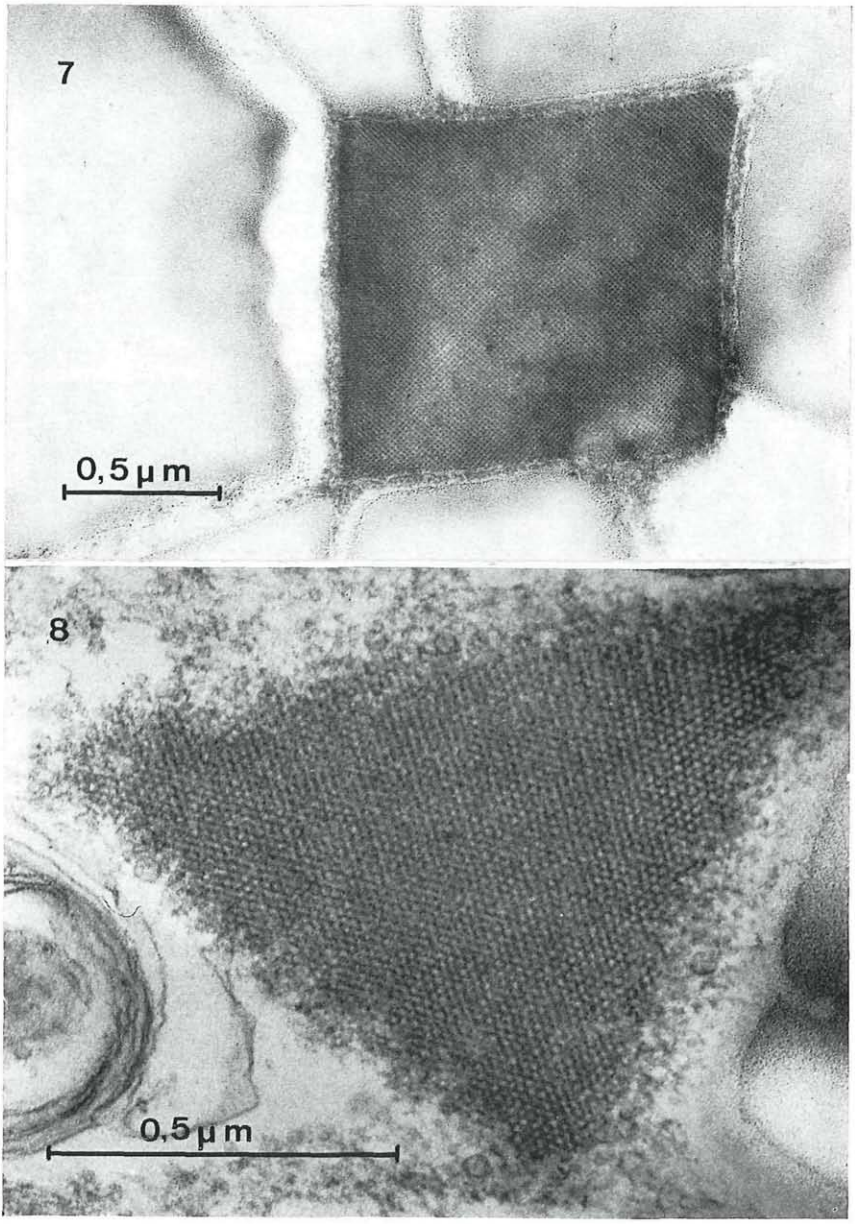


Abb. 7. *Phoenix dactylifera* Kolumella: Eiweißkristall umgeben von Stärke im Zentrum eines Amyloplasten, 40500 ×; — Abb. 8. *Chamaerops humilis* Kolumella: Eiweißkristall in einem Amyloplasten, 92000 ×.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

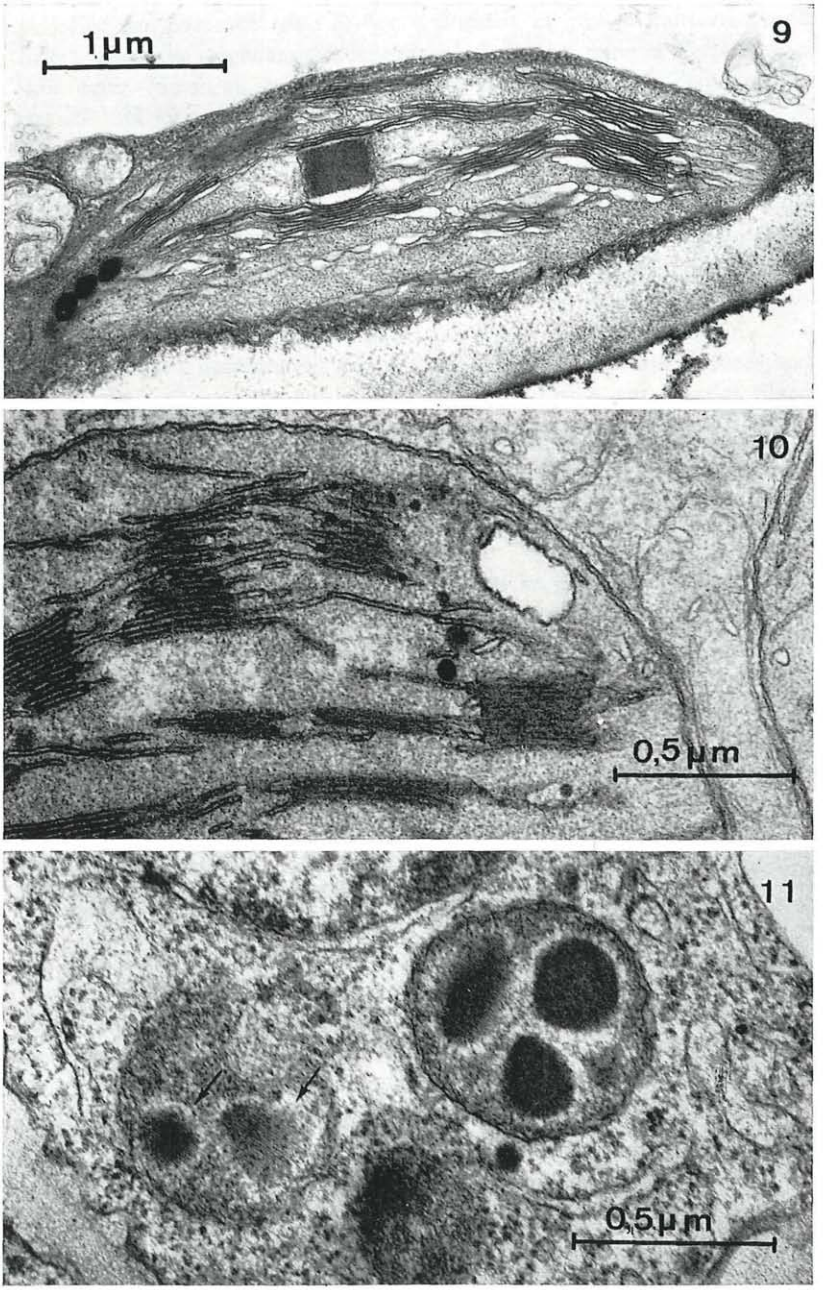


Abb. 9. *Phoenix roebelenii* primäres Laubblatt: Chloroplast mit Eiweißkristall und Plastoglobuli, 24000 ×; — Abb. 10. *P. roebelenii* ca. 6 Wochen altes primäres Laubblatt: Chloroplast mit leerer, einem Eiweißkristall entsprechender Stelle, 18400 ×; — Abb. 11. *P. dactylifera* primäres Laubblatt: Plastiden mit Eiweißkristallen in einer Siebröhre (die Pfeile weisen auf die Kristallstruktur hin), 53200 ×.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Amyloplasten sind in der Kolumella in großer Zahl vorhanden und liegen gleich der sogenannten Statolithenstärke der unteren Zellwand an. Der von einer Membran umgebene Kristall stellt eine Art Zentrum dar, um das die Stärke angeordnet ist. Andere Einschlüsse wurden in diesen Amyloplasten nicht beobachtet. Die Leukoplasten der Wurzelhaubenzellen enthalten ebenfalls große Stärkekörner, die sich oft um eine Zone aus nicht kristalliner Substanz gruppieren. Vermutlich wurde das Protein abgebaut. Kristalline Einschlußkörper wurden auch in den Plastiden der Adventivwurzeln beobachtet.

In vielen meristematischen Zellen sind Mikrotubuli mit einem Durchmesser von 220—240 Å zu sehen, die mehr oder weniger parallel und senkrecht zur Zellwand ausgerichtet sind (Abb. 6).

Im jungen Blattgewebe kommen im gefäßbündelnahen Parenchym besonders viele Leukoplasten mit kristallinen Einschlüssen vor. In der Blattscheide und in dem darin eingeschlossenen Niederblatt findet man Etioplasten mit einem höher entwickelten Prolamellarkörper, aus dem Thylakoide hervorgehen (Abb. 3). Der Kristall liegt in unmittelbarer Nähe der Thylakoide, daneben findet man Stärke und Plastoglobuli. Diese sind in größerer Zahl vorhanden als in den Leukoplasten.

In den Chloroplasten des Primärblattes ist der Kristall von Thylakoiden umgrenzt (Abb. 9). Sind die Blätter ungefähr sechs Wochen alt, so beginnt der Abbau der Kristalle, und zwar gleichzeitig in allen Plastiden einer Zelle. Indem die Umrisse unregelmäßig werden, erscheinen die Einschlußkörper wie angenagt. In anderen Zellen sind die Kristalle schon sehr klein und ebenfalls unregelmäßig begrenzt. Der umgebende Membransack behält die ursprüngliche Größe. Oft sind einzelne Fibrillen innerhalb der Membran zu erkennen.

In den Chloroplasten mancher Zellen sind im Stroma helle strukturlose Flächen von der Größe und Form der Kristallschnitte ausgespart, offenbar wurde der Kristall abgebaut (Abb. 10).

Die Kristalle in den Plastiden sämtlicher untersuchter Palmen stimmen in allen Merkmalen überein. Mit Chlorzinkjod heben sie sich von der umgebenden dunkelblauen Stärke deutlich mit gelber Farbe ab. Pepsin verdaut im Ultradünnschnitt den Kristall in sechs Stunden. Je nach der Orientierung des Präparates erscheinen die Schnittflächen der Kristalle als Quadrate, Rechtecke, Rhomben oder Trapeze mit Kantenlängen von 0,4—1,3 μm. Seltener findet man drei-, fünf- und sechseckige Formen mit abgestumpften Ecken.

Etwa ab 25.000facher Vergrößerung erkennt man am Kristall eine periodische Struktur elektronendichter Linien mit einem Abstand von 11—15 nm. In Trapezen stehen die Linien senkrecht zur Basis (Abb. 1, 2), in Rechtecken und Quadraten parallel zu einer Seitenkante. Rhomben (und gelegentlich auch Quadrate) erscheinen parallel zu einer Diagonalen gestreift (Abb. 1), manchmal sind die Linien unter verschiedenen Winkeln gekreuzt. Die Drei-, Fünf- und Sechsecke zeigen ein regelmäßig hexagonal-wabenartiges Muster (Abb. 5, 8). Verhältnismäßig selten und nur in Quadraten zeigt sich

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

ein rectanguläres Punktemuster (Abb. 4, 7). Abb. 7 läßt erkennen, daß die oben erwähnten Linien aus globulären Einheiten von 50—60 Å aufgebaut sind. Der Abstand von Punkt zu Punkt entspricht mit 15 nm dem größten Linienabstand, die Punktreihen liegen parallel zu den Diagonalen (Abb. 4, 7).

Die Kristalle in den Plastiden der Siebelemente sind von den übrigen Plastidenkristallen verschieden. Ein bis drei ovale bis dreieckige Einschlüsse liegen frei im Stroma. Ihre Struktur ist wegen der starken Osmiophilie nur schwer erkennbar. In der Abb. 11 sieht man nur in zwei Kristallen parallele Linien (Pfeile!), die ca. 8 nm voneinander entfernt sind. Im Cytoplasma wurden in keiner Zelle kristalline Einschlüsse beobachtet.

Besprechung der Ergebnisse

Proteineinschlüsse in Plastiden liegen entweder frei im Stroma oder sie sind von einer Membran umgeben. Frei kommen sie in den Siebelementen verschiedener Pflanzen vor, so z. B. amorph in *Datura stramonium*, kristallin in *Pinus strobus* (Hohl 1960, Srivastava & O'Brien 1966). Aus Eiweißfibrillen aufgebaute Ringe wurden in den Siebröhren von *Tetragonia expansa* von Falk 1964, Esau & Hoefert 1971 und in *Beta vulgaris* von Esau 1965 beschrieben.

Die Siebröhren vieler Monocotyledonen besitzen charakteristische Plastiden mit mehreren keilförmigen osmiophilen Kristallen. Dieses Vorkommen wurde bisher in 52 Arten festgestellt, darunter auch in *Phoenix dactylifera, P. canariensis* und *Cocos nucifera* (Behnke 1969 b). Auch uns sind diese Einschlüsse in den Proplastiden junger Siebelemente der zwei erstgenannten Arten und in denen von *Chamaerops humilis, Livistona australis, L. chinensis, Washingtonia robusta* und *Phoenix roebelenii* aufgefallen. Da sie sich mit Osmiumtetroxid stark schwärzen und in Pepsin nicht abgebaut werden, vermutet Behnke 1969 b, daß sie außer Protein noch Lipide enthalten. In Abb. 11 sind in zwei Kristallen parallele Linien zu sehen, die 8 nm voneinander entfernt liegen.

Diese Kristalle sind mit denen in den Plastiden der anderen Zellen nicht identisch. Sie sind durch das Fehlen einer umhüllenden Membran und einen geringeren Gitterabstand (8 nm gegenüber 15 nm) deutlich abgegrenzt.

Viel Reserveprotein in Form von stabförmigen Kristallen kommt in den Leukoplasten von *Phajus wallichii* und in den Chloropasten von *Phajus grandifolius* vor (Buvat 1959, Amelunxen, Thaler & Giele 1969). Sie sind den Kristallen der Palmen nicht ähnlich. Die kristallinen Einschlüsse in Plastiden des Blattes von *Phaseolus* kommen häufig in gefäßbündelnahem Parenchym vor und liegen entweder frei im Stroma zwischen den Thylakoiden oder umwachsen diese (Wrischer 1967).

Von einer Membran umgeben sind dagegen die Kristalle in den Plastiden des Wurzelmeristems von *Phaseolus vulgaris* und die von *Colchicum autumnale* (Newcomb 1967, Burgess 1970). Das gefäßbündelnahe Parenchym junger

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Bananenblätter (BEHNKE 1969 a) und die Chloroplasten der Blattspitzen gesunder und an „Vergilbung" erkrankter *Cocos nucifera* enthalten Plastiden mit Kristallen (PRICE, MARTINEZ & WARMKE 1966). Es kann sich daher nicht um Viruseinschlüsse handeln, zumal diese nie innerhalb einer Membran liegen.

Von PROTACIO 1962 wurden sphärische Einschlüsse im Cytoplasma der Epidermis von *Cocos nucifera* beobachtet, die infolge einer Viruskrankheit (cadang-cadang) entstehen.

Die Plastiden der Wurzelspitze, die der Blattscheiden und der jungen Blattgewebe der sieben untersuchten Palmen enthalten ein bis zwei Kristalle. Es ist wohl anzunehmen, daß sie auch aus Protein bestehen, da sie wie die von *Phaseolus* und *Musa* durch Pepsin abgebaut werden.

Die Plastidenentwicklung in den Wurzelspitzen der untersuchten Palmen ist in vielem der von *Phaseolus vulgaris* ähnlich (NEWCOMB 1967). Übereinstimmend speichern sie in den Plastiden im Stroma Stärke und innerhalb eines Membransackes kristallines Protein. In Phaseolus kommen die Kristalle in größerer Zahl vor als in den Palmen. Die kristallumgebende Membran entsteht durch Einstülpen der Plastidenhülle und steht bei *Phaseolus* und bei den Palmen mit dem Tubularkomplex bzw. mit Tubuli in Verbindung. BUVAT 1959 dagegen findet keine Beziehung zwischen dem „Centroplast" und dem Protein in den Leukoplasten der Wurzel von *Phajus wallichii*. Allerdings sind diese Kristalle nicht von einer Membran umgeben.

Die amöboiden Plastiden sind schalenförmig. Sie besitzen schon ausgebildete Kristalle, wie es NEWCOMB 1967 auch für *Phaseolus* annimmt. Außerdem zeigen sie im Schnitt Plasmaeinschlüsse mit Ribosomen, ER und Mitochondrien. Bemerkenswert ist es, daß die Plastidenhülle offen ist (Abb. 4). NEWCOMB 1967: 162, der ganz ähnliche Stadien findet spricht die Möglichkeit aus, „that the ameboid plastids may represent a ‚feeding' stage in which cytoplasmic material is digested and assimilated, particularly since the engulfed cytoplasm frequently appears degraded partially". Es scheint auch uns wahrscheinlich, daß im Cytoplasma Protein synthetisiert wird und dieses dann durch Diffusion im amöboiden Stadium aufgenommen wird. NEWCOMB nimmt an, daß das Speicherprotein durch die äußere Membran der Plastidenhülle diffundiert und sich im Tubularkomplex bewegt, von dort durch Öffnungen in den Membransack gelangt und auskristallisiert. Solche Öffnungen haben wir in unseren zahlreichen Bildern allerdings nicht gesehen. Der Inhalt der Membransäcke zeigt manchmal einen fibrillär-granulären Inhalt, in dem sich offenbar ein Kristall bildet. Später scheint das Material aufgebraucht und die Membran liegt dem Kristall eng an. In den Chloroplasten sechs Wochen alter Blätter wird zuerst der Kristall und schließlich die umgebende Membran abgebaut.

Die Amyloplasten der Kolumella enthalten sehr viel Stärke, die um einen Kristall angeordnet ist. Sie zeigen eine Ähnlichkeit mit den Plastiden

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

im gefäßbündelnahen Parenchym von *Musa*-Blättern, haben aber keine Prolamellarkörper (BEHNKE 1969 a).

Die Etioplasten des scheidenartigen Teiles des Keimblattes und des Niederblattes besitzen höher organisierte Prolamellarkörper, von denen Thylakoide ausgehen, die oft mit der kristallumgebenden Membran im Kontakt stehen. Auch die Chloroplasten der jungen Blätter zeigen die Kristalle; sie sind von Thylakoidstapeln umgeben.

Die Größe der Eiweißkristalle (durchschnittlich 1 μm) und ihre Feinstruktur ist bei den sieben untersuchten Palmen gleich.

Alle Schnittbilder lassen auf einen würfelförmigen Kristall schließen. Die Kantenlängen der im Schnitt quadratisch, rechteckig und trapezartig erscheinenden Kristalle betragen 0,4—1,3 μm). Es wurden vier verschiedene Muster beobachtet: Linien, die in einem Abstand von 11—15 nm liegen, solche, die unter verschiedenen Winkeln gekreuzt sind, Punkte, die in einem Abstand von 15 nm liegen, und schließlich Waben. Es wird angenommen, daß die Linien, aber auch das wabenartige Muster durch die Projektion der globulären Einheiten aus mehreren Kristallebenen zustande kommen, während beim punktförmigen Muster die Einheiten streng übereinander liegen. Der Kristall scheint aus kubisch angeordneten, globulären Einheiten (⌀ 50—60Å) aufgebaut. Von den bisher untersuchten Plastidenkristallen sind sie denen von *Cocos nucifera* (PRICE, MARTINEZ & WARMKE 1966) und von *Musa* (BEHNKE 1969 a) am ähnlichsten. PRICE, MARTINEZ & WARMKE 1966 zeigen zwei Kristallbilder von *Cocos nucifera:* ein viereckiges Schnittbild mit linienförmiger Struktur und ein sechseckiges mit wabenartigem Aufbau. Die Abbildungen stimmen mit unseren überein. Der Durchmesser der angeblich hexagonal gepackten, globulären Untereinheiten wird mit 12 nm angegeben, sie sind somit mehr als doppelt so groß wie die Einheiten der von uns untersuchten Palmen. Es ist möglich daß PRICE, MARTINEZ & WARMKE 1966 ein Meßfehler unterlaufen ist.

Die Schnittbilder und die Untereinheiten des Kristalles von *Musa* stimmen mit denen der Palmen gut überein; allerdings fehlen drei- und sechseckige Formen, wie sie bei Annahme einer würfelähnlichen Gestalt zu erwarten sind. Eine solche tritt bei dem von einer einfachen Membran umgebenen Cytoplasmakristall auf, der im Epithem von *Taraxacum officinale* und *Cichorium intybus* von PERRIN 1972 beschrieben wurde. Diese Kristalle sind aber aus tetragonal angeordneten Tubuli von einem Durchmesser von 105 Å aufgebaut. Ob diese häufig beschriebenen „Microbodies" mit Plastidenkristallen in irgendeinem Zusammenhang stehen, ist nicht bekannt. In den untersuchten Palmen wurden im Cytoplasma niemals solche Einschlüsse gefunden.

Es kann gesagt werden, daß Vertreter zweier Unterfamilien der Palmen Eiweißkristalle in allen Plastiden der Keimpflanzen enthalten. Ein Abbau wurde in den Chloroplasten 6 Wochen alter Pflanzen beobachtet. Daher kann angenommen werden, daß es sich bei den untersuchten Kristallen der Palmen um Reserveeiweiß handelt.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Zusammenfassung

Alle Plastiden der jungen Keimpflanzen von *Chamaerops humilis, Livistona australis, L. chinensis, Washingtonia robusta, Phoenix dactylifera, P. canariensis* und *P. roebelenii* enthalten im Stroma neben Stärke, Plastoglobuli Phytoferritin, ein bis zwei 0,4—1,3 nm große Kristalle. Sie liegen innerhalb einer Membran, die aus der inneren Plastidenmembran gebildet wird. In den Chloroplasten stehen die Thylakoidstapeln mit dem Kristall in Verbindung. Er ist aus globulären Untereinheiten (Ø 50—60 Å) aufgebaut. Mit Pepsin lösen sich diese Einschlüsse auf, bestehen daher wohl aus Protein. Es handelt sich um Reserveeiweiß, weil die Einschlüsse in ca. 6 Wochen alten Blättern abgebaut werden.

Schrifttum

AMELUNXEN F., THALER I. & GIELE T. 1969. Viruseinschlüsse im Cytoplasma und Proteineinschlüsse in den Chloroplasten von *Phajus grandifolius*. — Protoplasma 67: 101—109.

BEHNKE H. D. 1969 a. Eiweißkristalloide in Parenchymzell-Plastiden von *Musa*. — Protoplasma 67: 443—450.

— 1969 b. Die Siebröhrenplastiden der Monocotyledonen. — Planta 84: 174—184.

BURGESS J. 1970 Fine structure of a crystal-containing plastid in *Colchicum autumnale*. — Planta 90: 32—42.

BUVAT R. 1959. Infrastructures des protéoplastes de la racine de *Phajus wallichii* (Orchidacées). — C. R. Acad. Sci. (Paris) 249: 289—291.

ESAU K. 1965. Fixation images of sieve element plastids in *Beta*. — Proc. nat. Acad. Sci. (Wash.) 54: 429—437.

— & HOEFERT L. L. 1971. Composition and fine structure of minor veins in *Tetragonia* leaf. — Protoplasma 72: 237—253.

FALK H. 1964. Zur Herkunft des Siebröhrenschleimes bei *Tetragonia expansa* MURR. — Planta 60: 558—567.

HOHL H. R. 1960. Über die mikroskopische Struktur normaler und hyperplastischer Gewebe von *Datura stramonium* L. — Ber. schweiz. bot. Ges. 70: 395—439.

LUFT J. H. 1961. Improvements in epoxy resin embedding methods. — J. Biophys. Biochem. Cytol. 9: 409—414.

NEWCOMB E. H. 1967. Fine structure of protein-storing plastids in bean root tips. — J. Cell Biol. 33: 143—163.

PALADE G. E. 1952. A study of fixation for electron microscopy. — J. exp. Med. 95: 285—298.

PERRIN A. 1972. Organisation et nature de l'inclusion cristalline des organites du type „crystal-containing body" rencontrés dans les cellules de l'epithème des hydathodes de *Cichorium intybus* L. et *Taraxacum officinale* WEBER. — Protoplasma 74: 213—225.

PRICE W. C., MARTINEZ A. P. & WARMKE H. E. 1966. Crystalline inclusions in chloroplasts of the coconut palm. — J. Ultrastructure Res. 14: 618—621.

PROTACIO D. B. 1962. Intracellular inclusions observed in epidermal strips from foliage of cadang-cadang infected coconut trees in the Philippines. — Plant disease Reporter 46: 686—687.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

REYNOLDS E. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electronopaque stain in electron microscopy. — J. Cell Biol. 17: 208—213.

SABATINI D. D., BENSCH K. & BARRNETT R. J. 1963. Cytochemistry and electron microscopy. — J. Cell Biol. 17: 19—58.

SRIVASTAVA L. M. & O'BRIEN T. P. 1966. On the ultrastructure of cambium and its vascular derivatives. — Protoplasma 61: 277—293.

THALER I. 1966. Eiweißkristalle in Pflanzenzellen. — Protoplasmatologia II, B. 2b8: 1—87.

WRISCHER M. 1967. Kristalloide im Plastidenstroma. — Planta 75: 309—318.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1974

Band/Volume: 15_3_4

Autor(en)/Author(s): Thaler Irmtraud, Gailhofer Manfred Karl

Artikel/Article: Eiweißkristalle in den Plastiden der Keimpflanzen einiger Palmen. 251-258