

KONTRAKCIJA GALERTASTOG STANIČNOG
SOKA U PLODOVIMA CINIJE (ZINNIA ELE-
GANS JACQ.)

Mit deutscher Zusammenfassung

ZORICA OVNIČEVIĆ i DAVOR MILIČIĆ

(Iz Visoke poljoprivredne škole u Osijeku i Instituta za botaniku
Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno za štampu 15. III 1967.

Uvod

Vrlo često nastaje u biljnim stanicama pod utjecajem ozljede, vitalnog bojenja i drugih faktora pojava vakuolne kontrakcije (Strugger 1949). Za vrijeme tog procesa bubri plazma i pri tom oduzima vodu vakuoli koje se volumen zbog toga smanji odnosno kontrahira. Od vakuolne kontrakcije treba razlikovati proces kontrakcije galertastog staničnog soka. Prilikom ove druge pojave plazma ne bubri, nego zadrži svoj prvobitni volumen, a isto tako ne mijenja se ni volumen vakuole u kojoj se stanični sok nalazi u gel-stanju. Karakteristično je, nadalje, za ovaj drugi proces da se galertasti sok rastavlja u dvije faze, čvrstu i tekuću. Prilikom rastavljanja galertasta se faza kontrahira prema sredini stanice istiskujući prema van tekućinu. Ovaj drugi proces, o kojem ćemo govoriti u ovom radu, mnogo nalikuje na sinerezu.

Kontrakciju galertastih sokova studirali su naročito Weber i suradnici (Gicklhorn i Weber 1926, Kenda i Weber 1952). Pojava se često proučavala na stanicama raznih boraginaceja (usp. Strugger 1949, Küster 1956), gdje se proces može lako pratiti jer je galertasta faza, koja se kontrahira, intenzivno obojena crveno od antocijana. Na kraju procesa nalazi se gel-faza u sredini stanice i ima smanjeni oblik stanice. Što se tiče protoplazmatskog obloga, on zadrži isti periferni položaj uz staničnu stijenku i isti obujam koji je imao prije procesa. Široki prostor u stanici koji se nalazi između kontrahiranog gela i

protoplazmatskog obloga ispuni tekuća sol-faza koju ispusti galertasta faza prilikom kontrakcije. Tekuća faza često je u početku bezbojna, ali se ponekad naknadno oboji crveno od antocijana koji izlazi iz kontrahiranog gela.

Do kontrakcije može doći spontano prilikom starenja gela, ali se također može i inducirati na razne načine, kao npr. razrijeđenom sumpornom kiselinom. K e n d a i W e b e r (1952) su ustanovili da se ne radi o specifičnom djelovanju sumporne kiseline, nego da proces mogu izazvati druge kiseline, i to solna, dušična, pikrinska, limunska itd. Najbolje djeluju te kiseline kod pH 1. Zanimljivo je da se dodatkom alkalija, npr. 10⁰/₀-tnim amonijakom ili razrijeđenom KOH, može izazvati širenje kontrahiranog gela koji ponovno ispuni vakuolni prostor. U povoljnim slučajevima moguće je pomoću kiseline na istim stanicama ponovno izazvati kontrakciju gela. K e n d i i W e b e r u (1952) pošlo je za rukom ponekad tri do četiri puta ponoviti kontrakciju i dilataciju »soka« jedne te iste stanice. Radi se prema tome očito o pojavi koja može biti reverzibilna.

Raspravljajući o uzrocima ove brze kontrakcije staničnog soka K e n d a i W e b e r (1952) ukazuju na rezultate istraživanja K u h n a i H a r g i t a y a (1951) koji su studirali kontrakcije sistema u kum su nitaste molekule bile mrežasto raspoređene. Njima je pošlo za rukom da dodavanjem kiseline i lužine izazovu reverzibilne kontrakcije i dilatacije takvog sistema. Ovi modelni pokusi pokazuju veliku sličnost s kontrakcijama u staničnom soku.

U sistemu K u h n a i H a r g i t a y a reverzibilne kontrakcije zasnivale su se na sposobnosti mreže od povezanih nitastih molekula poliakrilne kiseline da kontrakcijama i dilatacijama reagira na promjene svog ionizirajućeg stanja. U biljnim stanicama kontrakciju staničnoga soka mogli bi izazivati pektini koji prema istraživanjima H o f m e i s t e r a (1941) čine sastavni dio staničnoga soka oštrolista i koji su uzrok galertastog stanja toga soka. Budući da su pektini također izgrađeni od nitastih lančanih makromolekula, budući da stvaraju galerte i budući da izazivaju sinerezu (K i n z e l 1952), vrlo je vjerojatno da su pektini uzrok kontrakcija staničnoga soka oštrolista.

Treba nadalje istaknuti da su jake i brze kontrakcije staničnoga soka većinom vezane za stanice koje sadrže antocijan (K e n d a i W e b e r 1952, 464). Da li pri tom vrši antocijan neku ulogu i koja je to uloga, nije nam još poznato. Pred izvjesno vrijeme S c h i t t e n g r u b e r (1953 a, b) je ustanovila da jaka kontrakcija nastaje i u vakuolama koje sadrže antoornina. Prilikom istraživanja plodova suncokreta utvrdili su O v n i č e v i ć i M i l i č i ć (1964) da stanice vanjske epiderme ne sadrže samo antoornina, nego i da imaju sposobnost za sineretsku kontrakciju. Stanice te iste epiderme, kad nemaju antoornina, ne mogu se kontrahirati. Prema tome, svojstvo kontrakcije vezano je i u suncokretu uz nažnost boje.

U ovom radu opisat ćemo sineretsku kontrakciju staničnoga soka u vanjskoj epidermi plodova cinije. Moramo napomenuti da se i vakuole involukralnih listova cinije mogu prema S c h i t t e n g r u b e r o v o j

također sineretski kontrahirati. U njima se također nalazi tamna boja antoornin. U pogledu naziva ove crne boje iz cvjetnih dijelova glavočika nema još suglasnosti; tako je npr. Politis (1957) ne naziva antoornin nego fitomelan, a Höfler (1964) melanin (usp. i Möbius 1927, 58 i 125).

Kristalni pijesak u vakuolama vanjske epiderme

Prilikom istraživanja vanjske epiderme plodova cinije mogli smo zapaziti da se u njihovim vakuolama nalaze brojni kristalići (tab. 1 i 2). Kako smo u toku istraživanja dokazali, radi se o kristalićima kalcijeva oksalata. Sastav tih kristala utvrdili smo reakcijama s koncentriranom H_2SO_4 prilikom čega su se kristali pretvorili u igličaste kristale gipsa. Nazočnost oksalatnog iona ustanovili smo Plahl-ovim reagensom, tj. obrađivanjem epiderme sa srebrnim nitratom i dušičnom kiselinom (Plahl 1920, Tunmann-Rosenthaler 1931). Pod utjecajem ovog reagensa nastao je netopljivi srebrni oksalat koji je u prolaznom svjetlu crn, a u upadnom bijel. Budući da su kristalići kalcijeva oksalata u polarizacijskom mikroskopu među unakrštenim nikolima intenzivno svijetlili, vrlo je vjerojatno da se radi o kristalima CaC_2O_4 -monohidrata koji pokazuju veći dvolom nego kristali dihidrata (Philipsborn 1952, Küster 1956).

U pojedinim biljnim stanicama dosta se često susreću velike količine malenih kristala kalcijeva oksalata koje nazivamo kristalnim pijeskom. Često stanice s kristalnim pijeskom imaju karakter idioblasta, kao npr. u listovima mnogih solanaceja. U plodovima cinije sve stanice vanjske epiderme sadrže približno jednake količine kristalnog pijeska. Ti se kristali ne nalaze u vakuolama u grupama, nego su u svakoj pojedinoj vakuoli prilično jednolično porazdijeljeni. Da se jednoličnost raspodjele ne odnosi samo na jednu ravninu, nego na čitav volumen vakuole, možemo se lako uvjeriti ako s jačim objektivima promatramo te stanice u raznim optičkim presjecima.

Iako su kristali kalcijeva oksalata u većini slučajeva bili vrlo maleni i sa svih strana okruženi staničnim sokom, nisu pokazivali nikakva Brownova molekularnog gibanja. To nas je navelo na pomisao da se vakuole ovih stanica nalaze u čvrstom stanju. Budući da čvrsti stanični »sokovi« pokazuju sinerezu pod utjecajem 0,1 n H_2SO_4 , obradili smo epidermske stanice ovom kiselinom. Pri tom se sadržaj vakuola zajedno s kristalnim pijeskom naglo kontrahirao. Nakon završetka procesa kontrakcije zadržala je kontrahirana masa približno oblik stanice (tab. 2).

Što se tiče kristalnog pijeska, čini nam se da njegova raspodjela ukazuje na to da je nastao u vakuoli a ne u citoplazmi. Kako je poznato iz literature (Küster 1956), nekada se vrlo mnogo diskutiralo o tome gdje se stvaraju kristali kalcijeva oksalata, u citoplazmi ili vakuoli. Ova je diskusija završila tako da se danas općenito smatra da se ti kristali mogu obrazovati i u citoplazmi i u vakuoli, tj. na svim mjestima gdje se sastanu kalcijevi i oksalatni ioni.

I u našem bi se slučaju moglo pretpostaviti da su kristali nastali u plazmi, a da su tek sekundarno dospjeli u vakuolu. No teško bi bilo tada objasniti kako su se kristali naknadno tako jednolično porazmjestili u čvrstom staničnom »soku«. Ako su kristali u vakuolu dospjeli dok se sok još nalazio u tekućem stanju, morali bi kristali kao teža tijela pasti na dno stanice i tu se skupiti u hrpu. Ako su u vakuolu dospjeli kasnije, tj. kad je sok postao galertast, morali bi se zbog otpora čvrstog soka zadržati na rubu vakuole, tj. ne bi mogli prodrijeti u njenu unutrašnjost. Moglo bi se još pretpostaviti da su citoplazmatska gibanja prouzrokovala i strujanja u tekućem ili polutekućem soku i pomjerala kristale koji su dospjeli iz plazme u vakuolu i pri tom utjecala na njihovu raspodjelu u staničnom soku. No ova posljednja mogućnost je vrlo malo vjerojatna. Možda bi detaljnija istraživanja razvoja epidermskih stanica mogla dati sigurniji odgovor na ova pitanja.

Kontrakcija staničnog soka

Vanjska stijenka epiderme plodova cinije katkad je jače svedena prema van tako da poprima papilozni karakter. Kroz takvu je stijenku teže promatrati promjene u unutrašnjosti stanice. Na drugim mjestima stijenka je ravna, pa su ta mjesta podesnija za istraživanje.

Za naša daljnja razmatranja važno je znati da je protoplazmatski oblog, koji se nalazi uz staničnu stijenku prilično tanak, i da se u njemu nalazi veći broj zeleno obojenih plastida. Čitavu ostalu unutrašnjost stanice ispunjava stanični sok kojega smo karakteristike već upoznali.

Djelujemo li na razvijene epidermske stanice sa 0,1 n H_2SO_4 , nastat će nagla kontrakcija staničnoga soka. Na kraju procesa kontrahirani »sok« poprimat će smanjeni oblik stanice u kojoj se nalazi (tab. 2). Za vrijeme kontrakcije protoplazmatski oblog zadrži svoj periferni položaj, a isto se tako i kloroplasti zadrže uz stijenku stanice. Pokušamo li razrijeđenim amonijakom izazvati dilataciju staničnoga soka, ne može se jasno razabrati da li se galertasti sok proširi na prostor čitave vakuole ili ne. U svakom slučaju kristalići kalcijeva oksalata, koji su za vrijeme sinereze dospjeli u sredinu stanice, ne vraćaju se nazad u svoj prijašnji položaj, nego ostaju grupirani približno na onom mjestu gdje su se nalazili nakon kontrakcije.

Čini se da se odnosi u staničnom soku mijenjaju tokom razvoja vanjske epiderme. Istražimo li odnose u mlađim plodovima, u kojima se tek počeo formirati crni fitomelanski sloj u unutrašnjosti ploda i koji su zbog toga umjesto ranije bijele boje počeli poprimati sivu, zapazit ćemo da u vakuolama ima manje kristala kalcijeva oksalata. Obradimo li te mlade stanice sa 0,1 n H_2SO_4 , često se stanični sok kontrahira kao i u starijim stanicama, ali na kraju procesa ne zadrži smanjeni oblik stanice nego se zaokruži (tab. 1a-c). Očito je viskoznost kontrahiranog soka još dosta niska, pa sile napetosti površine mogu utjecati na njegov oblik.

U sasvim mladim epidermskim stanicama sa nedozrelih plodova ne dolazi do sineretske kontrakcije. Ova činjenica ukazuje da vrlo mlade stanice nemaju još galertasta staničnog soka.

Ostali pokusi

Djelujemo li na starije stanice, koje su sposobne za kontrakciju molarnom otopinom KNO_3 , doći će do plazmolize. Oblik plazmotize ostaje dugo vremena konkavan (tab. 1f). Ovaj oblik plazmolize nismo očekivali. Poznato je, naime, iz istraživanja sinereze u oštrolista da njihov stanični sok prilikom plazmolize zadrži smanjeni oblik stanice tako da čvrsti stanični sok određuje oblik plazmolize (Gicklhorn i Weber 1926). Možda je uzrok naročitog vladanja vakuole cinije upotreba soli KNO_3 kao plazmolitikuma koji prema Hofmeisteru (1941) djeluje tako da galertasti sok poprima više tekuća svojstva. U plazmoliziranim stanicama vrste *Zinnia elegans* vidi se velik broj kapljica odjeljivanja koje se obrazuju prilikom plazmolize (tab. 1f).

Obradimo li starije epidermske stanice, koje se mogu sineretski kontrahirati, otopinom neutralnog crvenila u vodovodnoj vodi (1:10000, pH 7,1), nastaju karakteristične promjene. Vakuola se najprije difuzno oboji crveno. Nakon nekog vremena dolazi do rastavljanja staničnog soka u dvije faze (tab. 1d). Pri tom se obrazuje u vakuoli veći broj kapljica koje vežu uz se najveći dio neutralnog crvenila tako da se intenzivno crveno oboje. Interesantno je da se ne zapaža nikakvo Brownovo gibanje kapljica odjeljivanja, vjerojatno zato što su kapljice okružene čvrstom fazom koja priječi njihovo gibanje. Iako se kapljice ne mogu pomicati, ipak se postepeno povećavaju.

Da bismo što bolje upoznali svojstva staničnoga soka vanjske epiderme plodova cinije, izvršili smo i niz histokemijskih reakcija. Najprije smo tu epidermu obradili 2%-tnom otopinom amonijaka prilikom čega su se vakuole obojile izrazito žuto. Na osnovi ove reakcije pomislili smo da epiderma sadrži flavonole koji su — kako je poznato — u ovom tkivu dosta česti. To je mišljenje, međutim, bilo pokolebano kad smo postigli sasvim negativni rezultat prilikom reakcije s ferikloridom. Isto je tako i reakcija s p-dimetilaminobenzaldehidom bila negativna dok je sa 0,5 postotnom otopinom kofeina samo u malom broju stanica nastao kapljičast talog.

Na osnovi ovih reakcija može se naslutiti da u ovoj epidermi postoje malene količine flavonola, dok tanina vjerojatno nema.

Diskusija

Kako proizlazi iz zapažanja na plodovima cinije, pod utjecajem razrijeđene sumporne kiseline dolazi do nagle kontrakcije staničnoga soka. Ovakve kontrakcije vakuole opisane su pred duže vremena u botaničkoj literaturi naročito u radovima Webera i njegovih suradnika (literatura kod Kende i Webera 1952). Ovi autori smatraju da do promjena u vakuoli dolazi zbog sinereze staničnog soka. I mi smatramo da se u cinije radi o sinerezi sličnom procesu. Ipak se svojstva staničnoga soka cinije ne podudaraju posve s osobinama vakuola oštrolista. Tako npr. izostaje — kako se čini — u cinije sposobnost dilatacije staničnog soka pod

utjecajem amonijaka. Isto se tako očituju razlike nakon plazmolize te nakon djelovanja neutralnim crvenilom. Prilikom tih zahvata dolazi u cinije do procesa sličnih odjeljivanju, tj. do procesa, koje smo navikli susretati u fluidnim staničnim sokovima.

Da se stanični sok cinije nalazi u galertastom ili gotovo galertastom stanju, svjedoči činjenica da vrlo maleni kristali kalcijeva oksalata, koji se nalaze u vakuoli, ne pokazuju Brownovo gibanje i ne padaju na dno vakuole, nego su prilično jednolično u njoj raspodijeljeni. Iako se taj sok u pogledu konsistencije prilično podudara sa sokom iz latica oštrolista, pokazuje ipak već spomenute razlike.

Dosada je ipak poznato više biljaka u kojima se sineretski procesi ponešto udaljuju od procesa u oštrolista. Tako je npr. T a k a d a (1952) u stanicama vrste *Elodea densa* zapazio sineretsko kontrahiranje vakuole nakon djelovanja neutralnim crvenilom. Isto je tako i Miličić (1952, 1967) opisao kontrakcije slične sinerezi u epidermi i hipodermi raznih plodova *Malus* i *Prunus* koje se ponešto razlikuju od kontrakcije vakuola u oštrolista. Tako se npr. kontrahirani sok na kraju zaokružuje, u njemu se pojavljuju manje ili veće vakuole, a prilikom plazmolize protoplast ne poprimi smanjeni oblik stanice. Osim toga dolazi do prelaznih forma između sinerezi sličnih procesa i odjeljivanja, kako je zapazio Miličić (1952) prilikom vitalnog bojenja epidermskih stanica plodova *Malus toringo* neutralnim crvenilom.

To sve ukazuje da se ovi procesi u raznim biljkama mogu različito odvijati ovisno o razlikama u sastavu staničnoga soka i da mogu znatno ovisiti i o faktorima koji ih izazivaju.

Z a k l j u č a k

U vanjskoj epidermi plodova cinije (*Zinnia elegans*) vakuole se nalaze u stanju sličnom galerti. Zbog takvog karaktera staničnog »soka« sitni kristali kalcijeva oksalata, koji su u velikom broju razasuti po vakuoli, ne pokazuju nikakva Brownova gibanja, nego potpuno miruju. Obrade li se ove vakuole razrijeđenom sumpornom kiselinom, dolazi do nagle sineretske kontrakcije.

U drugom dijelu ovog saopćenja opisali smo druga svojstva tih vakuola, naročito njihovo vladanje prema neutralnom crvenilu i prilikom plazmolize. Osim toga usporedili smo istražene procese u cinije sa sinezom staničnoga soka oštrolista.

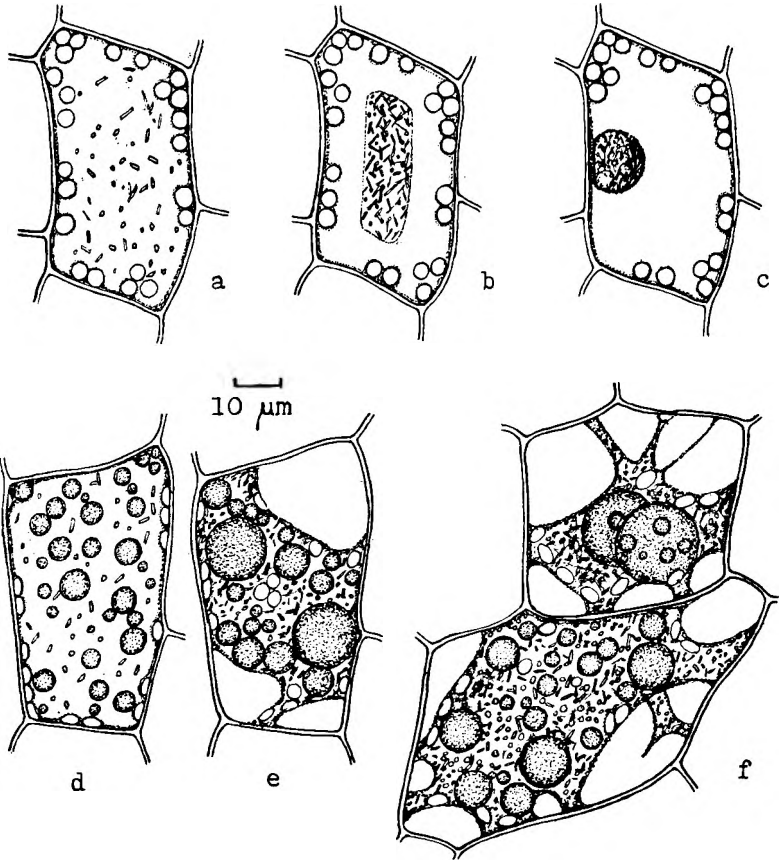


Tabla 1. *Zinnia elegans*. Stanice vanjske epiderme stijenke ploda. *a* u normalnom stanju, *b* i *c* poslije obrađivanja s 0,1 n H_2SO_4 . *b* srednja faza kontrakcije staničnog soka, *c* krajnja faza. *d* i *e* stanice obojene neutralnim crvenilom; u vakuolama su nastale kapljice odjeljivanja; *d* prije plazmolize, *e* poslije plazmolize sa 1,0 molarnom otopinom KNO_3 . *f* neobojene stanice plazmolizirane sa 1,0 molarnom otopinom KNO_3 .

Tafel 1. *Zinnia elegans*. Außenepidermiszellen der Fruchtwand. *a* im normalen Zustand, *b* und *c* nach Behandlung mit 0,1 n H_2SO_4 . *b* mittlere Phase der Zellsaft-Kontraktion, *c* Endphase. *d* und *e* mit Neutralrot gefärbte Zellen; in den Vakuolen sind Entmischungstropfen entstanden. *d* vor der Plasmolyse, *e* nach Plasmolyse mit 1,0 mol KNO_3 . *f* ungefärbte Zellen, mit 1,0 mol KNO_3 plasmolysiert.

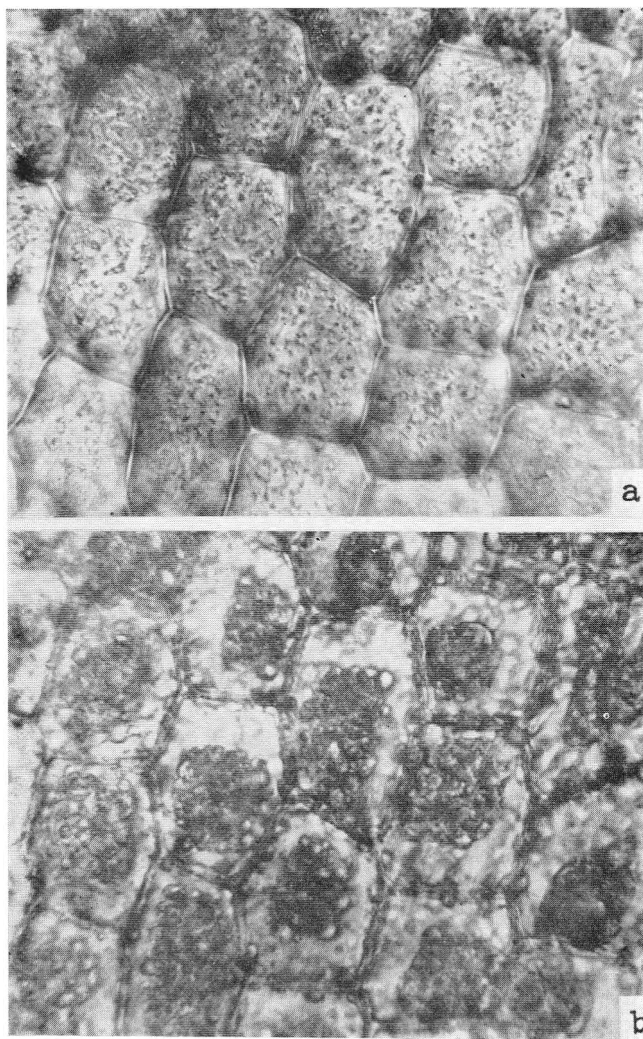


Tabla 2. *Zinnia elegans*. Stanice vanjske epiderme stijenke ploda. *a* u normalnom stanju, *b* nakon sinereze izazvane sa 0,1 n H₂SO₄.

Tafel 2. *Zinnia elegans*. Außenepidermiszellen der Fruchtwand. *a* im normalen Zustand, *b* nach der mit 0,1 n H₂SO₄ hervorgerufenen Synärese.

Literatura

- Gickhorn, J., und F. Weber, 1926: Über Vakuolenkontraktion und Plasmolyseform. *Protoplasma* **1**, 427—432.
- Höfler, K., 1964: Die *Myricaria germanica* — *Astragalus alpinus* — Assoziation im Osttiroler Defreggental. *Verhandlungen Zool.-Bot. Ges. Wien* **103/104**, 101—109.
- Hofmeister, L., 1941: Mikrurgische Studien an Borraginoideen-Zellen. I. Mikrodissektion. *Protoplasma* **35**, 65—94.
- Hofmeister, L., 1941: Mikrurgische Studien an Borraginoideen-Zellen. II. Mikroinjektion und mikrochemische Untersuchung. *Protoplasma* **35**, 161—186.
- Kenda, G., und F. Weber, 1952: Rasche Vakuolenkontraktion in *Cerithe*-Blütenzellen. *Protoplasma* **41**, 458—466.
- Kinzel, H., 1952: Über Pektinstoffe. *Österr. Apotheken-Zeitung* **6** (20), 329—331.
- Kuhn, W., und B. Hargitay, 1951: Muskelähnliche Kontraktion und Dehnung von Netzwerken polyvalenter Fadenmolekülonen. *Experientia* **7**, 1—11.
- Küster, E., 1956: Die Pflanzenzelle. 3. Aufl. Gustav Fischer, Jena.
- Miličić, D., 1952: Zur Kenntnis der Phlobaphenkörper in Früchten einiger *Malus*-Arten. *Protoplasma* **41**, 327—335.
- Miličić, D., 1965: Prilozi poznavanju svojstava flobafenskih tijela nekih sočnih plodova. *Acta bot. Croatica* **24**, 175—188.
- Möbius, M., 1927: Die Farbstoffe der Pflanzen. In: Linsbauers Handbuch d. Pflanzenanatomie. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Ovničević, Z., i D. Miličić, 1964: Antoorfnin u plodovima suncokreta (Anthorophnin in Sonnenblumenfrüchten). *Acta bot. Croatica* **23**, 21—26.
- Philipsborn, H., 1952: Über Calciumoxalat in Pflanzenzellen. *Protoplasma* **41**, 415—424.
- Plahl, W., 1920: Zum Nachweis der Oxalate in Pflanzengewebe. *Zeitschrift wiss. Mikroskopie* **37**, 130—135.
- Politis, J., 1957: Untersuchungen über die cytologische Bildung der Phytomelane bei einigen *Zinnia*-Arten. *Protoplasma* **48**, 269—275.
- Schittengruber, B., 1953a: Das Anthoorphin der Kompositen-Involukralblätter fehlt ihren Schließzellen. *Protoplasma* **42**, 324—327.
- Schittengruber, B., 1953b: Kontraktion Anthoorphin-haltiger Vakuolen. *Protoplasma* **42**, 328—333.
- Strugger, S., 1949: Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanzen. 2. Aufl. Springer-Verlag. Berlin—Göttingen—Heidelberg.
- Takada, H., 1952: Untersuchungen über die gerbstoffführenden Idioblasten in Blattlamina von *Helodea densa*. *J. of Institut of Polytechnics Osaka* **3**, 31—36.
- Tunmann, O., und L. Rosenthaler, 1931: Pflanzenmikrochemie. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin.

ZUSAMMENFASSUNG

KONTRAKTION DES GALLERTIGEN ZELLSAFTES IN ZINNIA-ELEGANS-FRÜCHTEN

Zorica Ovničević und *Davor Miličić*

(Aus der Landwirtschaftlichen Hochschule Osijek und dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

In den Vakuolen der Fruchtaußenepidermis von *Zinnia elegans* befinden sich zahlreiche winzige Kristalle (Taf. 1 u. 2). Es wurde bewiesen durch Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure, wobei sich diese Kristalle in eine große Anzahl von nadelförmigen Gypskristallen verwandeln, und durch Einwirkung mit Plahlschem Reagens (P l a h l 1920), daß es sich dabei um Kalziumoxalat-Kristalle handelt. Weil diese Kristalle im Polarisationsmikroskop unter gekreuzten Nikols intensiv leuchten, ist wahrscheinlicher, daß es sich hier um Kristalle von Ca-Oxalat-Monohydrat handelt, da diese ein größeres Doppelbrechungsvermögen besitzen als die vom Dihydrat (P h i l i p s b o r n 1952; K ü s t e r 1956, 492, 493). In dieser Epidermis kommen die Monohydrat-Kristalle in Form von Kristallsand vor.

In den Zinnienfrüchten enthalten alle Außenepidermiszellen ungefähr die gleiche Menge von Kristallsand. Die Kristalle sind im Zellsaft nicht gruppiert, sondern in allen Vakuoleteilen gleichmäßig verteilt (Taf. 1 u. 2). Daß diese Annahme richtig ist, kann man leicht feststellen, wenn man mittels stärkerer Objektive verschiedene optische Querschnitte dieser Zellen überprüft.

Obwohl die Kristalle meistens sehr klein und von allen Seiten mit Zellsaft umgeben waren, zeigten sie doch keine Brownsche molekulare Bewegung auf. Deshalb sind wir auf den Gedanken gekommen, daß sich diese Vakuolen im festen, gallertigen Zustand befinden. Da sich solche festen Zellsäfte unter dem Einfluß von 0,1 n H_2SO_4 synäretisch kontrahieren können, haben wir die Epidermiszellen mit dieser Säure behandelt. Dabei konnten wir wahrnehmen, daß sich der Vakuoleninhalt mit dem eingebetteten Kristallsand schnell kontrahiert. Nach dem Ablauf des Kontraktionsprocesses (der Synärese) behält der »Saft« ungefähr den verkleinerten Umriß der Zelle (Taf. 2) Während der Kontraktion bleibt der Protoplasmaelag mit den Chloroplasten an der Zellwand, ändert also seine Lage in der Zelle nicht.

Wenn man mit einer verdünnten Ammoniaklösung die Dilatation des kontrahierten Zellsaftes hervorzurufen versucht (vgl. K e n d a und W e b e r 1952), ist es nicht möglich, mit Sicherheit darauf zu schließen, ob

sich dabei der gallertige Saft auf den ganzen Raum der Vakuole verbreitet oder nicht. In jedem Fall kehren die Kalziumoxalat-Kristalle nicht mehr in ihre frühere Lage in der Zelle zurück, sondern sie bleiben ungefähr in der Zellmitte gruppiert, und zwar auf der Stelle, wohin sie während der Kontraktion gelangt sind.

Der Umstand, daß die Kristalle vor der Kontraktion des gallertigen »Saftes« gleichmäßig verteilt sind, weist darauf hin, daß sie nicht im Cytoplasma, sondern in der Vakuole entstehen, und zwar in der Zeit, da diese ihre gallertige Konsistenz schon gewonnen hat. Wenn die Kristalle in der Vakuole früher entstanden wären, d. h. in der Zeit, als die Vakuole noch flüssig war, würden sie als schwere Körper auf den Boden der Vakuole gefallen sein und würden sich dort in eine Schar gruppiert haben. Die gallertige Konsistenz des Zellsaftes verhindert aber die Bewegung der Kristalle und behält diese auf jener Stelle in der Zelle, wo sie auch entstanden sind.

Untersuchen wir diese Vakuolen bei jüngeren Früchten, bei denen sich die in inneren Fruchtteilen befindliche Phytomelanschicht erst zu bilden beginnt, werden wir beobachten, daß diese jungen Vakuolen eine kleinere Menge von Kristallen enthalten als die älteren Vakuolen. Behandeln wir die jungen Zellen mit 0,1 n H_2SO_4 , verläuft der Kontraktionsprozeß in seinen ersten Stadien ähnlich wie in den alten Zellen, aber am Ende dieses Prozesses behält der kontrahierte Zellsaft nicht dauernd den verkleinerten Umriß der Zelle, sondern er rundet sich endlich ab (Taf. 1 a-c). Die Viskosität des kontrahierten Saftes ist bestimmt noch ziemlich niedrig, so daß die Oberflächenspannungskräfte auf die Form des Saftes einwirken können.

Es sei betont, daß während der synäretischen Kontraktion sowohl der an der Zellwand befindliche Protoplasmabelag als auch die in ihm eingebetteten Chloroplasten ihre peripherische Lage in der Zelle auch weiterhin beibehalten.

In ganz jungen Epidermiszellen, die sich in unreifen Früchten befinden, kommt es zu keiner Kontraktion unter dem Einfluß der verdünnten H_2SO_4 . Dieser Versuch zeigt, daß der Zellsaft die gallertige Konsistenz hier noch nicht erreicht hat, sondern sich im flüssigen Zustand befindet.

Wirken wir auf die älteren, für eine synäretische Kontraktion schon fähigen Zellen mit 1,0 mol KNO_3 -Lösung ein, kommt es in ihnen zur Plasmolyse. Die Plasmolyseform bleibt auch eine längere Zeit nach der Einwirkung des Plasmolitikums konkav (Taf. 1f). In dieser Hinsicht unterscheiden sich unsere Zellen stark von den Boraginaceen-Blütenzellen, die ebenfalls gallertige Zellsäfte besitzen. Bei Verkleinerung ihres Volumens während der Plasmolyse behalten diese letzteren Säfte den verkleinerten Umriß der Zelle, was im Zusammenhang mit der festen Konsistenz des Zellsaftes steht (Strugger 1949, Kenda und Weber 1952).

Ebenso verhalten sich die Zinnienvakuolen auch bei Behandlung mit Neutralrot anders, als die Vakuolen der Boraginaceen. Wenn die Zinnien-

Zellen mit Neutralrot (1 : 10000, pH 7,1) behandelt werden, kommt es zuerst zur diffusen Vakuolenfärbung und später zur Entmischung des Zellsaftes, wobei die viskose Phase Tropfenform annimmt und den Farbstoff intensiv speichert (Taf. 1d). Zum Unterschied davon kontrahieren sich die Boraginaceen-Vakuolen nach Behandlung mit Neutralrot synäretisch und behalten dauernd den verkleinerten Zellumriß.

Wie aus dieser Darstellung hervorgeht, kommt es zur Kontraktion des Zellsaftes bei Zinnie unter dem Einfluß der verdünnten Schwefelsäure. Doch verhalten sich die festen Vakuolen von Zinnie nicht immer gleich wie die Vakuolen von Boraginaceen. So z. B. scheint es uns, daß bei Zinnie die Dilatation des kontrahierten Saftes unter dem Einfluß vom Ammoniak ausbleibt; außerdem verhalten sich die Zinnien-Vakuolen anders während der Plasmolyse und der Behandlung mit Neutralrot (Taf. 1 d-f). Ähnliche Abweichungen von der Synärese oder von den der Synärese nahe stehenden Prozessen sind aber in der Literatur schon mehrmals angeführt worden (Hofmeister 1941 a, b; Miličić 1952, 1965; Takada 1952, 33).