

PLASMOLİZ OLAYI HAKKINDA

Dr. SAHAVET OKYAR

(İstanbul Üniversitesi, Botanik ve Genetik Kürsüsü)

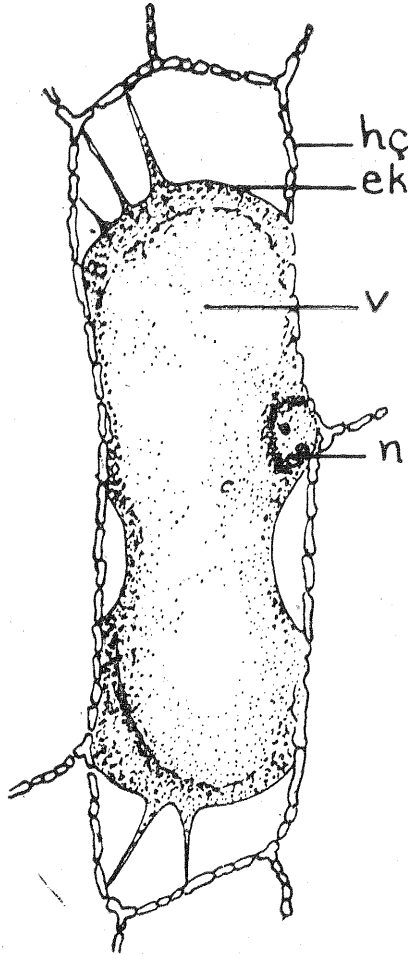
Avrupa ders kitaplarında bütün diğer mevzularda olduğu gibi plasmoliz olayı hakkında verilen bilgi de her şeyden önce hacim bakımından bizdekilerden çok daha geniş yer işgal etmektedir. Ancak, beni bu makaleyi yazmaya teşvik eden sebep, küçük çapta da olsa bir hacim genişliği yaratmaktan çok, olayın cereyanı esnasında, protoplast bünyesinin maruz kaldığı fizyolojik müdahalenin tevliid ettiği morfolojik değişikliğin türkçe kitaplarımızın en son baskılarında dahi eksik aksettirilmiş olmasıdır.

Olayın bir asırlık mazisi var. İlk defa 1849-1850 de NAEGELİ hipertonic eriyikler içine koyduğu bitkisel objelerde primordial plasma túbünün büzülerek hücre çeperinden ayrıldığını müşahade etmiş. Bilâhare 1852 de BRAUN tarafından *Chara* bitkisinde, 1854 de PRINGSHEİM, 1883 de BOWER ve 1888 de GARDİNER tarafından diğer bitkilerde olmak üzere, şeker ve NaCl eriyiklerine konan bitki nümunelelerinde protoplastın önce hücre çeperine yapışık durumda iken ayrılmaya başladığı ve ayrılma esnasında yer yer çeperle irtibatta kalan iplikçikler teşkil ettiği gösterilmiştir.

Böylece türkçe kitaplarımızda verilen bilgi 1888 e kadar olan çalışmalarla uygunluk göstermekte olup, buna göre çizilmiş olan ve protoplastın had plasmoliz safhasında aldığı şekli gösteren resme bakınca (şekil - 1) edinilecek kanaat, ektoplastın, plasmolitik kontraksiyonu takip ederken, hücre çeperine olan adhesyonun yenilemediği noktalarda husul bulan bir kaç kalınca protoplasma iplikçığının etrafını çevirmek üzere yetecek kadar sol haline geçip ekspansiyona da uğradığıdır (x).

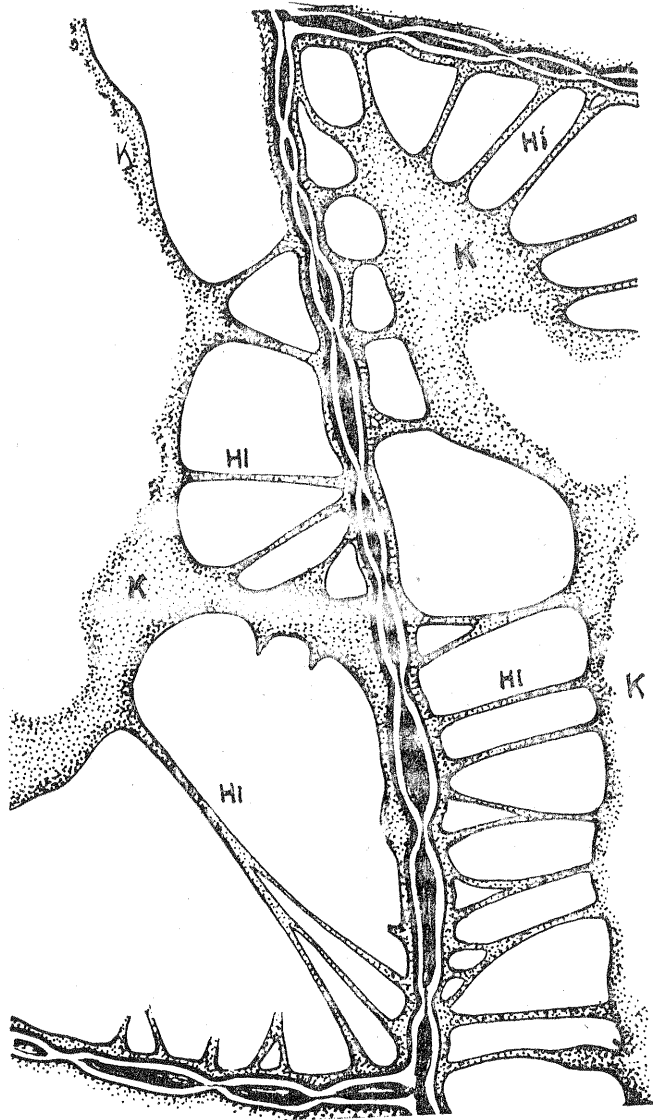
1912 de HECHT, plasmoliz tecrübeleri için obje olarak *Spyrogyra* ve *Allium* hücrelerini, eriyik olarak da tuz ve şeker çözeltilerini kullanıyor. Olayın seyrini şöyle takip ediyor: önce protoplasmanın hücre

(x) Olayın fizyolojik yönden seyri hakkında mevcut bilginin burada tekrarından sarfı nazar edildi.



Şekil — 1 Soğan (*Allium*) bitkisinin pul yaprağı epidermasında plasmoliz halindeki bir hücre. hç, hücre çeperi; ek, ektoplasma; v, vakuol; n, nukleus. (N. YAKAR-OLGUN'a göre, 1960).

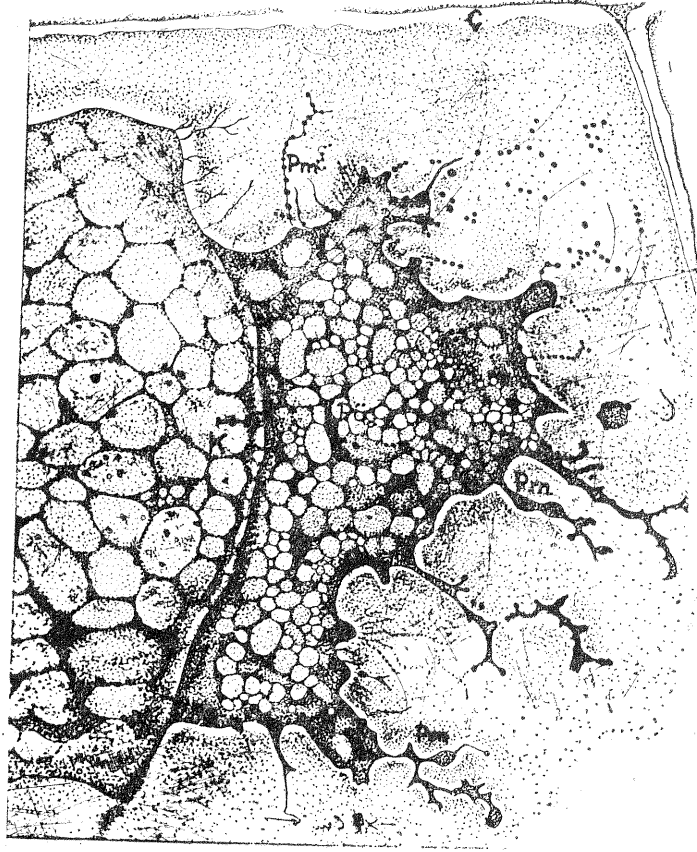
çeperine dayalı en dış tabakası bir hayli şişiyor, ve hacmi eskisinin 2 - 3 mislini aldığı bir anda protoplast çeperden ayrılmaya başlıyor. Ancak, araştırmacı kelimelerin üzerinde bilhassa durarak, bu ayrılmada plasmmanın hücre çeperinden çözülmediğini, bilâkis ondan sıyrılırken yırtıldığını ve bu yırtılmaya protoplasmanın çepere dayalı dış kısmının bütün tabakalarile iştirâk ettiğini söylüyor. Olayın ilerlemesile, lüzuci plasmmanın, kontraksiyon esnasında çekilip uzayarak sayıları pek çok, ve fevkalâde ince olan iplikler teşkil edip, büzülen protoplastı hücre çeperine bağladığı müşahade ediliyor. Ve 1912 den bu yana Avrupa ders kitaplarında «HECHT - iplikleri» diye adı geçen, bu ipliklerdir. Bunların bir kısmı meydana gelmelerini müteakip hemen koparlar, ve partikülleri arasındaki kohesyon kuvvetlerinin derecesine göre ya incecik saçaklar halinde, ya da inci daneleri gibi lüzuci damlalar halinde çeperin iç sahında, olay başlangıcında kalmış bulunan plasma bulaşıklarile bir-



Şekil 2 — Soğan (*Allium Cepa* L.) üst epidermis hücrelerinde Hecht ipliklerinin (Hi) profilden görünüşü. (K) Kontrakte protoplast. (Orijinal faz-kontrast mikrografa göre çizildi).

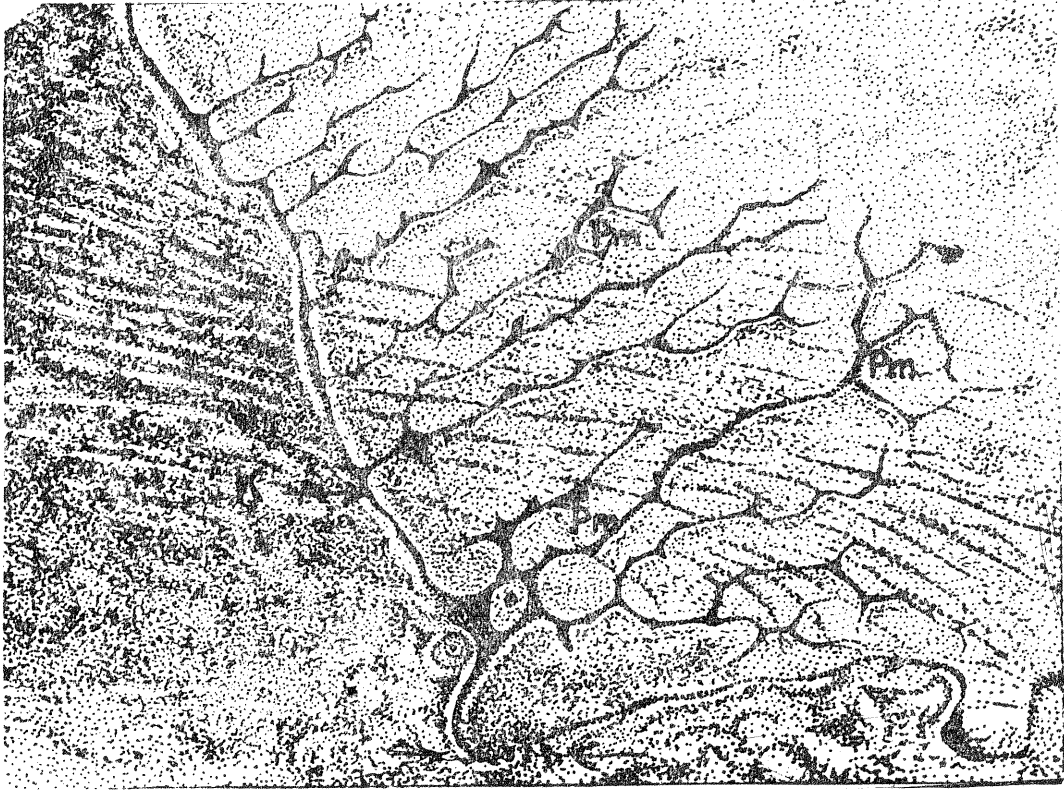
likte zengin motifler teşkil ederler. Şekil - 2, 3 ve 4 HECHT - ipliklerini, ve çeperin iç sathındaki plasma bakiyelerinin teşkil ettiği örtü ve motifleri göstermektedir.

Plasmoliz olayı esnasında, ektoplast tabakalarında hakikaten bir yırtılma olduğu, tuz intrabilitesinden istifade edilerek gösterilmiş bulunmaktadır. Bilindiği gibi Ca iyonları protoplasma üzerine büzücü, katılaştırıcı yönde, K iyonları ise aksine, şişirici ve sıvılaştırıcı yönde tesir ederler. Hipotonik KCl ve $CaCl_2$ eriyikleri hazırlanır. K ve Ca iyonlarının değerleri dolayısıyla, eriyiklerindeki müessir iyonların adedi 2 ye karşı 3 nispetinde olacağından mukayesenin sıhhati için konsantras-



Şekil 3 — Soğan üst epidermis hücresinde, plasmoliz olayını müteakip, kontrakte protoplastın (K) dış kısmında çeperin hemen altındaki dış tabakaların ince bir örtü halinde devam etmesi (Pö) ve kenar kısımlarında hasıl olan grotesk motifler (Pm). (Orijinal faz-kontrast mikrografa göre çizildi).

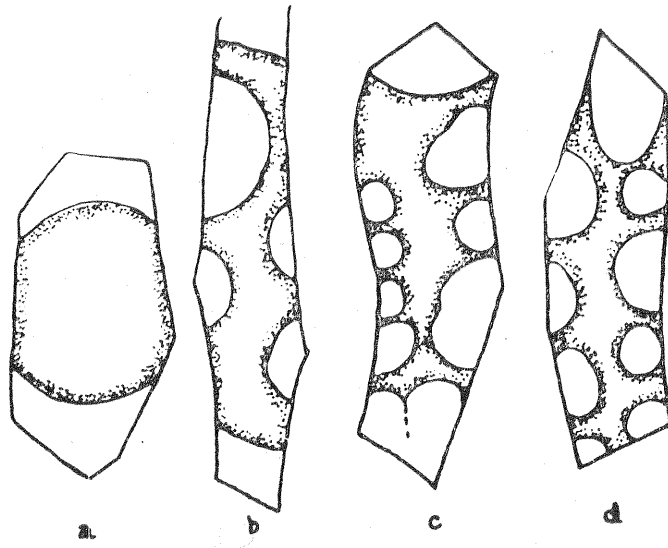
yon nispeti 1/40 ve 1/60 M olarak alınır. Mutfak soğanının etli pul yaprağının iç kısmından, aynı rejyondan olmak üzere, iki küçük epidermis parçası çıkarılarak ayrı ayrı bu eriyikler içine konur ve 20-24 saat bekletilir. Bu ön muameleyi müteakip her iki parça 0.75 M hipertonic şeker eriyiğinde plasmolize edilir. 25 dakika zarfında önceden KCl ile muamele gören parçada konveks-, $CaCl_2$ ile muamele edilende ise krampf'a yakın konkavplasmoliz formları belirir. Demek oluyor ki Plasmoliz esnasında kontraksiyona uğrayan protoplastın, olayın had safhasında alacağı şekil, yüzey gerilim kuvvetlerine, plasma viskozitesine, dıştaki hipertonic eriyiğin yoğunluğuna, içinde çözünen maddenin cinsine ve hücrenin şekline tabi olup olaya da bu biçime göre «konveks-,» «konkav-,» «krampfplasmoliz» isimleri verilmiş bulunmaktadır. Şekil - 5 bu muhtelif formları göstermektedir. Ayrıca, meselâ başlangıçta normal konveksplasmoliz husule gelir, fakat plasmolizi tevlid eden dış eriyikde



Şekil 4 — Soğan üst epidermis hücresinde, plasmoliz olayını müteakip, çeperin alt yüzeyinde kalan plasma bakiyelerinin teşkil ettiği grotesk motifler ve kontrakte protoplast ile (K) ilişkileri. (orijinal faz-kontrast mikrografa göre çizildi).

erimiş bulunan maddenin (plasmolitikum) protoplasta nüfuz ederek plasma üzerine şişirici yönde tesir etmesile, kontrakte protoplastın plasma tübü, hücrenin boyuna ekseni üzerinde karşılıklı iki yarım ay şeklinde şişmeye başlar, ve bu yarım aylar bir nevi takye şeklinde olduğundan olaya da “takyepasmolizi” (Kappenplasmolyse) adı verilmiştir. K iyonları muayyen bir konsantrasyonda bu cins plasmoliz tevlid ederler. Daha kesif K iyonu konsantrasyonlarında şişme durmaz, bilâkis ilerler ve plasma takyeleri genişleyerek tâ çepere kadar dayanır. Bu anda, hernekadar hücre hâlâ hipertonic eriyik içinde ise de sadece tonoplast kontraksiyonunu muhafaza etmekte olduğundan, olaya “tonoplastplasmolizi” adı verilmiştir.

K ve Ca iyonları en azından protoplastın perifer tabakalarına nüfuz edip orada kolloid-fiziksel tesirlerini gösterebilmişlerdir. Bu, «normal intrabilite» dir. Bunun üzerine, bir başka tecrübe yapılmış: soğan epidermis parçaları 0.7 M CaNO_3 ve 1 M KNO_3 eriyiklerine



Şekil 5 — Muhtelif plasmoliz formları. a— Konveksplasmoliz, b — Konkavplasmoliz, c ve d — muhtelif derecedeki Konkav — ve Krampfplasmolizler. (KÜSTER'e göre, 1929).

konuyor; eriyikler hipertontiktir. 20 dakika zarfında KNO_3 içindeki parçada konveks-, ve $CaNO_3$ içindeki parçada konkavplasmoliz formları görülür. Bu iki tecrübe şunu gösteriyor: plasmoliz tevlid edemeyen hipotonik eriyikler içindeki Ca ve K iyonları protoplastta ancak 20 - 24 saat zarfında nüfuz edebildikleri halde, hipertontik eriyiklerde 20 dakika gibi kısa bir zaman tuz intrabilitesine kâfi gelmektedir. Bu defaki intrabilite süratının sebebi, plasmoliz esnasında ektoplastın semipermeabl perifer tabakalarının yırtılmış olmasıdır. Bu durumda «plasmoliz intrabilitesi» nden bahsediliyor.

Ektoplastın çeperden ayrılırken perifer hudut tabakalarının yırtılması halinde, kontrakte olmaya devam ederek ortaya toplanan protoplastın kendi etrafında yeni bir zar meydana getirebilme kabiliyetinde olması lâzımdır ki, hücrenin intrabilite ve permeabilite münasebetlerinin devam etmesi mümkün olsun. Protoplastın bu, yeni zar teşkil edebilme kabiliyeti de tecrübe ile gösterilmiş bulunmaktadır. Deniz kestanesi yumurtası zedelendiği takdirde protoplasma yara yerinden dışarı akmakta, ve ortamda Ca iyonlarının mevcudiyeti halinde, yeni bir hudut tabakası teşkil edebilmektedir. Bu hâdise HEILBRUNN (1830) tarafından «*surface precipitation reaction*» olarak izah edilmiş olup «yüzeysel çökelek reaksiyonu» diye tercüme edebiliriz. Aynı tecrübe, Ca iyonlarının bulunmayışı halinde tekrarlanırsa, çıplak protoplast yeni bir zar meydana getiremiyor. Bu olaydan istifade ederek, plasmoliz esnasında yırtılan hudut tabakasının yerine de, kontrakte protoplast etrafında semipermeabl yeni bir zarın teşekkül ettiği gösterilmiştir. Deniz kestane-

sile yapılan tecrübeye analog olarak, plasmolize olmuş kontrakte protoplastın, Ca iyonlarının ortamdan alınması halinde semipermeabilitesinin bozulduğu gösterilebilirse, burada da bu yeni dış zarın teşekkülünde yüzeysel çökelek reaksiyonlarının rol oynadığı ispatlanmış olur. Bu maksatla mutfak soğanının üst epidermis parçaları 1 dakika müddetle 0.1 M K-oksalat eriyiğinde ön muameleye tâbi tutulur, ve sonra 2 M üre eriyiği içine alınır. Buna mukabil kontrol preparat ön muameleye tabi tutulmadan doğrudan 2 M üre eriyiğine konur. Kontrol preparasyonda normal plasmoliz meydana geldiği halde, ön muameleye tabi tutulan preparasyonda tonoplastplasmolizi görülür. Sebebi açıktır: plasma bünyesindeki Ca iyonları K-oksalat ile ön muamele esnasında uzaklaştırıldığından, yırtılanın yerine yeni bir semipermeabl zarın teşekkülü mümkün olmamış, ve sadece iç plasma hudut tabakası (tonoplast) semipermeabilitesini muhafaza etmiş, ve ürenin serbestçe aşırı miktarda içeri girmesiyle plasma bir desorganizasyona maruz kalmıştır. Böyle olduğunu doğrulamak üzere, K-oksalat ile ön muameleye tabi tutulmuş olan kesit, şimdi 1 M CaCl₂ ile plasmolize edilir. Kısa zamanda tamamen normal plasmoliz formları belirir. Keza, K-oksalat ile muamele görmüş kesit % 1 nisbetinde Ca ihtiva eden 2 M üre eriyiğine geçirildiğinde de normal plasmoliz gösterir.

Ana hatları bakımından ele alarak kısaca hülâsa etmeye çalıştığım bu tamamlayıcı malûmat, olayın ilk müşahade edildiği 1855 den 1930 a kadar yapılan araştırmalara istinaden, olayın cereyan tarzı hakkında yer etmiş klâsik bilgi olarak, günümüze kadar gelen Avrupa ders kitaplarının çoğunda yer almış bulunmaktadır.

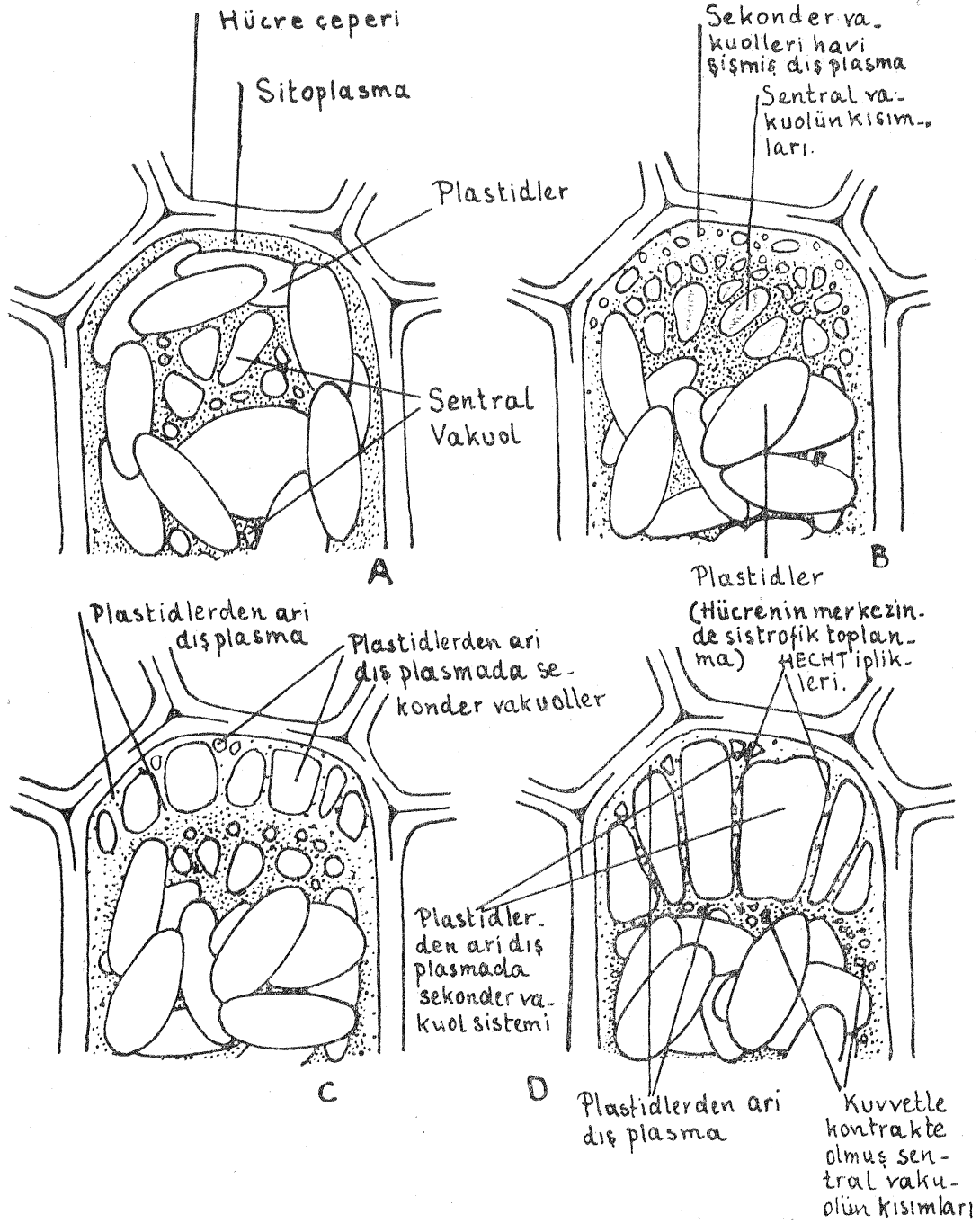
Ayrıca, olayın seyri bakımından, bu eski eserlerde kullanılan ifadeler son senelerde tekrar ele alınmış, ve tatmin edici sarahatten yoksun oldukları düşüncesile, tekrar denemeye tabi tutulmuş bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biri, 1957 de WARTENBERG tarafından deniz çimeni *Zostera marina*'nın yaprak epidermis hücrelerinde yapılmıştır. Araştırmacı bilhassa HECHT'in 1912 deki çalışması üzerinde durarak, metnini ele alıyor; buna göre: «Hücre, hipertonic şeker veya tuz eriyiklerine konduğunda, plasma kitlesi içeri doğru büzülüp çekilmeye başlamadan önce, çepere dayalı perifer tabakada sathî bir genişleme görülmekte, ve tamamen homojen görünen bu tabaka içinde bilâhare küçük kabarcıklar meydana gelmektedir. Olayın ilerlemesile kabarcıklar da gittikçe büyüyorlar, tâ ki plasmolitik kontraksiyonun daha ileri bir safhasında, hücre çeperi ile kontrakte olmakda olan plasma arasındaki o ana kadar olan bağlantı kopuncaya kadar. Bu son safhada kabarcık-

lar tefrik edilmez, sadece çeperle kontrakte protoplast arasında uzanan bir çok ince iplikler dikkati çeker». WARTENBERG diyor ki, bu tarife göre, had safhada, çeperle kontrakte protoplast arasında açılan ve HÖFLER'in 1930 daki bir çalışması ile literatüre «*Vorraum*» yani «ön oda» diye geçen saha bu kabarcıkların büyümesiyle, yani bir nevi vakuolizasyonla mı meydana geliyor, yoksa plasma, HECHT'in tekrar tekrar ifade ettiği gibi, bu kabarcıkların da dış tarafına düşen hudutta hakikaten yırtılıyor mu? Bu husus belli olmadığı gibi, bunun neticesi olarak da, HECHT-ipliklerinin, yırtılma esnasında yenilemeyen adhesyon sebebiyle mi meydana geldiği, yoksa olay esnasında gittikçe büyüyen ve kısmen de parçalanan kabarcıklar veya vakuoller arasında kalan incecik plasma köprülerini mi temsil ettikleri kesin bir ifade ile ayırd edilmiş oluyor. Öyle ki, HECHT metnin müteakip bir yerinde tekrar şöyle demektedir: «Plasmolizin ilk safhalarının gelişmesi esnasında, ilkin kuvvetli bir şekilde yayılan en dış plasma tabakası içinde kabarcıkların ve vakuollerin teşekkül ettiği, ve bunların, plasma tabakasının yırtılması esnasında genişleyerek kontrakte plasma kitlesi ile çeper arasındaki boşlukları teşkil ettikleri gösterildi». Şimdi, madem ki, bu boşluklar olayın başlangıcında vakuolizasyona maruz kalan dış plasma tabakasındaki vakuollerin genişlemesiyle husul buluyor, o halde vakuoller arasındaki plasma kısımlarının, plasmolizin had safhasında da muhafaza edildiği, ve çeperle kontrakte plasma kitlesi arasında açılan sahayı lâmeler veya iplikler halinde katettikleri neticesini çıkarmak mantıklıdır. Bu takdirde ise, HECHT-iplikleri parenkimatik hücrelerdeki sentral vakuolü kateden plasma kolları gibi tasavvur edilebilir. WARTENBERG, bu tasavvuru destekleyen diğer araştırmaları da işaret ediyor. Bunlardan ikisi CHODAT ve BOUBIER'nin (1898) *Primula sinensis*'in sekresyon tüylerinde yaptıkları müşahadelerdir. Bunlara göre, HECHT-iplikleri plasmoliz esnasında dış perifer kısımlarda iplik halinde olmayıp bilâkis gayet küçük lâmeler halindedir ve hücreler, üst ayar ile yukardan bakıldığında çok köşeli kabarcıklardan ibaret bir ağ manzarası gösteriyorlar. Bu izahat da protoplasmanın plasmoliz esnasında çeperden ayrılıp kalkarken iplikler halinde çekilmesinden çok, dış sitoplasma tabakalarının olay esnasında vakuolizasyona uğradığını ifade etmiş olmaktadır. Ayrıca KOTTE (1915), WALTER (1923) ve ULEHLA (1926) deniz alglerinde gördükleri bir plasmolizde, protoplastın normal plasmolizde olduğu gibi çeperden ayrılmadığını söylüyorlar. Öyle ki, sentral vakuolün kontraksiyonu, selüloz çeperin iç kısımlarının şişmesiyle tazmin ediliyor, böylece hücrenin hacmi hiç değişmiyor, ve ancak uzun bir müddet sonra, ve alglerden sadece bir kıs-

mında, protoplast çeperden ayrılıyor, bazılarında ise ayrılma hiç vuku bulmuyor. Böylece, bu araştırmacılar tarafından da HECHT-ipliklerinin tabiatı hakkında kesin bir ifade kullanılmış olmuyor.

WARTENBERG, plasmolitikum olarak önce destile su ile hazırlanmış 1 hacim-molar şeker eriyiği kullanıyor, ve tecrübe materyeli olarak seçtiği deniz çimeni *Zostera marina*'dan aldığı 5 mm lik yaprak parçasını eriyik içinde olmak üzere lâm ve lâmel arasına yerleştirdikten hemen sonra, ve müteakip 1 saat zarfında, daimî olarak 1350 defalık büyütme ile müşahade ediyor. İlk reaksiyon olarak, kloroplastlar ve kısmen de iç plasma (*Binnen-plasma*) sistofik bir tarzda toplanıyorlar. Aynı anda sitoplasmada da bir faz tefriki göze çarpıyor. Öyle ki, her zaman grimsi görünen binnenplasmanın dış kısmında kuvvetle şişmiş ve parlak bir şekilde aydınlık görünen perifer bir tabaka beliriyor. Bu ilk değişiklikler hipotonik şeker eriyiğinde de görüldüğü için, kati olarak plasmoliz olayı ile ilgili olarak düşünmek hususunda tereddüt yerindedir. Buraya kadar, henüz çeperden herhangi en küçük bir ayrılma olmuyor. Fakat sentral vakuol büzülüyor, bir taraftan da plasma kloroplastlarla birlikde şişmeye başlıyor, ve bütün üst sathı ile hücre çeperine dayalı kalıyor. İçinde de sadece sferosomlar görülüyor. Hâdise, buraya kadar olan seyri ile, KOTTE, WALTER ve ULEHLA'nın deniz alglerinde müşahade ettikleri plasmoliz formuna benzerlik gösteriyor. Yalnız, burada hücre çeperi değil de, HECHT tarafından da görüldüğü gibi, hücrenin plasması şişiyor, ve o kadar bariz bir farklılaşma gösteriyor ki, en dış kısım bir hayli yüksek şişme derecesile yeknesak bir tabaka halinde müstakil bir hücre organeneli gibi hareket ediyor. Ancak, bu organelin sadece çok tabakalı bir plasma-lemma mı, yoksa bazı mesoplasmatik elemanları da ihtiva eden bir plasma-lemma mı olduğu farkedilmiyor. WARTENBERG bu tabakayı «plastidlerden ari dış plasma» veya sadece «dış plasma» diye isimlendiriyor. Ve plasmolizin başlamasından hemen sonra, yani sentral vakuolün kontraksiyonu esnasında, bu şişkin dış plasmada küçük kabarcıklar veya vakuoller teşekkül etmeye başlıyor. Sentral vakuolün kontraksiyonunun ilerlemesiyle dış plasmadaki vakuollerin de hem adedi, hem büyüklüğü artıyor. İlk vakuoller, bu dış plasmanın içe bakan tarafında görülüyor, ve bunlar bilâhare dışa bakan tarafta teşekkül eden vakuollere nispetle daha çabuk büyüyorlar. Böylece hasıl olan bu sekonder vakuol sisteminin gelişmesi esnasında, küçük vakuollerin birbiriyle kaynaşarak daha büyükleri meydana getirişleri gayet güzel müşahade ediliyor. Nihayet, büyük vakuoller arasındaki duvarları teşkil eden plasma kısımları daha ileri bir safhada, hücre çeperiyle kontrakte olan iç protoplast arasında, da-

ha çok radial istikamette uzanan, muhtelif kalınlıktaki plasma kolları halini alıyorlar, ve ekseriya sentrifugal kısımlarında dallanmalar gösteriyorlar (şekil-6). Plasmoliz derecesinin zayıf olduğu hücrelerde bu



Şekil 6 — Yaşlı bir *Zostera marina* L. yaprağının epidermis hücresinde plasmoliz. A — Plasmolize olmamış hücre. B ve C — Plasmoliz başlangıcı, sentral vakuomun kontraksiyonu ve kısmen de kaybuna paralel olarak şişmiş bulunan ve plastidlerden ari olan dış plasma'da sekonder vakuollerin meydana gelişi ve gelişmesi. D — Perfekt plasmoliz. Plasmolitikum = 1 vol. -mol. şeker eriyiği. (WARTENBERG'e göre, 1957).

plasma kolları oldukça kalın olup en fazla 2 μ , daha fazla plasmolize olmuş hücrelerde ise daha uzamış ve ince oluyorlar. Sonuncuların arzettiği manzara normal plasmoliz tipine uymaktadır. İç protoplast kloroplastlarla birlikte kuvvetle kontrakte olmuş; plastidlerden yoksun dış plasma ise vakuollere, vakuoller arasında kalarak radial istikamette uzanan ince plasma kollarına, ve bir taraftan hücre çeperine, diğer taraftan da kontrakte iç plasmaya dayanan plasma tabakalarına bölünmüş bulunmaktadır. Bu müşahadeye dayanarak HECHT-ipliklerinin, bu obje için, plastidlerden arı dış plasma içinde gelişen vakuol sisteminin plasma kolları oldukları söylenebilir. Buna ilâveten, yine bu obje için, protoplastın en dış tabakasının plasmoliz esnasında çeperden ayrılmadığı da ifade edilebilir. Bu takdirde sentral vakuolün kontrakte olarak ortadan kalkması, hücre hacminde küçültücü bir tesir yapar, ne var ki, bu küçülme vakuolün kontraksiyonunun tevlid ettiği hacim küçülmesine tamamen tekabül etmez. Çünkü, sentral vakuolün hacim kaybının açıkta kalan kısmı, şişen plasma tarafından şişme suyu olarak tutulup terdiğine göre, suyun büyük bir kısmının burada tutulmuş olduğu söylenir hücre dahilinde kalmaktadır. En fazla şişmeyi de dış plasma göslenabilir. WARTENBERG'e göre *Zostera* epidermis hücresinde, plasmoliz esnasında, protoplastın dış kısmından teşekkül eden plasma iplikleri, HECHT'in müşahadelerinin aksine olarak, iplik değil de, daha çok şerit veya kollar halindedir, ve HECHT-ipliklerine sadece görünüş bakımından benzerdirler. Bunların tabiatları hakkında daha kesin bir görüşe sahip olmak için WARTENBERG diğer plasmolitikumları deniyor. Önceden de belirtildiği gibi, plasmoliz formları aynı zamanda plasmolitikumun karakterine de bağlıdır. 1 volüm-molar KCNS eriyiği kullanıyor. Bu eriyikte, çok kısa bir zaman içinde dış plasma beliriyor, şişiyor, ve içinde vakuoller teşekkül etmeye başlıyor. Plasmoliz'in böylece başlamasından hemen iki dakika sonra da geri döndüğü görülüyor. Burada KCNS in gayet çabuk olarak protoplasta girdiğini ve iç kısımlara nüfuz ettiğini söylemek yanlış olmaz ki, bu da kloroplastların fevkalâde şişerek yaprak-yaprak açılmasında kendini gösteriyor. Bilâhare 1 volüm-molar KCl eriyiği alıyor (yine destile suda hazırlanmış). Olay şeker eriyiğinde olduğu gibi, fakat ondan farklı olarak, sadece bütününü ile daha çabuk cereyan ediyor, ve sekonder vakuoller dış plasma'nın şişmesinin henüz az olduğu bir safhada beliriyor, ve had safhada dış plasma şeker plasmolizindekine nazaran daha fazla vakuolize olmuş görünüyor; buna paralel olarak da, vakuol aralarındaki plasma kolları da daha ince oluyor. 1.33 ve 2 volüm-molar gibi daha yüksek KCl konsantrasyonlarında vakulize olan dış plasmadaki plasma kollarının vis-

kozitesinin, 1 mollük KCl dekine nazaran daha fazla olduğu görülyor. 1 mollük kesafette plasma kollarındaki sferosomlar hafif titreşim hareketleri yaptıkları halde, daha kesif olan diğer iki eriyikte, bu hareket tamamen duruyor. Yoğunluk 2.5 mole çıkarıldığında, plasma kollarının daha rijid olması dolayısıyla, ilerleyen plasmolizle birlikte koldan bazıları kopuyor ve serbest uçları vakuolün içini dolduran sıvı (!) içinde sağa sola salmıyorlar. Bu hareketi HECHT de müşahade etmiş bulunmaktadır. KCl den sonra plasmolitikum olarak 1 volüm-molar CaCl₂ alıyor. Bu defa dış plasmadaki vakuolizasyonun derecesi KCl dekinden daha az şiddetli oluyor. Plasma kolları daha kalın olup plasmanın dansitesi azaldığı için optik bakımdan görüntüleri daha az bariz. Dış plasmanın çepere, ve kontrakte iç plasmaya dayanan tabakaları daha fazla şişiyor. Bu husus pek beklenilecek durum değildir, çünkü Ca iyonlarının plasmaya büzücü yönde tesir ettiği bilinmektedir. Bu tipik tesir, burada plasmolizin başlamasından ancak iki-üç saat sonra kendini gösteriyor. Binaenaleyh Co iyonlarının K iyonlarına nazaran daha yavaş nüfuz ettiklerinden dolayı, dış plasmanın başlangıçta daha az vakuolize olduğunu düşünmek doğru olur.

WARTENBERG bütün tecrübelerin münakaşasına geçmeden önce aynı muameleleri protoplastı sadece suya değil aynı zamanda şeker ve elektrolitlere karşı da permeabl olan genç yapraklarla da tekrarlıyor. Yer müasit olmadığı için bu tecrübeleri burada tekrarlamayıp WARTENBERG'in çalışmanın heyeti umumiyesinden aldığı neticeler hakkındaki fikirlerini hülâsa etmek istiyorum: Şimdi, bu tecrübelerin gösterdiği bir şey varsa, o da plasmoliz'in ilk safhalarında, protoplastın çeperden ayrılırken HECHT'in tarif ettiği gibi, dış (!) tabakalarda yırtılmayıp bilâkis şişerek hacmi artan perifer tabakanın içinde (!) vukubulan vakuolizasyonla ve bunun gelişmesiyle, çeper ve protoplastın kontrakte olan kısmı arasında «Vorraum» tabir edilen saha meydana gelmektedir. Binaenaleyh, bu ön-oda esas itibarile dış eriyik ile değil, bilâkis plasmanın plasmolitikumun tesirile fevkalâde şişerek sıvılaştıran (!) fazı ile doludur. Plasmanın aynı faktörün tesiri altında şişmeyip, aksine büzülen diğer bir fazı da, şişen fazın (vakuoller) yüzeylerinde toplanarak onun çeperlerini meydana getirmektedir. Böylece eski görüşlerle çatışma halinde olan bu izahı destekleyen bir durum da, boyanmış plasmolitikum ile yapılan plasmoliz tecrübeleridir. WARTENBERG, plasmolitikum olarak deniz suyunu kaynatıp yoğunlaştırıyor ve içine % 1 nispetinde asit Fuksin, veya Eosin gibi asit bir boya ilâve ediyor; böylece renklenen dış eriyiğin hiç bir zaman, yeni görüşe göre sekonder vakuol sisteminden ibaret olan ön-odaya girmediğini görüyor. An-

cak, hücreler önceden öldürülmüş iseler boyalı eriyik selüloz çeperden geçerek protoplast dahiline giriyor. Eski görüşün yakın zamanlardaki temsilcilerinden biri olan BRAUNER'in ifadesine göre: «Protoplastın hücre kapsülü dahilinde ilerleyen kontraksiyonu, dış eriyiğin hücre çeperlerinden girerek, henüz teşekkül etmiş olan 'ön-oda'yı doldurduğunu göstermektedir». WARTENBERG, bu ifadenin fizikî yönden açık olmadığını, çünkü plasmoliz esnasında iki türlü madde hareketinin beklenebileceğini söylüyor: biri, hücre dahilindeki çözücünün iç ve dış konsantrasyonlarının farkından dolayı hücreden dışarı doğru akması (osmos), diğeri de dış tarafta osmotik bakımdan aktif olan maddelerin yoğunluk farkından ötürü hücre içine girmesi (difüzyon). Kısaca, içerden dışarıya çözücünün molekülleri, dışardan içeriye doğru da çözünen partiküller girmektedir. Binaenaleyh, şayet ön-oda muhakkak bir eriyik ile doluyorsa, bunun çözücüsünün hücrenin kendinden neşet etmesi icab eder. Şimdi burada akla gelen soru, plasmolitikumun iktiva ettiği maddelerin difüzyon ile ön-odaya vasil olup olmadıklarıdır? WARTENBERG'in tecrübelerinde KCl gayet çabuk, CaCl₂ oldukça yavaş, glüköz ve sakkaroz, keza asit boyalar ön-odaya hemen hemen hiç erişmemektedirler. Böylece ön-odaya vasil olan maddelerin oraya giriş tarzı plasmatik-kolloidal bir faz karışımına nüfuzlarıyla mukayese edilir cinstendir. Binaenaleyh, bu ne doğrudan doğruya bütün plasmolitikumun girişi, ne de plasmolitik aktif maddelerin, hücre çeperi arasından protoplast içine basit bir difüzyonudur. WARTENBERG'e göre maddelerin adsorbe edilme kabiliyetleriyle plasmanın, ve dış plasmada teşekkül eden vakuol sisteminin kolloidal fazlarına nüfuz ettiğini hesaba katmalıyız.

1962 de WARTENBERG'in bu çalışmasından henüz haberim olmadığı bir gün, başka bir maksatla 0,6 M KCl içinde plasmolize ettiğim *Allium* hücresini faz-kontrast mikroskopta 1250 defalık büyütme ile inceledim son derece heyecanlandım. Çünkü, sadece Hecht ipliklerinde sferosomların mevcudiyetini ilk defa görmüş olmuyor, aynı zamanda hücreye üst ayar ile baktığımda çeperin iç kısmında yüzeysel ufak gruplar halinde Kondriosom ve hatta Proplastidlerin bulunduğunu görüyordum. Bazı hücrelerde ise olayı, başladığı andan itibaren takip etmek mümkündü. Görülür ilk hâdise olarak, çepere yakın sitoplazma içinde beliren küçük kabarcıklar sentral vakuolün kontraksiyonuna paralel olarak büyüyor ve nihayet sentral protoplast ile çeperin iç kısmını örten incecik plasma tabakası arasındaki sahayı doldurarak «plasmoliz ön odası»nı temsil ediyorlardı. Ve her defasında, dıştaki plasma tabakasında, sferosom, kondriosom ve proplastidleri görmek mümkündü. Sito-

plasmanın bir kısmı genişleyen bu kabarcıkların arasında gergin şeritler halinde (HECHT-iplikleri) uzanıyor ve yer yer sferosomları ihtiva ediyordu. Bunun üzerine yaptığı metraflı bir literatür çalışması neticesinde WARTENBERG'in açık bıraktığı suali cevaplandırmak ümidile plasma viskozitesi üzerine değişik yönde tesir eden elektrolitlerle yaptığı plasmoliz tecrübelerinden edindiğim kanaat, WARTENBERG'in aldığı neticeleri destekler mahiyette olmaktan başka, çeperin iç sathını örten tabakanın mesoplasmik karakter taşıdığı merkezinde idi (Şekil 2, 3 ve 4). Çalışmanın henüz natamam olduğu günlerde (1963) SİTTE'nin aynı soruyu ele alıp, elektron mikroskopunda incelediğini gördük. Tecrübe materyeli olarak *Elodea* yaprak hücrelerini ve *Allium* hücrelerini kullanıp şeker ve iyon plasmolizleri esnasında hücrenin ince yapısını aksettiren resimler almış ve bunlara göre olayın anatomisini gösteren şemalar çizmişti. Çalışmanın neşredildiği Protoplasma mecmuasının 1963 senesine ait bu sayısı kütüphanemize maalesef henüz gelmedi. Resim ve şemalar gözden geçirildiğinde, olayın had safhasında hücre çeperinin iç sathında ince de olsa devamlı bir sitoplasma tabakası değil, sadece yer yer yapışık kalmış sitoplasma bakiyelerini görmek mümkün. Güzel bir tesadüfle, bu hususda Bay WARTENBERG ile şahsen görüşmek fırsatına da malikdim. Kendilerini, elektron-mikroskopik olması dolayısıyla tamamen SİTTE'nin çalışmasının tesiri altında gördüm. Kendi mütevazî kanaatime göre ise olayın morfoloji ve anatomisine, Sitte'nin elektron-mikroskopik resimlerine rağmen tek taraflı bir şekilde açıklanmış gözü ile henüz bakılamaz.

LİTERATUR

- Akdik, S., 1961 : Genel Botanik, 1. Bası, Şirketi Mürettibiye Basımevi.
Benecke Jost, 1924 : Pflanzenphysiologie, Bd. I, Verlag von Gustav Fischer, Jena.
Bower, F. O., 1883 : On plasmolysis and its bearing upon the relations between cell wall and Protoplasm. Quart. J. microscop. Sci. 23 : 151.
Bower, F. O., 1950 : Botany of the living plant. Macmillan and co., Limited St. Martin's Street, London. S. 29 - 40.
Brauner, L., 1939 : Nebatların Metabolizma Fizyolojisi, İst. Çev. L. R. İrmak.
Chodat, R., et A. M. Boubier, 1898 : Sur la plasmolyse et la membrane plasmique. J. Bot. 12 : 118.
Derry, B. Hussein El, 1930 : Plasmolyseform- und Plasmolysezeit- studien. Protoplasma, 8: 1 - 149.
Falk, H., und P. Sitte, 1963 : Zellfeinbau bei Plasmolyse I., Protoplasma, 57: 290 - 303.
Gardiner, W., 1888 : On the continuity of the protoplasm through the walls of vegetable cells. Arb. Bot. Inst. Würzburg 3 : 52.
Haas, J., 1955 : Physiologie der Zelle. Gebrüder Borntraeger, Berlin Nikolasse.
Hasman, M., 1955 : Bitki Anatomisi, İst. Matbaası.
Hecht, K., 1912 : Studien über den Vorgang der Plasmolyse. Beitr. Biol. Pflanzen 11 : 137.

- Küster, E., 1910: Über Veraenderung der Plasmaoberflaeche bei Plasmolyse. Zeitschr. Bot., 2: 689-717.
- Ruhland, W., 1956: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Springer-Verlag, Vol. II.
- Sitte, P., 1963: Zellfeinbau bei Plasmolyse, II. Der Feinbau der Elodea - Blattzellen bei Zucker- und Ionenplasmolyse. Proto-plasma, 57: 304-333.
- Strugger, S., 1949: Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze. 2. Aufl., Springer-Verlag.
- Vries, H. De, 1885: Plasmolytische Studien über die Wand der Vakuolen. Jahrb. wiss. Bot. 16, 465., und Opera e periodicis collata, Vol. II: 321-446, Utrecht.
- Wartenberg, A., 1958: Über die Natur der Hecht'schen Faeden bei der Plasmolyse von Epidermiszellen der Blaetter des Seagrases *Zostera marina* L. Protoplasma, XLIX: 73-97.
- Yakar-Olgun, N., 1960: Bitki Mikroskopisi Kılavuz Kitabı, I ve II. Bölüm.