

## KRISTALI VIRUSA MOZAIČKE BOLESTI DUHANA U PLODOVIMA PAPRIKE

*Mit deutscher Zusammenfassung*

ZLATA ŠTEFANAC-UĐBINAC

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

### Uvod

U stanicama biljaka iz raznih familija otkriven je do danas velik broj bjelančevinastih kristala. Mnoge od tih kristala opisali su u svojim djelima Zimmermann (1893), Molisch (1913) i Meyer (1920). Njihov oblik može prilično varirati: mogu biti poliedrične građe i pripadati različitim kristalografskim sustavima, ili biti parakristali u obliku iglica. Bjelančevinasti kristali su često ograničeni na pojedine biljne organe. Tako se npr. proteinske kocke u krumpiru mogu naći samo u perifernom staničju gomolja, a ne i u drugim dijelovima. Osim toga proteinski kristali mogu biti lokalizirani i u različitim dijelovima stanice, kao npr. u citoplazmi, staničnoj jezgri ili plastidima. Poznato je da se proteinski kristali iz vrste *Pinguicula caudata* nalaze jedino u jezgrama, a u drugim ih dijelovima stanice nema. Takve su jezgre često nepravilnog oblika i pune gusto zbijenih kristala. I neke vrste roda *Fraxinus* sadrže u jezgrama stanica pupova kristale koji imaju oblik četverouglastih pločica. U epidermi vrste *Scutellaria altissima* postoje dosta veliki kristali vretenasta oblika, i to isključivo u citoplazmi.

Kako je većina bjelančevinastih kristala otkrivena još krajem prošlog stoljeća, kada se o virusima nije mnogo znalo, svi su u to vrijeme smatrani normalnim sastavnim dijelovima biljnih stanica. Prvi je Ivanovski (1903) u duhanu inficiranom virusom mozaičke bolesti duhana zapazio proteinske kristale u obliku heksagonalnih prizama i ustanovio da nastaju pod utjecajem virusne infekcije. Time se pokazalo, da bjelančevinasti kristali kod biljaka mogu biti ne samo normalni sastavni dijelovi njihovih stanica (građevne i rezervne tvari) nego i virusne tvorevine.

Budući da su mnogi proteinski kristali bili pronađeni u vrijeme kada se još nije znalo da se u biljnim stanicama mogu obrazovati i virusni kristali, nije nikako čudno da su se neki virusni kristali dugo vremena

smatrali za normalne rezervne ili građevne tvari biljne stanice. Takvi su npr. kristali u obliku vretena iz kakteja te heksagonalne pločice iz ploda paprike.

Vretenaste kristale proteinske prirode, koji se nalaze inzularno raspoređeni u epidermi različitih vrsta roda *Epiphyllum*, opisao je prvi M o l i s c h (1885) i smatrao ih za normalne sastojke. U njihov normalni karakter posumnjala je R o s e n z o p f o v a ispitujući ih u epidermi kakteja *Epiphyllum* i *Peireskia*. Ona je zapazila da neki primjerci tih kakteja sadrže vretena, a drugi ne. Da bi ustanovila da li se radi o virusnim kristalima, prenijela je tkivni sok iz biljaka koje su sadržavale vretena u biljke koje ih nisu imale. Budući da su se poslije nekog vremena i u ovim biljkama pojavila vretena, konstatovala je (1951) da se radi o tvorevinama nastalim pod utjecajem virusne infekcije. Da se radi o virusnim uklopinama, dokazao je i A m e l u n x e n (1958) kome je pošlo za rukom da taj virus purificira. Miličić i Uđbinac (1961) prvi su uspjeli prenijeti virus kakteja na domadare koji ne pripadaju porodici kakteja, i to na *Chenopodium amaranticolor* i *Ch. album*, na kojima nastaju lokalne lezije, tako da se ti domadari mogu upotrijebiti i za kvantitativna ispitivanja virusa kakteja.

Drugi primjer, da su se virusni kristali smatrali za normalne, jesu heksagonalne bjelančevinaste prizme iz paprike. Te kristale opisao je Nestler (1906) i držao ih za građevne tvari. Prema Nestleru kristali su najobilnije zastupljeni u onim stanicama koje pripadaju žljezdanim području. Žljezdane stanice su dio unutarnje epiderme ploda a nalaze se na rubu pregrada i u blizini placente (sl. 1). U ovom području žljezde su inzularno raspoređene i iz njih se izliva uljni ekskret.

Prilikom opetovane pretrage većeg broja svježih i suhih plodova paprike, Miličić i Uđbinac (1960) zapazili su kristale kakve je opisao Nestler samo u vrlo malom broju primjeraka. Već ta okolnost što su jedni primjerci sadržavali kristale a drugi ne, ukazivala je da nisu redoviti sastojci stanice. Kako su kristali i po obliku odgovarali kristalima koje u stanicama svojih domadara formira virus mozaika duhana (VMD), pomislili su navedeni autori da kristali dolaze samo kod primjeraka zaraženih tim virusom. Da se ustanovi da li su kristali iz paprike zaista posljedica virusne infekcije, izvršen je prenos soka iz primjeraka s kristalima na primjerke koji ih nisu imali. Poslije stanovitog vremena pronađeni su i u prije zdravim paprikama jednaki proteinski kristali.

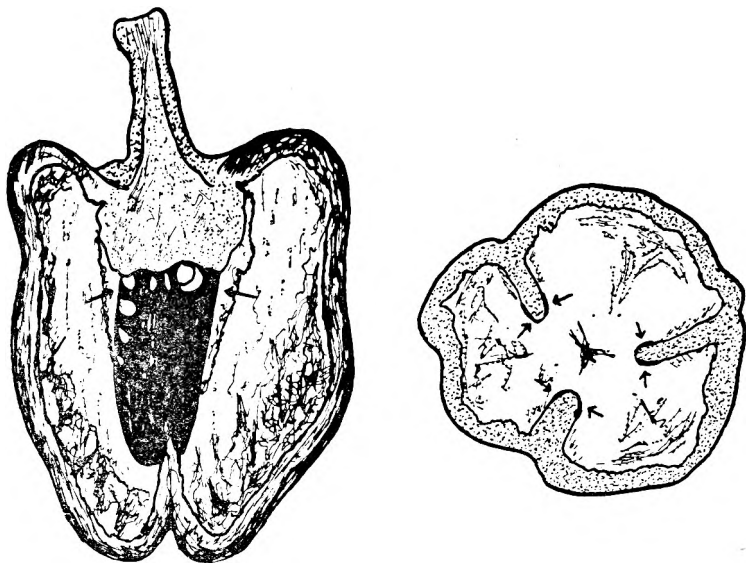
Na osnovi karakterističnog oblika kristala i na osnovi tih pokusa prenošenja zaključili su Miličić i Uđbinac (1960) da heksagonalni kristali iz paprike predstavljaju kristale mozaičke bolesti duhana.

#### Nestlerovi kristali su tvorevine virusa mozaičke bolesti duhana

Kako se iz gornjeg prikaza vidi, glavni argument (Miličić i Uđbinac 1960) da su pronađeni kristali iz paprike zaista kristali VMD zasniva se na karakterističnom obliku tih kristala. Da bi se sa sigurnošću

ustanovilo da li se radi baš o kristalima VMD, bilo je potrebno dokazati prisustvo toga virusa s pomoću reakcije na poznatim test-biljkama.

Poznato je da virus mozaičke bolesti duhana izaziva na stanovitim biljkama stvaranje vrlo karakterističnih vanjskih znakova zaraze. Tako npr. *Nicotiana glutinosa* reagira na VMD sitnim lokalnim lezijama. Zbog toga smo sa sokom iz paprika, koje su sadržavale heksagonalne kristale, inokulirali listove biljke *N. glutinosa*. Vrlo sitne, jedva vidljive nekrotične lokalne lezije nastajale su na inokuliranim listovima 2—3 dana nakon infekcije. One su postepeno postajale veće, pa im je na kraju promjer iznosio 1—2 mm.



Sl. 1. *Capsicum annum*. Lijevo uzdužni, desno poprečni prerez kroz plod. Zljezdana područja, koja se nalaze na rubu pregrada, označena su strelicama.

Abb. 1. *Capsicum annum*. Links Längsschnitt, rechts Querschnitt durch die Frucht. Drüsenbereiche, die sich an den Rändern der Scheidewände befinden, sind mit Pfeilen bezeichnet.

Za determinaciju VMD na paprici poslužila je i *Datura stramonium*, kužnjak, koji na mozaik duhana također reagira lokalnim lezijama. Sitne nekrotične lokalne lezije promjera 0,1 mm jedva su se nazirale 3—4 dana nakon infekcije u upadnom svjetlu. Poslije dalja tri dana lezije su postale jasno vidljive. Uz nekrotični centar mogao se tada u prolaznom, a i u upadnom svjetlu zapaziti smeđi prsten oko svjetlijeg centra lezije. Kužnjak je jako reagirao na VMD. Tako je na listu veličine 21 cm<sup>2</sup> bilo 230, a na drugom listu iste biljke veličine 12,5 cm<sup>2</sup> 140 nekrotičnih lezija. One su se kasnije međusobno stapale, pa je cijeli list ubrzo uvenuo i otpao.

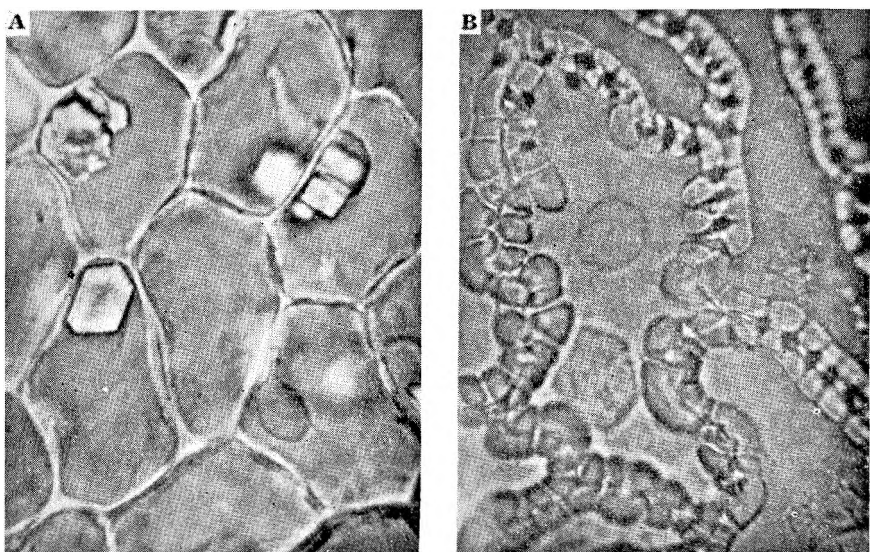
Treća test-biljka s pomoću koje smo dokazali da su heksagonalne pločice iz ploda paprike kristali virusa mozaičke bolesti duhana, je poznata test-biljka *Chenopodium amaranticolor*. Prema Hollingsu (1956) *Ch. amaranticolor* reagira na infekciju s VMD lokalnom zarazom i pri tom se pojavljuju brojne lokalne lezije. Nakon inokulacije listova te vrste sa sokom iz paprike mogle su se zamijetiti na inokuliranim listovima sitne klorotične lokalne lezije promjera 0,5 mm. Jedan do dva dana poslije prvih znakova zaraze nastao je uz rub bijelog nekrotičnog centra tanki crveni prsten koji je s vremenom postajao širi, pa je zajedno s prstenom čitava lokalna lezija imala konačno promjer od 2,5 mm. Kasnije su se isti simptomi kod izvjesnog broja primjeraka pojavili i na mlađim neinokuliranim listovima.

Mikroskopski pregled područja lezije pokazao je, da se u crvenom dijelu lezije nalaze mnogobrojna X-tijela. U kasnijim stadijima, otprilike dva tjedna poslije inokulacije, naziralo se u X-tijelima već i nakupljanje kristaličnog materijala. Poslije su tijela poprimila nepravilni oblik i sasvim se ispunila manjim kristalima kojih se oblik nije mogao tačno odrediti. Promatrana u polarizacijskom mikroskopu pokazivala su dvolom.

Ova naša zapažanja na biljci *Chenopodium amaranticolor* prilično se podudaraju s dosadašnjim znanjem o virusnim inkluzijama koje nastaju pod utjecajem VMD. Općenito je poznato da virus mozaičke bolesti duhana obrazuje u stanicama svojih domadara najprije X-tijela koja kasnije kristaliziraju. U tom se pogledu dosadašnja iskustva podudaraju s našim zapažanjima. Veća razlika postoji samo u obliku kristala koji se na kraju procesa obrazuju. Dok se u drugim domadarima VMD formiraju iz X-tijela heksagonalne prizme ili fibrilarni oblici, dotle se u biljci *Chenopodium amaranticolor* formiraju naročite nakupine malenih kristala koje predstavljaju posebnu, do sada još nepoznatu formu kristala VMD. Budući da smo na *Ch. amaranticolor* prenosili u više navrata nekoliko sojeva VMD i budući da smo mogli uvijek zamijetiti jednake nakupine kristala, smatramo da *Ch. amaranticolor* reagira na infekciju s virusom mozaička duhana, s obzirom na stvaranje kristaličnih uklopina, na karakterističan način. Zbog toga nam ova karakteristična forma kristaličnih uklopina može također poslužiti kao dokaz da su paprike s heksagonalnim kristalima bile zaražene sa VMD.

#### Dalja ispitivanja o raspodjeli heksagonalnih pločica u plodu paprike

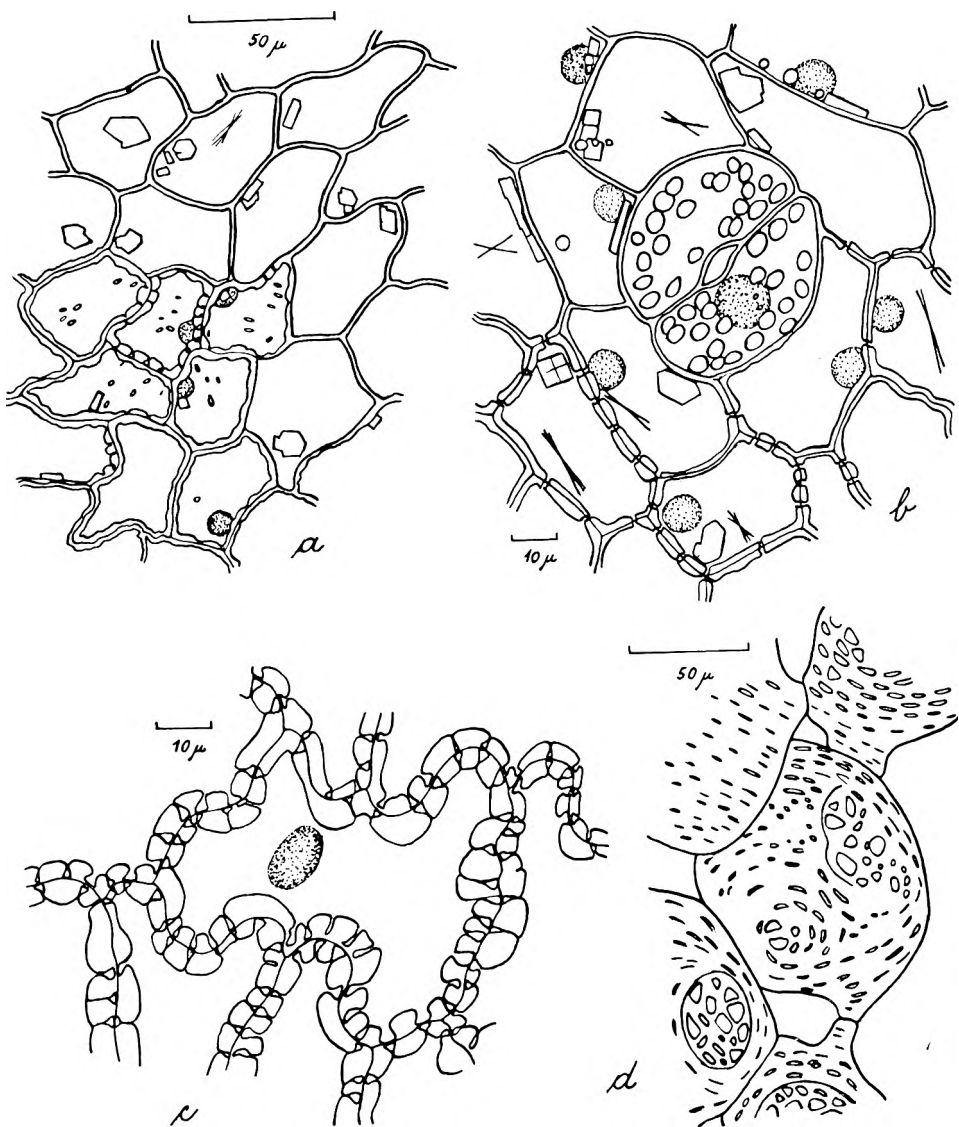
Prilikom prijašnjih istraživanja (Nestler 1906, Miličić i Uđbinac 1960) zapažen je najveći broj kristala u žljezdanim dijelovima smještenim na pregradama ploda. Stanice žljezdanog tkiva dosta su malene i bogato ispunjene plazmom. Dio su jednoslojne unutarne epiderme ploda koja graniči sa šupljinom ploda. Unutarnja epiderma sastoji se na mjestima pregrada još i od običnih epidermskih stanica. Obične epidermske stanice veće su od žljezdanih, imaju tanke membrane i manje plazme od žljezdanih stanica. Na mjestima između pregrada nema u epidermi



Unutarnja epiderma ploda *Capsicum annuum* s heksagonalnim kristalima virusa mozaičke bolesti duhana. A = obične stanice unutarnje epiderme, B = sklerotizirane epidermske stanice s karakterističnim zadebljanjima membrana.

Innenepidermis der *Capsicum annuum* - Frucht mit hexagonalen Kristallen des Tabakmosaikvirus. A = geöhnliche Innenepidermiszellen, B = sklerotisierte Epidermiszellen mit charakteristischen Zellwandverdickungen.

TABLA II  
TAFEL II



*Capsicum annuum* — a i b — obične stanice unutarne epiderme iz područja pregrade ploda s heksagonalnim kristalima virusa mozaičke bolesti duhana, c = sklerotimske stanice unutarne epiderme, d = parenhimske stanice traheidalnog izgleda iz placentе ploda. U a i b vide se i snopići kristalnih iglica.

*Capsicum annuum* — a und b = gewöhnliche Innenepidermiszellen aus dem Bereiche der Scheidewand mit hexagonalen Tabakmosaikvirus-Kristallen, c = sklerotisierte Innenepidermiszellen, d = parenchymatische tracheidenähnliche Zellen in Placenta der Frucht. In a und b sind Bündel von Kristallnadeln sichtbar.

žljezdanih stanica, već se ona na tim mjestima sastoji od običnih epidermskih i od sklerenhimskih stanica (tabla IIc). Sklerenhimske stanice su grupirane te čine oveće sklerenhimske otočiće uložene među običnim stanicama unutarnje epiderme. Svaki sklerenhimski otočić nadsvođuje jednu orijašku stanicu (usp. P l a v š i ć - G o j k o v i ć 1960). Sklerenhimske stanice davale su pozitivnu reakciju s floroglucinom. U običnim epidermskim stanicama, a isto tako i u sklerenhimskim stanicama, mogli su se naći heksagonalni kristali. Oni su u običnim epidermskim stanicama bili nešto češći. U rijetkim slučajevima kristali su zapaženi i u drugim tkivima ploda paprike.

Kako se vidi iz ovog prikaza dosadašnjih istraživanja, proteinski kristali u plodovima paprike bili su pronađeni uglavnom samo u području pregrada. To je moglo govoriti protiv shvaćanja da se radi o VMD, jer se zna da VMD, za razliku od mnogih drugih virusa, stvara virusne uklopine u gotovo svim tkivima svojih domadara. S tog razloga bilo je potrebno još jednom preispitati raspodjelu heksagonalnih pločica u pojedinim tkivima paprike.

U tu svrhu zaraženo je u lipnju 1960. godine šest mladih biljaka. Pri pretrazi zrelih i ne baš posve zrelih plodova mogli su se heksagonalni kristali naći gotovo u svim tkivima perikarpa. Prilikom tog pokusa pronađene su heksagonalne pločice, osim u žljezdanim stanicama, običnim stanicama (tabla IA, tabla II a i b) i sklerenhimskim stanicama (tabla IB) unutarnje epiderme, u većoj mjeri nego prije i u stanicama mezokarpa. Mezokarp zaprema najveći dio perikarpa, a sastoji se od dvovrsnih parenhimskih stanica. Kristali su zapaženi kako u manjim parenhimskim stanicama koje sačinjavaju najveći dio mezokarpa, tako i u velikim parenhimskim stanicama poznatim pod nazivom »orijaške stanice« (P l a v š i ć - G o j k o v i ć 1960) koje se nalaze uz unutrašnju epidermu. Može se kazati da su kristali u stanicama obaju tkiva i u tom slučaju bili prilično rijetki. Vanjski sloj perikarpa, egzokarp, koji je diferenciran u jednoslojnu vanjsku epidermu i višeslojni kolenhim, također je u stanicama kolenhima sadržavao heksagonalne pločice, koji put u dosta velikom broju. U rahlim parenhimskim stanicama traheidalnog izgleda smještenim u placenti ploda (tabla II d) mogle su se u nekim slučajevima također vidjeti heksagonalne pločice.

Najveća količina heksagonalnih pločica zapažena je u žljezdanim stanicama. Velik broj kristala baš na tim mjestima objašnjen je bogatim sadržajem citoplazme žljezdanih stanica (M i l i č i ć i U đ b i n a c 1960). Budući da su se kristali u potpuno zrelim plodovima nalazili gotovo isključivo na tim mjestima, a u ne baš posve zrelima mogli su se naći i u drugim tkivima, pregledan je veći broj plodova različite starosti ne bi li se rasprostranjenje kristala VMD dovelo u vezu sa starošću plodova.

Tako su dva potpuno zrela crvena ploda sadržavala u stanicama žljezdanog područja veliku količinu heksagonalnih pločica. Svaka žljezdana stanica imala je i po 5—6 kristala. Samo jedan od tih dvaju plodova imao je na 100 pretraženih stanica kolenhima 9 stanica s kristalima. Kod tri potpuno nezrela zelena ploda paprike nisam uopće naišla na kristale

u području žlijezda (one još nisu niti bile potpuno razvijene). Nasuprot tome stanice kolenhima dosta su često sadržavale kristale VMD. U svakom primjerku nezrelih plodova pregledano je 300 stanica kolenhima. Prvi od tri spomenuta ploda imao je na 300 pregledanih 45 (15%), drugi 192 (57%), a treći 103 (34%) stanice s kristalima. U jednom zelenom plodu zaražene paprike našlo se kao i obično mnogo kristala u području žlijezda ali i u gotovo svakoj kolenhimskoj stanici. Kasnije, kod pretraživanja novoizraslih plodova, koji su bili zreli ili gotovo zreli, zapaženi su slični odnosi u pogledu raspodjele i broja kristala kao što je gore naznačeno.

Iz navedenog proizlazi da su heksagonalni kristali VMD zastupljeni u raznim tkivima ploda *Capsicum annum*, ali se u najvećoj količini zadržavaju samo u žljezdanim stanicama iz područja pregrada ploda, a u drugim se tkivima postepeno otapaju i nestaju. Zbog toga ih je u dozrelim plodovima u drugim tkivima ponekad teško pronaći.

### Snopići kristalnih iglica

U istim stanicama su se uz heksagonalne pločice VMD mogli vidjeti sitni igličasti kristali (tabla II a i b) grupirani u manje nakupine koji su već prije bili nacrtani (Miličić i Uđbinac 1960, sl. 1 b i c). Obično dvije, tri ili više takvih iglica stoji međusobno unakršteno. Skupine malenih iglica nalaze se redovito u Brownovu molekularnom gibanju, pa su po tome sudeći vjerojatno smještene u vakuoli. Intravakuolarne tvorevine opisali su ranije Miličić i Plavšić (1956) u vakuolama vrsta *Opuntia brasiliensis* i *Epiphyllum truncatum*, koje su bile inficirane virusom kakteja. Okrugle nakupine iglica u navedenim kaktejama, nazvane proteinske druze, pokazivale su sve uobičajene reakcije na proteine. Kako su dolazile samo u zaraženim primjercima, Miličić i Plavšić pripisali su proteinskim družama virusni karakter.

Igličaste tvorevine iz paprika inficiranih sa VMD nisu se mogle naći u zdravim primjercima, pa izgleda da se i ovdje radi o kristalima virusnog postanka, što će još biti predmetom daljeg istraživanja.

### Zaključak

Da su Nestlerovi kristali, što dolaze u plodovima nekih paprika, posljedica zaraze VMD, dokazano je i pomoću test-biljaka. Nakon inokulacije biljaka *Nicotiana glutinosa* sokom iz paprika koje su sadržavale kristale, nastajale su na *N. glutinosa* sitne nekrotične lokalne lezije karakteristične za VMD. *Datura stramonium* također je reagirala na taj sok lokalnim lezijama, koje se sastoje od svjetlijeg centra i smeđeg prstena uokolo centra. Treća test-biljka je *Chenopodium amaranticolor* na kojem su se na inokuliranim listovima stvarale također karakteristične lokalne lezije. U živom dijelu lezije pronađene su uklopine koje su isto tako karakteristične za VMD.



U drugom dijelu ovih istraživanja ispitivala sam raspodjelu heksagonalnih kristala u plodu paprike. Prilikom prijašnjih istraživanja (Miličić i Udbinac 1960) pronađeni su heksagonalni kristali u dosta malenom broju tkiva ploda paprike. To se nije slagalo s našim prijašnjim znanjem o raspodjeli ovih kristala, jer VMD stvara uklopine u gotovo svim tkivima svojih domadara. Radi toga sam još jednom preispitala zaražene paprike. Tom prilikom je ustanovljeno da heksagonalni kristali dolaze osim u unutarnjoj epidermi još i u oba sloja mezokarpa te u kolennimskom dijelu egzokarpa. Kako se iz toga vidi, heksagonalni su kristali rasprostranjeni, iako nejednolično, u gotovo svim tkivima ploda paprike. Prema tome i u tom svojstvu podudaraju se kristali iz paprike s kristalima VMD.

U inficiranim plodovima više sam puta zapazila pored heksagonalnih prizama i snopiće kristalnih iglica, koje su se vjerojatno nalazile unutar vakuole. Čini se da te iglice stoje u vezi s infekcijom, jer ih u zdravim plodovima i listovima nisam mogla zapaziti.

#### L I T E R A T U R A

- Amelunxen, F.*, 1958: Die Virus-Eiweißspindeln der Kakteen. Darstellung, elektronenmikroskopische und biochemische Analyse des Virus. *Protoplasma* 49, 140—178.
- Goldin, M. I.*, 1954: Virusnye vključenija v rastitelnoj kletke. Akademija Nauk SSSR. Moskva.
- Bawden, F. C.*, 1950: Plant viruses and virus diseases. *Cronica Botanica Comp.*, Waltham, Mass.
- Hollings, M.*, 1956: *Chenopodium amaranticolor* as a test plant for plant viruses. *Plant Pathology* 5, 57—60.
- Hollings, M.*, 1957: Reactions of some additional plant viruses on *Chenopodium amaranticolor*. *Plant Pathology* 6, 133—135.
- Ivanovski, D.*, 1903: Über die Mosaikkrankheit der Tabakspflanze. *Z. Pflanzenkrankh.* 13, 1—41.
- Meyer, A.*, 1920: Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Miličić, D.*, i *B. Plavšić*, 1956: Eiweißkristalloide in Kakteen-Virussträgern. *Protoplasma* 46, 547—555.
- Miličić, D.*, i *Z. Udbinac*, 1960: Die Eiweißkristalle von *Capsicum annuum* sind Viruskörper. *Protoplasma* 52, 446—456.
- Miličić, D.*, i *Z. Udbinac*, 1961: Virus-Eiweißspindeln der Kakteen in Lokal-läsionen von *Chenopodium*. *Protoplasma* 53, 584—596.
- Molisch, H.*, 1885: Über merkwürdig geformte Proteinkörper in den Zweigen von *Epiphyllum*. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 3, 195—202.
- Molisch, H.*, 1913: Mikrochemie der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Nestler, A.*, 1906: Myelin- und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum* L. *S. B. Wien. Akad. Wiss. math.-naturw. Kl., Abt. I*, 115, 477—492.
- Plavšić-Gojković, N.*, 1960: O anatomskoj građi perikarpa nekih varijacija i oblika vrste *Capsicum annuum* L. *Poljoprivredna znanstvena smotra* 17, 7—39.
- Rosenzopf, F.*, 1951: Sind Eiweißspindeln Virus-Einschlusskörper? *Phyton* 3, 95—101.
- Schaar, F.*, 1891: Die Reservestoffbehälter der Knospen von *Fraxinus excelsior*. *S. B. Wien. Akad. Wiss. math.-naturw. Kl., Abt. I*, 291—300.
- Zimmermann, A.*, 1893: Über die Proteinkristalloide. *Beitr. Morphol. u. Physiol. Pflanzen.* 2. Verlag d. Laupp'schen Buchhand., Tübingen.

## ZUSAMMENFASSUNG

### TABAKMOSAIKVIRUS-KRISTALLE IN PAPRIKAFRÜCHTEN

*Zlata Štefanac-Uđbinac*

Zu Beginn dieses Jahrhunderts fand Nestler (1906) in Paprikafrüchten prismatische Eiweißkristalle, die von ihm als normale Zellinhaltskörper betrachtet wurden. Die Natur dieser Kristalle wurde in jüngster Zeit von Miličić und Uđbinac (1960) nachgeprüft, wobei sie auf Grund der Form der Körper und mancher Übertragungsversuche feststellten, daß diese höchstwahrscheinlich Tabakmosaikvirus-Kristalle sind.

Während dieser Untersuchung gelang es mir die Ergebnisse von Miličić und Uđbinac zu bestätigen und darüber hinaus an Hand von Testpflanzenversuchen zu beweisen, daß Nestler's Kristalle tatsächlich die Folge einer Infektion mit Tabakmosaikvirus (TMV) sind. So konnte ich zur Feststellung gelangen, daß sich nach einer Inokulation der *Nicotiana glutinosa*-Pflanzen mit dem Saft der kristalleführenden Paprikafrüchte, auf den Blättern winzige nekrotische Lokalläsionen bilden, die für TMV charakteristisch sind. *Datura stramonium* reagierte gleichfalls auf diesen Saft mit Lokalläsionen, die mittlerweile aus einem helleren von einem braunen Ring umgebenen Zentrum bestanden. Die dritte Testpflanze war *Chenopodium amaranticolor*. Hier bildeten sich auf den inokulierten Blättern charakteristische Lokalläsionen. Im lebenden Teile der Läsionen fand man Einschlußkörper, die auch für TMV charakterisch sind.

Im zweiten Teile dieser Untersuchungen wurde die Verteilung der hexagonalen Kristalle in Geweben der Paprikafrüchte nachgeprüft. Bei den früher angestellten Untersuchungen (Miličić und Uđbinac 1960) fand man hexagonale Kristalle meistens nur in wenigen Geweben der Paprikafrucht. Das stand nicht im Einklange mit unserer bisherigen Kenntnis über die Verteilung dieser Kristalle, weil TMV in fast allen Geweben seiner Wirtspflanzen Einschlußkörper bildet. Deshalb nahm man eine wiederholte Untersuchung der infizierten Paprikafrüchte vor. Dabei wurde festgestellt, daß hexagonale Kristalle außer in der inneren Epidermis, auch in beiden Mesokarpschichten, und selbst im kollenchymatischen Teile des Exocarps vorzufinden sind. Aus dem dargelegten ist zu entnehmen, daß die hexagonalen Kristalle sich in fast allen Geweben der Paprikafrucht befinden, dortselbst aber nicht immer gleichmäßig verteilt sind. Demzufolge stimmen die Kristalle aus den Paprikafrüchten auch in dieser Eigenschaft mit den TMV-Kristallen überein.

In den infizierten Früchten habe ich außer den hexagonalen Prismen oftmals auch Bündel kleiner Kristallnadeln beobachtet, die sich offenbar in der Vakuole befanden. Meines Erachtens, sind diese Bündel auf die Infektion zurückzuführen, da ich sie in gesunden Früchten und Blättern nicht wahrzunehmen vermochte.