

YARALANMA VE ENFEKSİYONLARA KARŞI BİTKİLERİN GÖSTERDİĞİ İÇSEL REAKSİYONLAR

Mahmut YAZGAN¹

GİRİŞ

Bu makalemizde bitkilerin yaralanma ve mikroorganizma istilasına karşı gösterdikleri içsel reaksiyonlarla ilgili yeni görüşlere yer verilmiştir. Çeşitli ortamsal streslere karşı bitkilerde meydana gelen dayanıklılık reaksiyonlarının biyokimyasal yönünün aydınlatılması hastalıklarla mücadelede daha etkin metotların geliştirilmesine ışık tutar nitelikte görülmüştür. Bildiğimiz kadarı ile bu konuda yurdumuzda herhangi bir yayın yapılmamış olması, bizi bu makaleyi hazırlamaya teşvik eden önemli amillerden birisidir.

Bitkiler, hayatları süresince kendilerine zarar verici çevresel ve mevsimsel değişik dış etkilere maruz kalırlar. Bazen dıştan gelen patojenler bitkiyi istila edebilir, bazen de fizikî olarak yaralanmaya uğrayabilirler. Bu gibi durumlarda bitkiler, kendi dokularını korumak ve fazla su kaybetmemek için fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar gösterirler. Herhangi bir patojen'in sebep olduğu hastalığa bitkinin dayanıklı veya hassas olup olmadığı gösterilen reaksiyona bağlı olarak belirlenir. Mekanik bir yaralanma sonucunda o bölgede meydana gelen kimyasal değişiklikler ya hücrelerin bölünmesinde bir artışa veya yeni hücrelerin teşekkülüne sebep olmaktadır. Büyüme düzeninde meydana gelen bu değişikliklerle bitkide yaranın kapanmasının sağlanabildiği kabul edilmektedir (Galston ve Davies 1970).

Bir patojen enfeksiyonu veya kesilerek yaralanma sonucu zarar gören Tatlı patates (*Ipomoea batatas* Lam.) kök kortek hücrelerinin içinde veya yakınında fenolik asitlerin (klorogenik asit, izoklorogenik asit, kafeik asit) meydana geldiği tespit edilmiştir (Galston ve Davies 1970). Halbuki fenolik bileşiklerin normal olarak korteks'in sadece dış tabaka hücreleri ile iletim demeti etrafındaki hücrelerde mevcut olduğu bilinmektedir. Uritani et al. (1967), dokularda protein sentezinin teşvikine bağlı olarak teşekkül eden polifenollerden bir takım enzimatik faaliyetler sonucu fenolik bileşiklerin hasıl edildiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, fenolik asitlerin teşekkülünü sağlayan enzimlerin dokunulmamış sağlam dokularda bulunmadıkları halde yaralanma veya enfeksiyonlara maruz kalma durumlarında derhal teşekkül ettiklerini saptamışlardır. Birçok bitkilerde bakteri veya mantar enfeksiyonlarından sonra peroksidaz enzimi miktarında da bir artma olduğu tespit edilmiştir (Stahmann 1967). Dokunulmamış sağlam dokularda peroksidazların varlığı saptanmış bulunmasına rağmen, yaralamadan sonra peroksidaz aktivitesindeki artışın, büyük ölçüde bu enzimin yeni moleküler formlarının ve izozimlerinin hasıl edilişi nedeni ile ortaya çıktığı gösterilmiştir (Lorekovich et al. 1968). Macko et al. (1968), inhibitörler kullanarak yaptıkları araştırmalarla farklı buğday varyetelerinin mantar enfeksiyonlarına cevap verme

¹ Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Genel Botanik Kürsüsü Bornova/İZMİR

derecelerindeki değişikliklerde peroksidaz teşekkülünün en önde gelen faktör olduğunu ortaya koyan sonuçlar almışlardır.

Stahmann (1967), peroksidaz sentezinin sadece patojen değil, patojen olmayan mantar enfeksiyonları ile de başlatılabileceğini ifade etmiştir. Araştırmacı bu durumu, bitkilerin bir çeşit bağışıklık kazanması hali olarak düşünmüştür.

Enfeksiyon ve Yaralanmaya Karşı Oluşan Tepk'nin Kimyasal Mahiyeti

Bitkilerde yaralanmaya karşı reaksiyonun mekanizması tam olarak aydınlatılmamıştır. Bir bitki dokusu kesilir kesilmez derhal bol su ile yıkandığında, yara civarındaki hücrelerin pek azında bölünme olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yara hormonları adı verilen maddelerin varlığına dair görüşlerin ortaya atılmasına yol açmıştır. Bu hormonların yaralanan doku tarafından meydana getirildiği ve yarayı çevreleyen hücrelerin bölünmesinde gerekli olduğu ifade edilmiştir. Fasulye legümenlerinden elde edilen ve Traumatik Asit (1,10—decenedicarboxylic acid) adı verilen bir maddenin ykanmış patates yumrusu disklerinde mantar teşekkülünü sağlayabildiği gösterilmiştir (Galston ve Davies 1970). Öte yandan sitokininler ve oksinler gibi diğer bitki hormonlarının da yaralanmaya reaksiyonlarda rol oynamalarının muhtemel olduğu sanılmaktadır.

Stahmann (1967), dokularda ilk (primer) enfeksiyon alanlarında teşekkül eden maddenin Etilen olduğunu ileri sürmüştür. Araştırmacı, etilen'in civardaki hücrelere bir ön uyarı olarak girmesi sonucu peroksidaz teşekkülüne sebep olduğunu ve böylece dokunun mantarlara karşı dayanıklılığının arttığını rapor etmiştir. Diğer taraftan, steril doku kültürü tekniği ile yaptıkları araştırmalarla Lavee ve Galston (1968), dokunulmamış normal haldeki genç Turnagagası (*Geranium* sp.) ve Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) bitkisi gövde öz dokusu hücrelerinde hiç peroksidaz teşekkül etmediği halde, gövdeler kesildikten bir kaç saat sonra öz dokusunun peroksidaz hasıl etmeğe başladığını saptamışlardır. Bu mekanizmanın mahiyeti bilinmemekle beraber, yaralamanın peroksidaz aktivitesini kontrol eden genleri baskıdan kurtararak etki gösterdiği düşünülmektedir. Aynı araştırmacılar, *Geranium* bitkisinde peroksidaz enzimini elektroforez'e tabii tutarak yaptıkları denemelerle, bu enzimin tek bir peroksidaz komponentinden ibaret olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca peroksidaz teşekkülüne oksin'in ketvurucu, kinetin'in ise teşvik edici etki yaptığı, böylece büyümede olduğu gibi peroksidaz aktivitesinin kontrolünde de bu iki hormonun birlikte iş gördükleri rapor edilmiştir.

Patojenlere Karşı Korunuş «Fitoaleksinler»

Bitkiler patojenik organizmaların istilâsına karşı çeşitli korunma mekanizmalarına sahiptirler. Bunlar fiziksel (epidermisi kaplıyan kütiküla) veya kimyasal (fenollar gibi fungitoksik maddeler) yapılar olabilir. Bitkiler patojenik bir mantar istilâsına maruz kaldıkları zaman, kendilerini savunma amacı ile yeni fungitoksik maddeler meydana getirmektedirler. Bitki hücrelerinin sadece patojenle temas ettikleri zaman meydana getirdikleri bu bileşiklere Fitoaleksinler (Fiton=Bitki, Aleksin=Koruyucu bileşik anlamına gelmektedir) adı verilmektedir (Cruickshank 1963).

Fitoaleksinlerin, patojen istilâsına uğrayan bitkilerin canlı hücrelerinde hasıl edildikleri saptanmıştır. Mantarların nisbi hassasiyetlerinin değişik olmalarına karşılık, fitoaleksinlerin mantar toksisitesi bakımından spesifik olmadıkları rapor edilmiştir. Bitkiler fitoaleksinleri, bitki dokusunun sadece mantarların koloni yaptığı kısmın civarında hasıl edecek şekilde reaksiyon göstermektedirler.

Fungitoksik özelliğe sahip fitoaleksinlerin, bitki dokusuna giren mantarların gelişme ve çoğalmalarını önlediği ve hücreleri hastalığa mukavim hale getirdiği ifade edilmiştir (Galston ve Davies 1970).

Bitki dokularını bazı kimyasal maddelerle muamele ederek yapılan araştırmalarla fitoaleksinin elde edilmesi, bu maddenin sadece enfeksiyona uğrayan hücrelerin bir ürünü olduğu görüşünü ortaya çıkarmıştır. Fitoaleksinlerin patojene göre değil, sadece istilaya uğrayan hücreye spesifik olması, bu görüşü destekleyen bir delil olarak kabul edilmiştir. Hastalığa dayanıklı bir bitkinin varasından ekstre edilen fitoaleksinin, hastalığa dayanıklı olmayan bir bitkiye tatbik edildiği zaman, bu bitkide hastalığa karşı dayanıklılık aşıladıkları gösterilmiştir. Bu gün birçok bitkilerden bu özellikte fakat kimyasal bakımdan çok farklılık gösteren bazı bileşikler izole edilmiştir. Bunlardan bir tanesi Pisatin'dir. Bu madde patojen olmayan *Monilinia fructicola*'nın, koparılmış bezelye legümenlerinin endokarp dokusuna aşılması ile elde edilebilmiştir (Cruickshank 1963).

Cruickshank (1963), spesifik patojenlere karşı, belirli bitkilerin veya bunların varyetelerinin dayanıklılık durumlarının iki faktöre bağlı olduğunu ifade etmiştir. Bunlardan birincisi, patojene maruz kalan hücreler tarafından fitoaleksinin meydana getiriliş sürati ve miktarı, ikincisi ise patojenin fitoaleksine karşı hassasiyeti olarak belirtilmiştir. Araştırmacı, patojen olan mantarların fungitoksine karşı genellikle duyarsız oldukları halde, patojenik olmayan mantarların çok hassas olduklarını saptamıştır. Öte yandan, bitkilerin patojene karşı hem duyarlılıkları ve hem de fitoaleksinin hasıl etme kapasitelerinin değişebileceği ifade edilmektedir. Bununla beraber, bitkilerin belirli bir dayanıklılık reaksiyonu gösterebilmeleri için enfeksiyona maruz kalan hücrelerinin, mantarların zararlı etkisini bertaraf edebilecek asgari miktardan daha yüksek yoğunluklarda fitoaleksinin meydana getirebilmelerinin gerektiği rapor edilmektedir. Bazı durumlarda, bitkide meydana gelen bir fitoaleksinin patojenik bir mantar tarafından parçalanabildiği görülmüştür. Örneğin, Bezelye legümenleri için patojenik bir mantar olan *Stemphylium botryosum*'un alfalfa fitoaleksini parçaladığı halde, patojenik olmayan *Helminthosporium turcicum*'un bu fitoaleksini parçalıyamadığı saptanmıştır.

Fitoaleksinlerin Bitkide Meydana Gelişi ve Etkenliği

Farklı fitoaleksinler farklı metabolik yollardan hasıl edilmektedirler. Örneğin Pisatin, normal doku metabolizmasında önemli bir değişikliğe gerek kalmadan meydana getirilebilmektedir. Diğer taraftan Legüminosae üyelerinde Pisatin'le aynı yapıda ve çok miktarda izoflavonoidler bulunduğu saptanmıştır. Radyoizotop tekniği ile yapılan denemelerle, Bezelye legümenlerindeki fenil alanin, sinamik asit, asetat ve methionin'deki radyoaktivitenin pisatine geçtiği görülmüştür. L-fenil alanin C¹⁴ ile yapılan denemelerle, fenil alaninden pisatin hasıl edilmiş mekanizmasında etken faktörlerin, özellikle enzim sentezini teşvik ederek iş gördükleri saptanmıştır (Hadwiger 1967). Bu bulgulara uygun olarak, su ile muamele edilmiş dokulardakine oranla, patojenle muamele edilen Bezelye dokularında daha çok pisatin birikimi ve protein sentezindeki artışa uygun olarak daha fazla fenil alanin ammonia liaz aktivitesi tespit edilmiştir. Teşekkül eden pisatin, müteakiben muamele edilmemiş dokuya, verilse bile turnover durumunun minimal veya sıfır olduğu saptanmıştır. Fitoaleksinlerin mantar gelişimini inhibe ediş mekanizmaları bilinmemektedir. Bitkilerde Siyah Çürüklük Hastalığına sebep

olan *Ceratocystis fimbriate* enfeksiyonuna maruz kalan Tatlı patateslerden elde edilen ve bir kinon olan Ipomoeamarone'nin mantar hücrelerinde fosfat metabolizması, protein sentezi, solunum ve büyüme gibi değişik metabolik sistemlere ketvurucu etki yaptığı rapor edilmiştir (Galston ve Davies 1970).

Fitoaleksinlerin mantarların gelişimine selektif olarak ketvurucu etki yapabileceği gibi, genel bir büyüme inhibitörü olarak da etki gösterebileceği ileri sürülmektedir. Tomiyama et al. (1968), Patates'den yeni izole edilen bir fitoaleksinin olan Rishitin'in Yulaf koleoptilleri ve Buğday yapraklarının büyümelerini engellediği, Yulaf koleoptillerinde oksinin, Buğday yapraklarında ise gibberellin'in büyümeye sebep olucu etkilerine ketvurduğu tespit edilmiştir.

Bezelye legümenlerinin inokülasyonu ile pisatin meydana gelişi arasında 4-8 saatlik (spor çimlenmesinden sonra 2-4 saat) bir gecikme görülmüştür. Bu gecikmeden sonra pisatin muhtevasında süratli bir artış olmuştur (Cruickshank 1963). Diğer taraftan, fitoaleksinin meydana getirilerek mantar enfeksiyonuna direnç kapasitesinin, bitkilerde genetik kontrol altında olduğu rapor edilmiştir (Lim et al. 1968). Örneğin, bazı mısır varyetelerinin *H. turcicum*'a karşı dayanıklı oluşunun, tek bir genin kontrolü ile sağlandığı belirtilmiştir. Patojen bitkiye geldiği zaman, bu gen, bir fitoaleksinin meydana gelişini regüle etmektedir.

Ö Z E T

Bitkiler, ortamdaki fiziki uyarılar almalarının yanısıra yaralanma veya mikroorganizmaların istilası şeklinde beliren ortamsal streslere karşı koyabilme yeteneğindedirler. Her iki durumda da bir genetik baskının ortadan kalktığı görülür. Bunun sonucunda, yaralanmaya karşı enzim ve yeni doku teşekkülü, mikroorganizmalara karşı da fitoaleksinler adı verilen bileşiklerin sentezi ortaya çıkar. Bu olayların hormonal kontrolü tam açıklığa kavuşmamıştır. Bununla beraber, steril doku kültürü tekniği ile yapılan denemelerle, özel peroksidaz bileşiklerinin nasıl edildiğinin, ortamda oksinin, kinetin ve muhtemelen etilen gibi maddelerin bulunuşlarına bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır.

Mantar istilası ile fitoaleksinlerin teşekkülü, bitkilerde muhtemelen hastalığa dayanıklılığın ana mekanizmasını teşkil etmektedir. Patojen olmayan mantarlar fitoaleksinlere patojen türlerden daha fazla duyarlılık gösterirler. Konukçu bitkinin dayanıklılığı onun yeter miktarda fitoaleksinin meydana getirebilme yeteneğine ve mikroorganizma istilasına karşı bu maddeleri meydana getirebilme süratlerine bağlıdır.

S U M M A R Y

ENDOGENOUS REACTION OF THE PLANTS AGAINST INFECTION AND INJURY

In addition to receiving physical signals from the environment, the plant is also capable of responding to the environmental stresses of wounding or invasion by microorganisms. In both cases, a genetic derepression appears to occur, resulting in enzyme production and tissue proliferation in response to wounding, and production of fungitoxic compounds called phytoalexins in res-

ponse to invasions. The hormonal control of these events is obscure, but when tissue is cut and placed in culture, the appearance of specific peroxidase components is altered by the presence or absence of kinetin and auxin and probably ethylene.

The formation of phytoalexins by fungal invasion is probably a major mechanism for disease resistance in plants. Nonpathogenic fungi are more sensitive to the phytoalexin than pathogenic species. Resistance on the part of the host plant depends on the inherited capacity to produce adequate amounts of phytoalexins and the speed with which they are produced in response to invasion.

L İ T E R A T Ü R

- Cruickshank, I. A. M., 1963. Phytoalexins. Ann. Rev. Phytopathol., 1, 351-374
- Galston, A. W. and P. J. Davies, 1970. Control mechanisms in plant development. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hadwiger, L. A., 1967. Changes in phenylalanine metabolism associated with pisatin production. Phytopathology, 57, 1258-1259.
- Lavee, S. and A. W. Galston, 1968. Hormonal control of peroxidase activity in cultured *Pelargonium* pith. Amer. J. Bot., 55, 890-893.
- Lim, S. M., J. D. Paxton and A. L. Hooker, 1968. Phytoalexin production in corn resistant to *Helminthosporium turcicum*. Phytopathology, 58, 720-721.
- Lovrekovich, L., H. Lovrekovich and M. A. Stahmann, 1968. The importance of peroxidase in the wildfire disease. Phytopathology, 58, 193-198.
- Macko, V., W. Woodbury and M. A. Stahmann, 1968. The effect of peroxidase on the germination and growth of mycelium of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. Phytopathology, 58, 1250-1254.
- Stahmann, M. A., 1967. «Influence of host-parasite interactions on proteins, enzymes and resistance». In the dynamic role of molecular constituents in plant-parasite interaction, 357-369, Editor, C. J. Mirocha and I. Uritani. Amer. Phytopathological Society, St. Paul, Minn.
- Tomiyama, K. T., T. Sakuma, N. Ishizaka, N. Sato, N. Katsuf, M. Takasugi and T. Masamune, 1968. A new antifungal substance isolated from resistant Potato tuber tissue infected by pathogen. Phytopathology, 58, 115-116.
- Uritani, I., T. Asahi, T. Minamikawa H. Hyodo, K. Oshima and M. Kojima, 1967. «The relation of metabolic changes in infected plants to changes in enzymatic activity». In the dynamic role of molecular constituents in plant-parasite interaction, 342-356, Editor, C. J. Mirocha and I. Uritani. Amer. Phytopathological Society, St. Paul, Minn.