

PLASTIDELE

Plastidele sunt organite permanente, de mare importanță pentru celulele vegetale. Totalitatea plastidelor incluse în citoplasma celulei se numește plastidom. Plastidele lipsesc din celulele animale și din unele alge albastre, bacterii, micro - și macromicete.

În anul 1883 *Schimper* a descris cele trei tipuri de plastide ținând cont în special de absența sau prezența culorii: leucoplastele, cloroplastele și cromoplastele. Din cele trei tipuri de plastide, el consideră ca tip principal de origine leucoplastele (descoperite în oosfera de la *Hyacinthus*), din care crede că provin plastidele verzi (cloroplastele), iar cromoplastele se pare că ar proveni fie direct din leucoplaste, fie din cloroplaste. *Schimper* consideră că plastidele nu se formează niciodată de novo, ci numai prin diviziune și metamorfoză. Pe baza descoperirii leucoplastelor în oosfera plantelor superioare s-a emis ipoteza autoreproducerii plastidelor, a independenței lor față de nucleu. Această presupunere a fost ulterior confirmată și din punct de vedere genetic, demonstrându-se că anumite particularități ale plastidelor se transmit pe linie maternă. Toate aceste plastide sunt legate genetic între ele, deși funcția lor este specifică. Din unele cercetări reiese că plastidele se înmulțesc pe calea diviziunii și a înmuguririi.

Frey-Wyssling și *Kreutzer* (1958), sunt de părere că plastidele nu se transformă ciclic, ci numai într-o anumită succesiune monotropă, după schema următoare: proplastide → leucoplaste → cloroplaste → cromoplaste. Acest lucru este demonstrat de asemenea.

LEUCOPLASTELE

În această grupă de plastide intră următoarele tipuri: amiloplaste, elaioplastele și proteinoplastele. Leucoplastele sunt plastide incolore ce se găsesc în celulele multor plante; de exemplu, în celulele țesutului embrionar, în citoplasma sporilor și a gameților femeli, în semințe, tuberculi, rădăcini. De asemenea, ele se mai găsesc și în majoritatea organelor la angiosperme.

Leucoplastele se întâlnesc și la plantele superioare adaptate la parazitism, care au pierdut proprietatea de fotosinteză. Plantele parazite au în toate țesuturile leucoplaste care se disting perfect de cloroplaste, prin pierderea capacității de fotosinteză. De asemenea conțin o cantitate mică de amilogenază. Cu toate acestea, în celulele lor se observă și grăunți de amidon chiar la microscopul fonic. Leucoplastele au mai fost evidențiate și în corpul diatomeelor marine (*Nitzschia alba*), prezentând puține tilacoide.

Forma leucoplastelor este în mod frecvent sferică sau eliptică, dar ele își modifică aspectul numai atunci când în ele se formează grăunți de amidon sau cristale proteice. Leucoplastele sunt

acoperite de o membrană dublă formată din două membrane elementare, iar în interior se găsește matricea (stroma), în care sunt distribuite puține tilacoide.

Leucoplastele, ca și proplastidele, au puține lamele (săcușori) iar sub influența luminii sunt capabile să formeze structuri tilacoidice și să capete culoarea verde. La întuneric leucoplastele depozitează în corpii prolamelari substanțe ergastice, care mai târziu pot fi folosite în construcția tilacoidelor.

a) **Amiloplastele.** În stroma leucoplastelor se depune amidon, formându-se grăunți de amidon. Leucoplastele a căror funcție se reduce numai la formarea granulelor mari de amidon se numesc amiloplaste. Amidonul sintetizat și depozitat în amiloplaste va servi ca material necesar plantei în dezvoltarea ei ontogenetică. Acest amidon depozitat în amiloplaste se numește amidon de rezervă.

Dezvoltarea grăuntelui de amidon începe prin apariția unei particule albe în stroma plastidei. Amidonul nou format se depozitează în stromă înconjurând particula inițială. Ca urmare se formează un centru vizibil care în microscopia clasică a fost cunoscut sub denumirea de hil. Grăuntele crește repede prin apozitie umplând amiloplastul cu amidon. Pe măsura creșterii grăunciorului de amidon, lamelele dispuse în stromă sunt îndepărtate la periferia plastidei. La un moment dat, dimensiunile grăuntelui de amidon încep să depășească dimensiunile amiloplastului, situație în care membrana amiloplastului se întinde, transformându-se într-o peliculă ce se deshidratează. Pentru granulele ovale de amidon este caracteristică o stratificare excentrică, de pildă la cartof, iar pentru grăuntele de amidon de la cereale, o stratificare concentrică. Grăuntele de amidon este format din două componente, și anume: amilaza(20%), sub formă de lanț neramificat, și amilopectina (80%), sub formă de lanț ramificat.

Grăunții de amidon aparținând la grupe diferite de plante prezintă o mare diversitate, în ceea ce privește forma, mărimea și consistența. Această variabilitate este determinată atât de factorii genetici cât și de factorii ce reglează sinteza de amidon. Spre exemplu grăuntele de amidon compus din endospermul de orez este format dintr-un singur amiloplast și nu din mai mulți, cum se credea înainte.

Din cercetările autoradiografice reiese că există o interacțiune între enzimele ce participă la formarea amidonului și prezența acizilor nucleici. În acest sens, este interesantă lucrarea lui Salma, Badenhuzen din 1969 care demonstrează că ADN-ul din plastide se află întotdeauna aproape de grăunții de amidon. Una dintre particularitățile ce deosebește cloroplastul de alte plastide constă în aceea că la întuneric este frânată activitatea fermeților răspunzători de formarea amidonului (fosforilaza și alfa-gluconglicozil-transferaza), în timp ce la lumină acțiunea lor se restabilește. Când însă plastidele se află sub influența tratamentelor cu actinomicină D sau clorfenicol restabilirea nu mai are loc. Dacă inhibitorii se îndepărtează, atunci ambele enzime își reiau

activitatea. Din cele relatate mai sus se poate trage concluzia că formarea grăunților de amidon se găsește sub controlul genelor. Se pare că plastidele din vârful rădăcinii ar face parte din mecanismul celular care percepe forța de gravitație (Némec,1905; Dolcman, 1972).

b) **Elaioplastele (oleoplastele)** se găsesc în special în celulele plantelor hepatice și ale monocotiledonatelor. Ele reprezintă niște globuli lipidici dispuși în citoplasma din jurul nucleului. Fiecare organit este înconjurat de o membrană dublă.

Elaioplastele nu se găsesc în celulele meristemice, radiculare și tulpinale, ci numai în celulele epidermice tinere aparținând multor plante monocotiledonate. În celulele bătrâne numărul elaioplastelor se micșorează dezorganizându-se treptat. În compoziția chimică a elaioplastelor intră proteine, lipide neutre, grăsimi acide și fosfolipide nesaturate. Histochimic s-au evidențiat uneori și catalază, fosfatază acidă și bazică.

c) **Proteinoplastele** sunt niște organite simple și de formă rotundă. Ele sunt acoperite de o membrană dublă, caracteristică plastidelor. Din cauza conținutului mare în proteine, aceste leucoplaste se numesc proteinoplaste. Spre exemplu, proteinoplastele se găsesc frecvent în celulele epidermei foliare de *Helleborus corsicus*. Din cercetări experimentale reiese că în proteinoplaste nu se sintetizează amidonul chiar dacă frunza este tratată cu glucozo-1-fosfat. În anul 1961 Granick consideră că proteinoplastele ar putea să provină din proplastide.

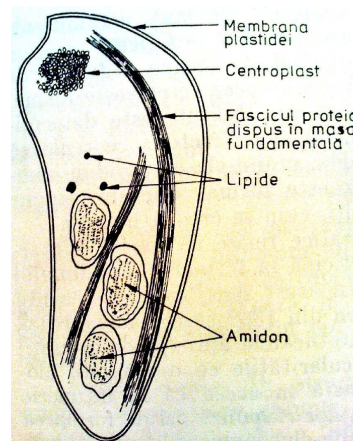


Fig.1. schema proteinoplastului din rădăcina de Phagus wollichii

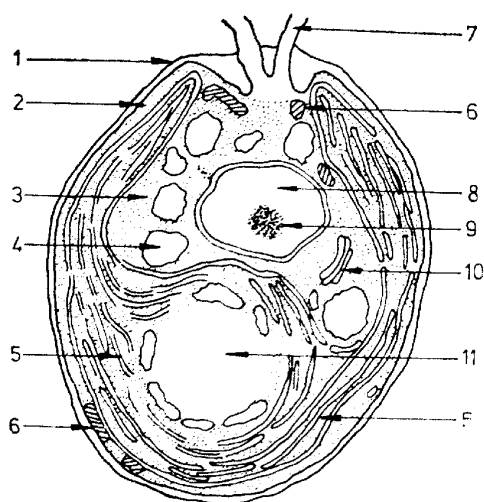
CLOROPLASTELE

Cloroplastele sunt plastide verzi, care se găsesc în toate celulele organelor verzi ale plantelor, și anume: în frunze, tulpini ierboase, ramuri tinere, fructe necoapte, etc.. Culoarea verde a cloroplastelor este condiționată de o serie de pigmenți, dintre care cel mai important este clorofila.

Cloroplastele se deosebesc de celelalte plastide și de mitocondrii printr-o mare sensibilitate față de modificarea presiunii osmotice. De asemenea, aceste organite au o mare putere de reducere. Ele produc o reducere imediată a azotatului de argint, chiar la întuneric, particularitate care este în legătură cu procesul de fotosinteză. Cloroplastele se caracterizează și printr-o densitate mai mare decât citoplasma iar proprietățile lor osmotice sunt determinate de membrana înconjurătoare.

Forma și mărimea cloroplastelor variază după tipul celular, după specia de plantă etc. La plantele superioare, forma cloroplastelor este în general sferică, ovală, lenticulară sau discoidală. Uneori cloroplastele au aspect de halteră cu partea mediană gâtuită și cu marginile largi, pline cu clorofilă. Diametrul lor variază între 3 și 10 μm. Mărimea cloroplastelor este relativ constantă

pentru același tip celular, însă se întâlnesc și deosebiri sexuale, genetice, ecologice etc. De pildă, celulele poliploide au cloroplastele mai mari decât cele diploide. De asemenea, cloroplastele sunt mai mari la plantele crescute la umbră, dar și conținutul lor de clorofilă este mai mare comparativ cu indivizii crescuți la lumină. La algele verzi, cloroplastele (cromatofori) au dimensiuni mult mai mari, iar forma lor variază. Pentru anumite alge, forma cromatoforilor este caracteristică servind adeseori ca un indice în clasificarea acestora.



La algele brune, de exemplu, cloroplastele sunt mici, lenticulare, asemănătoare cu grăuncioarele de clorofilă de la plantele superioare, în timp ce la algele roșii ele pot avea o formă lenticulară sau de panglică.

Fig.2. Schema structurii corpului celular la *Chlamydomonas*

1 - perete celular, 2 - plasma, 3 - ribozomi, 4 - vacuole, 5 - cloroplast, 6 - mitocondrie, 7 - flageli, 8 - nucleu, 9 - nucleol, 10 - dictiozom, 11 - pirenoid.

La plantele superioare într-o celulă se găsesc numeroase cloroplaste, în medie 20-50, însă uneori pot depăși chiar 100. S-a constatat că la 1 mm² de suprafață foliară la *Ricinus communis* revin 400 000 de cloroplaste. Numărul cloroplastelor din celulele diferitelor plante este constant. În cazul în care sunt insuficiente ca număr, ele se pot înmulți prin diviziune, fapt constatat de altfel la frunzele în creștere; dimpotrivă, în procesul degenerării foliare numărul lor se micșorează. Într-o celulă de alge verzi se găsesc foarte puține cloroplaste, cel mult două-trei, deseori una singură. Fiecare cloroplast conține 3-8 formațiuni morfologice numite *pirenoizi*. Ei sunt formați din substanțe proteice sub formă sferică sau poligonală, înconjurați de grăuncioare de amidon, întregul complex numindu-se *amilosfera*.

Distribuirea cloroplastelor în celulă depinde de condițiile de mediu, de tipul celulelor etc. În celulele vii din frunza de *Elodea canadensis* se observă deplasarea pasivă a cloroplastelor, sub influența curenților citoplasmatici, fenomen cunoscut sub numele de *cicloză*. În această situație ele suferă uneori modificări morfologice reversibile. Dar în afară de mișcarea pasivă a cloroplastelor se mai remarcă și o mișcare activă, amiboidală, aceasta fiind în funcție de intensitatea luminii.

Ultrastructura cloroplastelor a putut fi studiată atât *in vivo*, cât și după fixare, pentru aceasta folosindu-se diferite metode, directe sau indirecte. Însă abia cercetările de microscopie electronică au jucat un rol hotărâtor în cunoașterea cloroplastelor.

În prezent, se știe că cloroplastele sunt înconjurate de o membrană dublă. Între cele două membrane elementare există un lichid periplastidic dispus într-un spațiu larg de aproximativ 100-

300Å. În interior, cloroplastul are un aspect heterogen, fiind format dintr-o masă fundamentală numită *stromă* (*matrice*) în care se găsesc granule mici numite *grane*. Structura granulară a cloroplastului a fost evidențiată la numeroase plante superioare și inferioare.

Mărimea granulelor variază după specie. S-a descris că în celulele de spanac fiecare cloroplast are 40-60 de grane. În interiorul cloroplastului grana are un aspect dens, având forma de coloană dispusă perpendicular pe suprafața cloroplastului. Grana cloroplastului este formată din vezicule foarte turtite sub formă de *lamele* sau *săcușori* (*tilacoide*). Tilacoidele stromei au o membrană simplă, cu grosime de 70Å și se întind pe toată lungimea cloroplastului. Alți săcușori sunt mai scurți, așezați unii peste alții formând teancuri (asemănători cu fișicurile de monede) și se numesc *lamelele granei* sau, în terminologia modernă, *tilacoidele granei*. Acestea conferă cloroplastului o structură granulară. Numărul tilacoidelor într-un cloroplast variază de la 20 la 200. Menke (1961) considera că unitatea de bază a cloroplastului este tilacidul.

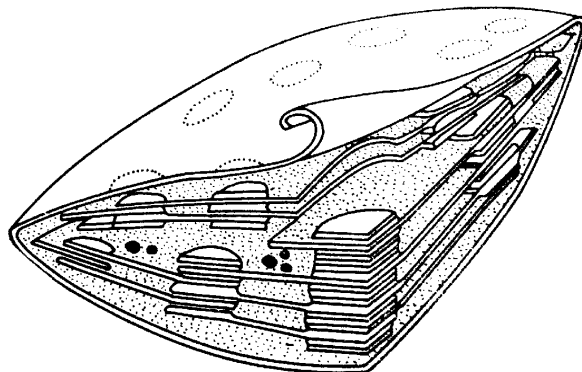


Fig.3. Schema structurii cloroplastului la *Spinacia oleracea*, unde tilacoizii granei și ai stromei sunt legați într-un singur sistem

Structura internă a cloroplastelor variază destul de mult, deși planul general de structură este același. Așa de exemplu la alge în cromatoforul tânăr se găsesc teancuri de tilacoide în care se observă lamele de mărimi variabile. În anul 1966, Kaja a remarcat că la alge tilacoidele se divid în interiorul cromatoforului. La nivelul membranelor granei există un număr de *cuantozomi* care sunt elemente eliptice turtite, cu dimensiuni de 100/200Å, formați din patru sau mai multe subunități.

Din cercetările biochimice făcute asupra cuantozomilor arată că în ei se găsește clorofilă, xantofilă, proteine etc. Compoziția chimică a cloroplastelor a putut fi cercetată datorită perfecționării metodelor de ultracentrifugare diferențiată, iar prin obținerea unei mase cât mai pure de cloroplaste s-a ajuns la stabilirea compoziției moleculare atât a cloroplastelor în general, cât și a cuantozomilor în special. Aproximativ 80% din proteine sunt insolubile, legate de substanțe lipidice, formând lipoproteinele, iar 20% sunt reprezentate prin proteine pure. O parte importantă din proteine se găsesc sub formă solvită și sub formă de enzime, enzime care participă la sinteza glucidelor, proteinelor, a acizilor grași, a clorofilei, a fosfolipidelor, a ADN și ARN. Printre enzimele care se găsesc în cloroplaste sunt: esteraze, fosfataze, carbohidraze etc. În fracțiunea lipidică a cloroplastelor se află grăsimi neutre, steroizi, ceruri și fosfolipide. Culoarea verde a cloroplastelor este determinată de prezența mai multor pigmenți, dintre aceștia cel mai important fiind clorofila. În afară de aceasta, în cloroplaste se mai află xantofila și carotenul. Se întâlnesc mai

multe tipuri de clorofilă, și anume: a, b, c și d, dintre ele cea mai răspândită fiind clorofila a, care se găsește în toate plantele autotrofe. Molecula de clorofilă este asimetrică având un „cap” hidrofil format din patru inele pirolice dispuse în jurul atomului de Mg și o „coadă” lungă hidrofobă alcătuită din fitol. Clorofila este o substanță porfirinică, asemănându-se după structură cu citocromii sau cu hemoglobina de la animale, numai că la acestea din urmă în locul Mg este Fe. Cloroplastele mai conțin xantofila și beta-caroten, denumiți cu un termen general *carotenoizi*. În frunzele verzi ei sunt mascați de culoarea verde a clorofilei și numai toamna se evidențiază când conținutul de clorofilă se micșorează. Prin natura lor, carotenoizii sunt înrudiți cu vitamina A.

La algele brune clorofila este mascată de un pigment brun numit *fucoxantină*, la algele roșii, de un pigment de culoare roșie numit *ficoeritrină*, iar la cele albastre, de *ficocianină*. Prezența amidonului în cloroplaste poate fi determinată prin culoarea lui în albastru cu soluții de iod. Granulele de amidon se găsesc atât în cloroplastele plantelor superioare, cât și în cele ale plantelor inferioare, de pildă în jurul pirenoizilor din cromatoforii algelor verzi. În cloroplaste se găsesc și zaharuri simple în a căror compoziție moleculară intră până la 7 atomi de carbon.

În compoziția chimică a cloroplastelor mai intră citocromii, vitaminele K și E, precum și unii atomi ai metalelor, de exemplu Fe, Mg, Cu și Zn. După cum s-a arătat mai sus, cuantozomii sunt unități morfo-funcționale care intervin activ în procesul fotosintetic. Compoziția chimică a cuantozomilor a fost cercetată de Park și Biggins (1964), care arată că un cuantozom conține aproximativ 230 de molecule de clorofilă, carotenoizi, compuși chinonici, fosfolipide, proteine, magneziu, fier și cupru. Între structura cloroplastului și activitatea lui funcțională există o strânsă

corelație, așa de pildă în cloroplast se realizează următoarele procese metabolice: fotosinteza, sinteza compușilor macro- și micromoleculari (glucide, aminoacizi, peptide, nucleotide, lipide etc.), sinteza ATP. Pe lângă aceasta, el are un mare rol în ereditatea citoplasmatică.

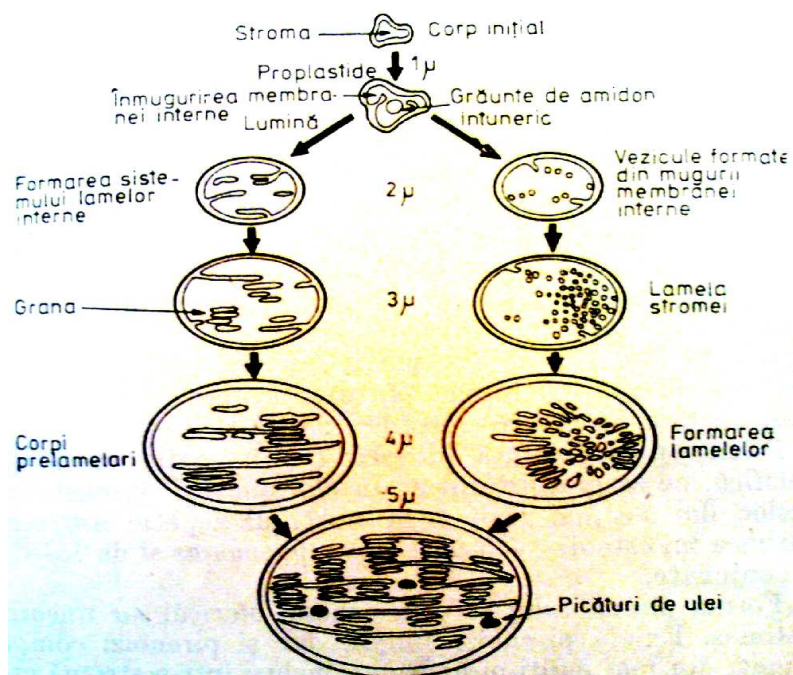


Fig.4. Cloroplast complet dezvoltat

Prin cercetări de microscopie clasică și electronică s-a demonstrat că majoritatea plantelor au în oosfera lor proplastide. Tipul matern de ereditate a cloroplastelor este ușor de explicat, deoarece materialul genetic al lui se găsește în afara nucleului, și anume în cloroplaste.

Din cercetările lui Stocking și Gifford (1956) reiese că în cloroplast se găsește aproximativ 3-7% ARN și 0,5% ADN. De asemenea, tot în cloroplaste s-a evidențiat existența ribozomilor. ARN ribozomal nu este unicul ARN al cloroplastelor, deoarece se mai găsește și ARNm, și probabil ARNt.

Un alt aspect biologic important al cloroplastelor, care argumentează în favoarea autonomiei lui în celulă, este autoreproducerea. Această situație se realizează fie prin diviziunea cloroplastului (mai frecvent la plantele inferioare), fie prin diviziunea proplastidelor frecvente la plantele superioare.

CROMOPLASTELE

În afară de cloroplaste, există și alte plastide colorate. Ele sunt numite *cromoplaste*. Spre exemplu colorația roșie a fructelor coapte de toamnă sau a rădăcinilor de morcov este condiționată de prezența cromoplastelor care conțin carotenoizi; cromoplastele se găsesc în petalele ranunculaceelor, în miezul fructului de pepene, bostan etc.

Cromoplastele conțin pigmenți diferiți, de exemplu licopenul, ficoeritrina și ficocianina. Unii dintre acești pigmenți se găsesc în cromatoforii de la alge. Așadar, în cromoplaste se află pigmenți gălbui, portocalii, roșii și bruni din grupul carotenoizilor. Cromoplastele se formează ca rezultat al acumulării carotenoizilor în proplastide, în leucoplaste sau în cloroplastele îmbătrânite, când începe să se distrugă clorofila și crește conținutul de carotenoizi. Cromoplastele din celulele rădăcinii de morcov se formează din proplastide.

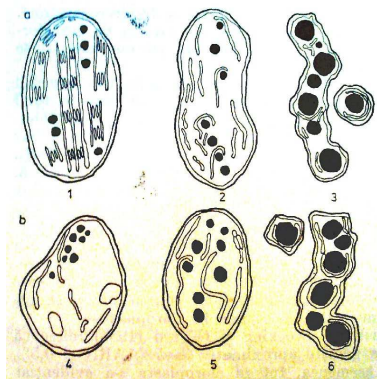


Fig.5. Geneza cromoplastelor.

(a – transformarea cloroplastelor în cromoplaste; b – formarea cromoplastelor din proplastide).

Pigmenții cristalizează în stroma plastidei. După ce cristalul de caroten s-a format, corpul plastidei se deformează, din această cauză cromoplastul are formă aciculară, de prismă etc. Așadar, forma cloroplastului depinde de forma cristalului.

În cazul în care cromoplastele se formează în urma unui proces mai mult sau mai puțin degenerativ al cloroplastelor, în ele încep să se depune carotenoizi. Pe măsură ce cristalul crește, grana se dezorganizează treptat și dispăre. Prezența cromoplastelor granulare sau globulare este caracteristică în cazul dezorganizării sistemului de membrane a

cloroplastelor. Conținutul de lipide raportat la greutatea unui cromoplast este aproximativ 50%, iar cel de proteine, de 20%. În cromoplastele din celulele rădăcinii de morcov se găsesc alfa-carotenoizi, iar la unii reprezentanți ai familiei Solanacee, în special la tomate, se găsește licopenul. Carotenoizii au primit denumirea de la caroten care este un pigment portocaliu roșiatic și se găsește din abundență în rădăcina de morcov.

Cromoplastele sunt organite îmbrăcate în una sau mai multe membrane elementare. Ele au în interior, fie formațiuni fibrilare (ca la mandarine, ardei, dovleac), fie formațiuni lamelare (pulpa pepenului verde, bostan). Uneori, în același fruct se găsesc cromoplaste cu formațiuni lamelare și fibrilare, de exemplu la dovleacul muscat.

În timpul dezvoltării cromoplastelor se dezorganizează parțial sau total structura internă a plastidei, iar în locul ei se formează niște globuli mari cromolipidici. Pentru cromoplastele formate din cloroplaste este caracteristic modul de apariție a globulilor carotenoidici. În cloroplastele tinere aceste formațiuni nu se găsesc, în locul lor fiind granule de amidon. În interiorul plastidelor se formează o structură cristalină aciculară, fapt care face să se deosebească de modul de apariție a globulilor carotenoidici. Procesul poate fi observat în celulele fructului de *Rosa canina*, *Sorbus domestica*, *Capsicum annum* etc.

După Frey-Wyssling și Mühlethaler (1965), cromoplastele ar reprezenta etapa de îmbătrânire a plastidelor și nu ar îndeplini nici o funcție în celulă, fiind niște organite cu caracter pasiv. Menționăm că aceste organite au un rol mare în atracția insectelor și a păsărilor, în cazul când sunt dispuse în petalele florilor și în fructe, pe care le colorează. Din acest punct de vedere, ele ar avea un rol indirect în răspândirea și perpetuarea speciei. Până în prezent, rolul cromoplastului din celulele rădăcinii nu este precizat. Probabil, carotenoizii servesc și ca substanță de rezervă atunci când rădăcinile sunt puse în pământ pentru a forma o nouă plantă.

Sursă: Gh. Acatrinei – „Biologia celulei vegetale” – Editura științifică și enciclopedică București