

## Salisilik Asit ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Elmas ÖZEKER<sup>1</sup>

### Summary

#### Salicylic Acid and Its Effects on Plants

Salicylic acid (SA) which is considered as a plant hormone as well, belongs to an extraordinary diverse group of plant phenolics. The comprehensive surveys of SA levels in the different structures of plants have indicated the ubiquitous distribution of this compound in plants. The most prominent effect of SA and its close analog, aspirin is to inhibit ethylene biosynthesis and delay the senescence. In addition, SA has an important regulatory role in the flowering of thermogenic and odor-producing plants. Furthermore, exogenous SA applications induce disease resistance and pathogenesis-related proteins (PR) in plants.

**Key words:** Salicylic acid, flowering, thermogenicity, disease resistance, rooting.

### Giriş

Amerikan yerlileri ve eski Yunanlılar yüzyıllar önce, birbirlerinden bağımsız olarak söğüt ağacının kabuk ve yapraklarının ağrılara ve ateşe iyi geldiğini bulmuşlardır. 1828 yılında Münih'te Johann Buchner isimli araştırmacı, söğüt ağacının kabuğundan çok düşük miktarda salisin izole etmeyi başarmıştır. Latince *Salix* (söğüt) sözcüğünden gelen salisilik asit adı ilk olarak 1838 yılında Raffaele Piria isimli araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Sentetik salisilik asidin ilk ticari üretimi 1874 yılında Almanya'da yapılmıştır. Doğal bitkisel ürün olmayan asetil salisilik asidin ticari ismi olan aspirin, ilk olarak 1898 yılında Almanya'da Bayer şirketi tarafından üretilmiş ve kısa sürede dünyanın en çok satan ilacı haline gelmiştir. Tıbbi etki derecesi halen tartışılan salisilik asit, günümüzde soğuk algınlığından kalp rahatsızlıklarına kadar birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır (Raskin, 1995).

---

<sup>1</sup> Doç. Dr.; Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir  
email: elmas@ziraat.ege.edu.tr

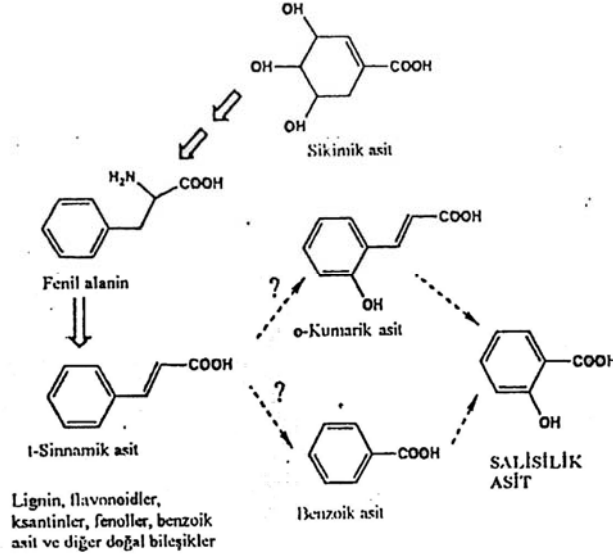
Salisilik asit (SA), genellikle bir hidroksil grubu ya da onun fonksiyonel türevini taşıyan, aromatik bir halkaya sahip bitki fenoliklerinin bir grubudur. Son yıllarda bitkilerde salisilik asidin biyolojisi ile ilgili yapılan çalışmaların sonucunda, salisilik asidin diğer birçok fenolik bileşik gibi, bitki büyümesinin düzenlenmesi, gelişimi ve diğer organizmalarla etkileşiminde temel rol oynadığı görüşü ortaya çıkmıştır (Harborne, 1980). Bilindiği üzere, triptofan, tirozin ve fenilalanin gibi temel amino asitlerin oluşumuna yol açan metabolik çatalanma, bitkilerde farklı etkilere sahip fitohormonların biyosentezinde de önemli rol oynamaktadır (Kefeli, 1978). Bu metabolik çatalanmada, triptofan biyosentezi, tüm yüksek bitkiler için her düzeyde büyüme ve gelişme olaylarını teşvik eden temel hormon olan indol-3-asetik asit'in, yani oksinin biyosentezine yol açmaktadır. Ayrıca söz konusu metabolik çatalın, fenilalanin üzerinden sinnamik asit oluşumuna giden yolu üzerinde, büyüme ve gelişmeyi engellemenin yanı sıra, düzenleyici rollerde yüklenen ve bazen bitkilerde türe özgü olan fenolik bileşikler de sentezlenmektedir. Şikimik asit yolunun bir ara ürünü olan sinnamik asitten türetilen salisilik asit, artık günümüzde bitkisel hormonlar arasındaki yerini almış bulunmaktadır.

Serbest SA aktif olarak taşınmadıkça ve metabolize olmadıkça, ilk sentezlendiği noktadan uzaktaki dokulara hızlı bir şekilde taşınmaktadır. Tarımsal açıdan önemli bitki türlerinin salisilik asit düzeyleri üzerinde yapılmış çalışmalar, bitkilerde bu bileşiğin her zaman ve her yerde dağılmış olabileceğini ortaya çıkarmıştır (Raskin, 1995). En yüksek SA seviyesi pirinç bitkisinin yapraklarında saptanmıştır. Ayrıca, termojenik (ısı üreten) bitkilerin infloresensinde ve nekroz oluşturan patojenlerle enfekte edilmiş bitkilerde de oldukça yüksek düzeylerde SA olduğu belirlenmiştir.

### **Salisilik Asit Biyosentezi**

Bitkilerde salisilik asit (orto-hidroksi benzoik asit) oluşumu için iki metabolik yolun bulunduğu ileri sürülmektedir (Davies, 1995). Bu yollarda, salisilik asidin  $\beta$ -oksidasyon ve orto-hidroksilasyon reaksiyonlarının oluşum sıralarının birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Bu yönüyle, sağlıklı ve virüs inoküle edilmiş tütün bitkilerinde salisilik asidin, benzoik asit aracılığıyla sinnamik asitten türetilendiği kanıtlanmıştır (Şekil 1) (Yalpani et al., 1993). Buna göre, *Agrobacterium tumefaciens* ile enfekte olmuş genç domates fidelerinde, sinnamik asitin orto-kumarik aside orto-

hidroksilasyonunun arttığı ve ardından kumarik asitin β-oksidasyonu ile salisilik asit olduğu ortaya çıkarılmıştır. Sağlıklı bitkilerde ise, salisilik asidin yaygın biyosentez yolunun, Sınnamik asit→Benzoik asit→Salisilik asit şeklinde gerçekleştiği saptanmıştır.



Şekil 1. Bitkilerde salisilik asit biyosentezinin metabolik yolu.

### Salisilik Asit Metabolizması

Bitkilerde salisilik asit, metabolik olarak aktif olan serbest formunun dışında, esterler ve glukozidler olarak bağlı formlarda da bulunabilir. Salisilik asit bitkilerde genellikle bir şeker bileşiği olan salisilik asit-β-glukozit (SAG) şeklinde, yani inaktif bir formda (depo formu) bulunmaktadır. B-glukozidaz enzimi, bitkilerde fitohormonların sinyal aktivitelerini kontrol etmekte ve salisilik asidin bağlı formdan serbest forma dönüşümünü katalize ederek, bitkide serbest salisilik asit seviyesini düzenlemektedir (Raskin, 1995).

Tütünde yapılan bir çalışmada, bu bitkinin yapraklarına dışarıdan salisilik asit uygulandığında, yaprakların hücrelerarası boşluklarında salisilik asit-β-glukozidaz aktivitesinin ortaya çıktığı saptanmıştır (Davies, 1995). SAG'ın büyük bir kısmı hücrelerarası boşluklarda bulunurken, salisilik asidin büyük bir kısmı ise hücrelerin içinde yer almıştır. Çünkü SAG'ın salisilik asitten şekillenmesi, hücrelerin içinde oluşmaktadır. Bu durum dışarıdan uygulanan salisilik asidin doğrudan hücrelere girdiğini göstermektedir. Sonuçta, SAG'ın

hücrelerarası boşluklar yoluyla uzak dokulara taşınan bir sinyal rolü oynayabileceği görüşü ortaya çıkmıştır. Salisilik asidin uzun mesafeli taşınımı için uygun şeklinin SAG olduğu düşünülmektedir. Çünkü SAG hem salisilik asitten daha fazla çözünebilir, hem de daha az toksiktir (Seo et al., 1995).

### **Salisilik Asit ve Çiçeklenme**

Suda çözülmüş bir tablet aspirinin kesme çiçeklerin ömrünü uzattığının bulunmasıyla, salisilik asidin çiçeklenme üzerinde etkili olduğu öğrenilmiştir. Salisilik asidin, süspansiyon kültürlerinde, l-aminosiklopropan-l-karboksilik asit'in etilene dönüşümünü engelleyerek, etilen biyosentezini bloke ettiği saptanmıştır (Leslie and Romani, 1988). Diğer yandan, bitkilerde etilen oluşumunu etkileyebilecek içsel salisilik asit düzeylerinin, vegetatif bitkisel dokulardakinden farklı olarak, çiçek dokusunda yeterince yüksek düzeyde bulunduğu belirlenmiştir (Raskin, 1995).

Salisilik asidin çiçeklenmeyi teşvik edici etkisinin olduğuna dair ilk kanıt, tütün doku kültürlerinden elde edilmiştir (Lee and Skoog, 1965). SA tütün kallus kültürlerinde çiçek tomurcuğu oluşumunu teşvik etmiştir (Eberhart et al., 1989). Daha sonra bir kısa gün bitkisi olan *Xanthium strumarium*'un vegetatif ve generatif dönemlerinde afidlerle (yaprak bitleri) yapılan denemelerin sonucunda, bitki çiçeklenmesinin düzenlenmesinde salisilik asidin rol oynayabileceği ileri sürülmüştür. Bu hipotez, çiçeklenmenin teşvikinden sorumlu ve floemde taşınabilen bir faktörün afidlerce salgılanan sıvıda bulunmasıyla ortaya çıkarılmıştır. Bu afid salgısı, bir uzun gün bitkisi olan ve fotoindüktif olmayan ışık döngüsünde tutulan *Lemna gibba*'nın çiçeklenmesini maksimum düzeyde uyarmıştır (Cleland and Ajami, 1974). *X. strumarium*'dan elde edilen çiçeklenmeyi teşvik edici bu madde salisilik asit olarak tanımlanmıştır.

Salisilik asidin bitkilerde çiçeklenmeyi uyarıcı mekanizması henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu konuda ileri sürülen bir hipoteze göre, salisilik asit çiçeklenmeyi bir şelatlama ajanı olarak uyarmaktadır. Salisilik asitteki serbest o-hidroksil grubu, benzoik aside metal şelatlama aktivitesi vermektedir. Söz konusu hipotez, *Lemnaceae*'de şelatlama ajanlarının çiçeklenmeyi uyarmasıyla da desteklenmiştir (Oota, 1972).

### **Salisilik Asitin Termoijenik Etkisi**

Bitkilerde termojenite (ısı üretimi) diye tanımlanan ve bazı bitki türlerinin tozlaşma ve döllemeinde önemli rol oynayan olay, ilk olarak Lamarck tarafından 1778 yılında *Arum* cinsinde tanımlanmıştır. Daha sonra *Cycas*'ın erkek üreme organları, *Annonaceae*, *Araceae*, *Aristolochiaceae*, *Cyclanthaceae*, *Nymphaeaceae* ve *Palmae* familyalarına ait bazı Angiosperm türlerinin çiçekleri ya da çiçek durumlarında da termojenitenin olduğu ortaya çıkarılmıştır (Meeuse and Raskin, 1988). Bitkide termojenite, mitokondriyumda siyanide dirençli ve fosforilatif olmayan elektron taşıma yolundaki büyük bir artışla ortaya çıkar. Bu alternatif solunumdaki O<sub>2</sub> tüketimi, oldukça yüksektir. Bu olayda oksidazların aktivasyonunun yanı sıra, Glikolitik ve Krebs Çemberi enzimlerinin de aktivasyonu gerekmektedir.

1937 yılında Van Herk isimli bir araştırmacı, *Sauramatum* bitkisinde metabolik aktivitenin en yüksek düzeye çıkmasının, erkek organ taslaklarında üretilen suda çözünebilir bir madde, yani "kalorijen" tarafından gerçekleştirildiğini ileri sürmüştür. Bundan 50 yıl sonra kalorijeni tanımlamaya yönelik yapılan çalışmaların sonucunda, bu maddenin salisilik asit olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bitkinin olgunlaşmamış dokularına salisilik asit uygulanması, sıcaklığın 12°C artmasına neden olmuş ve bu da, kalorijenin kesin olarak salisilik asit olduğunu kanıtlamıştır.

Salisilik asidin bitkilerdeki termoijenik etkisi, onun koku üretici etkisinden ayrı olarak düşünülemez. Bu bileşik, *Sauramatum guttatum*'da koku üretimini ve sıcaklığı, konsantrasyonuna bağlı olarak teşvik etmekte ve fotoperiyodik olarak kontrol etmektedir. *Cycas*'larda ise ısı üretiminin bir ritim izlediği ve ısının, kozalak uzaması ve polen saçılma aşaması için her gece salındığı ortaya konulmuştur. *Encephalartos ferox* ve *E. gratus* türlerinin erkek kozalaklarının ve *Arum* türünün infloresensinin de önemli miktarda salisilik asit içerdikleri saptanmıştır (Tang, 1987).

### **Salisilik Asit ve Hastalık Direnci**

Hastalıklara dayanıklı bazı bitkiler, uğradıkları fungal, bakteriyel ya da viral patojen saldırısını, nekrotik lezyonun ortaya çıktığı noktanın etrafındaki küçük bir alanda sınırlayarak yayılmasını önlerler. Enfeksiyonun olduğu nekrotik bölgedeki hücrelerin bu koruyucu işlevi "Hipersensitif Reaksiyon" (HR), yani "aşırı duyarlılık reaksiyonu" olarak adlandırılır. Aşırı duyarlılık reaksiyonu da bitkilerde "sistemik kazanılmış direnç"i (SAR) ortaya çıkarmaktadır (Aktaş,

2001). Aşırı duyarlılık reaksiyonu ile birlikte, savunmayla bağlantılı genlerin bir grubu da uyarılmaktadır. Patojen saldırısında, bu genlerin birçok ürünü, ya doğrudan antimikrobiyal enzimler ve sekonder metabolitler oluşturmakta, ya da dolaylı olarak konukçu hücre çeperinin savunma yeteneğini güçlendirmektedirler. Bu gen ürünleri, hücre çeperi polimerleri, lignin, süberin, fenil propanoidler ve fitoaleksinlerdir. Patojen-bağıntılı (PR) proteinlerin birçok grubu da aşırı duyarlılık reaksiyonu süresince uyarılmaktadır. Bunlardan bitkilerde en iyi tanınanları, PR3 grubundan kitinazlar ile PR2 grubundan  $\beta$ -1,3-glukonazlar gibi hidrolitik enzimlerdir (Delaney, et al., 1994).

Bitkilerde patojene karşı salisilik asit ile direnç kazanmanın en belirgin işareti olan PR1 proteinleri oluşumu, 1979 yılında tütün'de ortaya çıkarılmıştır. Tütün mozaik virüsü'ne (TMV) karşı SA uygulamaları, patojen bağıntılı proteinlerin oluşumu ile sonuçlanmış ve böylece bitkiler TMV'ne karşı dayanıklılık kazanmıştır. PR protein genlerinin yaralanmış olgun tütün yapraklarındaki ekspresyonu üzerine salisilik asit ve jasmonik asidin antagonistik etkileri üzerinde yapılan bir araştırmada, jasmonik asidin bazik PR proteinleri için bir stimülatör (teşvik edici), asidik PR proteinleri için bir inhibitör (engelleme) olarak çalıştığı; salisilik asidin ise bunun karşıtı olarak rol oynadığı ortaya çıkarılmıştır (Tomaya et al., 1998). Diğer yandan, bitkilerde patojenlere karşı direnç ile bazı PR proteinleri üretiminin, patojen organizma olmadan da, salisilik asit ya da aspirin uygulaması ile uyarılabileceği ortaya konmuştur. Örneğin, tütünün dirençli hattı, Tütün Mozaik Virüsüne (TMV) aşırı duyarlılık reaksiyon (HR) tepkisi verir. Tütünde bu tepki süresince 9 sınıf PR proteini m-RNA'sının uyarıldığı ve sistemik kazanılan direncin oluştuğu gözlenmiştir. Aynı gelişmelerin, TMV olmaksızın, bitkiye uygulanan salisilik asit tarafından da uyarıldığı saptanmıştır (Raskin, 1995).

Bitkilerde yerleşmiş enfeksiyon tarafından direnç uyarıldığında, PR proteinlerini ve diğer direnç mekanizmalarını harekete geçiren sistemik bir sinyalin varlığı uzun zamandan beri bilinmektedir. Aşılama ve kabuk soyma denemelerine dayanılarak, bu sinyalin iletim sisteminde hareket ettiği ve floem dokusunda taşındığı ortaya konmuştur. Bu mesajcının salisilik asit olduğunu kanıtlamak üzere yapılan bir çalışmada, TMV'ne dirençli tütünün, virüsle enfekte olan yapraklarında salisilik asit miktarının yaklaşık 50 kat arttığı ve aynı bitkinin diğer yapraklarında ise bu artışın 10 kat düzeyine ulaştığı saptanmıştır. Virüs inokulasyonundan sonra sistemik olarak korunmaya

başlamış yapraklarda, PR proteini uyarılmasının salisilik asit miktarındaki artışla ilişkili olduğu kanıtlanmıştır (Malamy ve ark., 1990). Diğer yandan, TMV'ne duyarlı tütünde, kesik yaprakların salisilik asit ile beslenmesinin, PR proteinlerinin uyarımı için yeterli olduğu ve virüse direnci artırdığı da gözlenmiştir. Dirençli tütün hatlarında, 32°C'de TMV enfeksiyonunun sistemik olduğu, PR proteinlerinin biriktirilemediği ve yüksek sıcaklıkta bitkideki bu HR kaybının, salisilik asit birikiminin yapılamamasıyla yakından ilişkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu bitkilerin yapraklarına dışarıdan salisilik asit püskürtülmesi durumunda, hem 24°C ve hem de 32°C sıcaklığın PR proteinlerini uyardığı ve bitkide direnç mekanizmasını harekete geçirdiği bildirilmiştir (Yalpani et al., 1991).

Enfeksiyona uğrayan bitki dokularında aşırı duyarlılık reaksiyonu sırasında, saldıran patojeni etkisiz kılmak ve yok etmek amacıyla Aktif Oksijen Türleri de (AOS) üretilmektedir. Böylece, daha enfeksiyonun 2 ya da 3. dakikasında söz konusu bölgede, oksidatif patlama olarak bilinen hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) hızlı bir şekilde ve geçici olarak oluşmaktadır. Enfeksiyon bölgesinde  $H_2O_2$  meydana getirilmesi; hücre çeperini güçlendirmeye, fungus gelişimini sınırlamaya ve patojen yayılmasını sınırlayan aşırı duyarlı hücre ölümlerinin oluşumuna neden olmaktadır. Bitkide patojen saldırısı süresince sentezlenen bir fenil propanoid türevi olan salisilik asit, sistemik kazanılan direnci (SAR) gerçekleştirmek için sinyal oluşumuna katılarak, normalde  $H_2O_2$  yıkan enzim katalazını bağlamakta veya etkisini bloke etmekte ve böylece  $H_2O_2$ 'in üretiminin sürdürülmesini sağlamaktadır (Levine et al, 1994).

Son yıllarda, bu uygulamalara ek olarak, yüksek düzeyde ultraviyole ve ozon uygulamalarının da SA biyosentezini uyardığı kanıtlanmıştır. Bu faktörlerin bitkilerdeki etkinlikleri, büyük olasılıkla salisilik asit miktarını arttırarak, PR genlerinin aktivasyonunun sağlanması şeklinde ortaya çıkmaktadır.

### **Salisilik Asit ve Köklenme**

Birçok bitki türü üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, çeliklerde adventif köklenmenin fenolik bileşikler tarafından uyarıldığı ortaya konmuştur. Mung fasulyesi çelikleri ile yapılan bir araştırmada, kateşol, p-hidroksibenzoik asit, pirogallol ve salisilik asitin kök oluşumunu uyardığı belirlenmiştir (Kling and Meyer, 1983). SA, bazı odunlu türlerin çeliklerinde (kavak, akçaağaç, ıhlamur gibi) tek başına veya oksinlerle birlikte kullanıldığında; köklenmiş çelik sayısını, çelik

başına kök sayısını ve kök uzunluğunu önemli ölçüde arttırmıştır. Ayrıca, köklenme için geçen süreyi de kısaltmıştır. Oksinlerle birlikte sinerjistik etki gösteren fenollerin moleküler yapılarında, orto pozisyonunda 2 hidroksil grubu ve serbest olarak bir para pozisyonunun gerekli olduğu bildirilmektedir (Hess, 1962). Salisilik asit dihidroksi fenol değildir. Ancak, aromatik halkasında bir hidroksil grubuna bitişik olarak bir karboksil grubu bulunmaktadır. Ayrıca para pozisyonu da serbesttir. Bu nedenle, IAA, IBA ve NAA gibi oksinlerle birlikte köklenme üzerinde iyi bir sinerjistik etkiye sahiptir.

SA'nın köklenme üzerindeki etki mekanizması henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Ancak, diğer fenolik bileşiklerin köklenme sürecindeki etkilerine benzer etkide bulunduğu düşünülmektedir (De Klerk et al., 1997). Adventif köklenme sürecinin birbiriyle bağlantılı üç temel fizyolojik evreden (indüksiyon, inisiasyon, ekspresyon) oluştuğu ve içsel serbest IAA miktarıyla, peroksidaz aktivitesindeki zıt yönlü değişikliklerin her bir evreyi tanımladığı öne sürülmüştür (Gaspar et al., 1992). Belli fenolik madde grupları da söz konusu evrelere bağlı olarak spesifik etkilerde bulunmaktadır (Berthan et al., 1993). Genel olarak, monohidroksi fenoller ve benzoik asitler kök indüksiyonunu uyarmaktadır. Bir monofenol olan SA'de oksinlerle birlikte köklenmenin özellikle indüksiyon aşaması üzerinde son derece etkilidir. Ayrıca SA'nın *in vitro*'da oksinden önce uygulanması durumunda, etkinin en yüksek düzeye çıktığı saptanmıştır (Vander Krieker et al., 1997).

Bitkilerde polar oksin taşınımı sayesinde içsel IAA bitki üzerindeki herhangi bir yara bölgesinde birikerek, burada adventif köklenmeyi uyarmaktadır. Bu açıdan doku yaralanmasının kök rejenerasyonu için çok önemli olduğu ileri sürülmektedir. Yaralanma sonucu hücre organelleri parçalanmakta ve bazı metabolik ürünler salınmaktadır. Bu ürünler hücre çeperi ve zarında yıkıma neden olmaktadır. Bu yıkımdan sonra bitki bünyesinde ortaya çıkan yeni maddeler (ki SA'de bunlardan birisidir.), hem bitkinin hastalıklara karşı savunma mekanizması, hem de oksinlerle birlikte köklenmesi üzerinde son derece etkilidir.

### **Salisilik Asitin Diğer Etkileri**

Salisilik asit ve onun yakın analogu olan aspirinin bitkiler üzerindeki diğer düzenleyici etkilerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Etilen biyosentezi ve tohum çimlenmesini engellemek,
- Yaralanma tepkilerini engellemek,



- Köklerde absorpsiyon ve membran taşınım mekanizmasını engellemek,
- Hızlı membran depolarizasyonunu uyarmak ve transmembran elektrokimyasal potansiyelini ortadan kaldırmak,
- Nastik yaprak hareketlerini uyarmak,
- Yapraklarda ve epidermiste transpirasyonu azaltmak,
- Absizik asit (ABA) uyarımlı stoma kapanmasını tersine çevirmek,
- Büyümei engellemek,
- Mısır fidelerinde antosiyan üretimini uyarmak,
- Baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunda etkili olan kök nodül oluşumunu arttırmak,
- in vivo*'da nitrat redüktazın aktivitesini arttırmak,
- Fasulyelerde verimi ve tohum zarfı sayısını arttırmak,
- Vegetatif gelişmeyi hızlandırmak (Aktaş, 2001).

### **Sonuç**

Söğüt yapraklarından SA'in elde edilmesinden sonra geçen yüzyıllar, SA'in sadece insanlar için önemli olmayıp, bitkiler içinde son derece önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Özellikle son 6 yılda bitkilerde SA biyolojisi, biyosentezi ve metabolizması konularında çok hızlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Salisilik asidin bitkilerde hastalığa dayanıklılık mekanizması üzerindeki etkisiyle, onun termojenik ve koku üreten etkileri arasındaki biyokimyasal bağlantı henüz tam olarak anlaşılammıştır. Ayrıca, salisilik asit biyosentezine ve metabolizmasına katılan genlerin tanımlanması da oldukça önemlidir. Bunların dışında, salisilik asidin bitkilerdeki sinyal taşıma yollarının moleküler bileşenleri ve diğer düzenleyici fonksiyonları da araştırılmaktadır.

Salisilik asidin bitki büyümesi üzerindeki rolü, yetiştiricilik açısından bazı pratik uygulamaların gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Örneğin, bitkilerde salisilik asit seviyesinin düzenlenmesi, bitki koruma alanında çok sayıda biyoteknolojik çalışmanın gerçekleştirilmesine yol açmaktadır. İçsel salisilik asitteki artışlar, SA metabolizmasına katılan genlerin ekspresyonunu engelleyerek veya SA biyosentez genlerinin transkripsiyonu ve translasyonu ile ortaya çıkmaktadır. Böylece, SA seviyesinin artırılmasıyla, transgenik bitki araştırmalarında, önemli patojenlere karşı dayanıklılığı arttırılmış bitkilerin ortaya çıkması sağlanmaktadır.

Sonuç olarak, salisilik asidin termojenite ve hastalıklara dayanıklılık üzerindeki etkileriyle ilgili tüm bilgiler, onun bitkisel hormonlar için belirlenen kriterlere sahip olduğunu göstermektedir. Günümüzde ise artık pratikte, bitkilerde SA büyüme düzenleyicisi olarak kullanılmaya başlanmıştır.

### Özet

Bitkisel hormon olarak da kabul edilen salisilik asit, fenolik maddelerin bir grubunu oluşturmaktadır. Bitkilerin farklı organ ve dokuları üzerinde yapılan araştırmaların sonucunda, salisilik asidin bitkilerde her zaman ve her yerde bulunabildiği ortaya çıkarılmıştır. Salisilik asit ve onun analogu olan aspirinin en bilinen etkisi, etilen biyosentezini engellemek ve yaşlanmayı geciktirmektir. Ayrıca, salisilik asit termojenik ve koku üreten bitkilerin çiçeklenmesinde de düzenleyici bir role sahiptir. Bunlardan başka, bitkilerde dışsal salisilik asit uygulamaları, patojen bağıntılı proteinlerin sentezini uyararak, hastalıklara karşı direncin oluşumunu sağlamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Salisilik asit, çiçeklenme, termojenite, hastalıklara karşı direnç, köklenme.

### Kaynaklar

- Aktaş, Y. L., 2001. *Vitis vinifera* L. cv. Sultani'de Salisilik Asit Uygulamasının Yaprak Proteinleri İçeriği Üzerine Etkileri. Fen Bil. Ens., Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Berthon, J. Y.; M. J. Battraw; T. Gaspar and V. Boyer, 1993. Early Test Using Phenolic Compounds and Peroxidase Activity to Improve *in vitro* Rooting of *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.). Bucholz, Saussurea, 24, 7-13.
- Cleland C. F. and A. Ajami, 1974. Identification of The Flower-Inducing Factor Isolated from Aphid Honeydew as Being Salicylic Acid. Plant Physiol., 54, 904-906.
- Davies, P. J., 1995. Salicylic Acid, Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Kluwer Acad. Pub., London, 833 p.
- De Klerk, G. J.; S. Marinova; S. Rouf and T. J. Brugge, 1997. Salicylic Acid Effects on Rooting of Apple Microcuttings by Enhancement of Oxidation of Auxin. Acta Horticulturae, 447, 247-248.
- Delaney, T. P.; S. Uknes; B. Vernooij; L. Friedrich; K. Weymann; D. Negrotto; T. Gaffney; M. Gut-Rella; H. Kessmann; E. Ward and J. Ryals, 1994. Science, 266, 1247-1250.
- Eberhard, S.; N. Doubrava; V. Marta; D. Mohnen; A. Soutwick; A. Darvill and P. Albersheim, 1989. Pectic Cell Wall Fragments Regulate Tobacco Thin-Cell-Layer Explant Morphogenesis. Plant Cell, 1, 747-755.
- Gaspar, T.; C. Kevers; J. F. Hausman and V. Ripetti, 1992. Practical Uses of Peroxidase Activity as A Predictive Marker of Rooting Performance of Micropropagated Shoots. Agronomie, 12, 757-765.
- Harborne, J. B., 1980. Plant phenolics. In: Secondary Plant Products. E. A. Bell, B. V. Charlwood (ed.), Springer Verlag, Berlin, 329-402 p.

- Hess, C. E., 1962. Characterization of The Rooting Cofactors Extracted from *Hedera helix* L. and *Hibiscus rosa-sinensis* L. Poc. 16<sup>th</sup> Inter. Hort. Cong., 382-388 p.
- Kefeli, V. I., 1978. Natural Plant Growth Inhibitors and Phytohormones. Dr. W. Junk b. v.-Publishers, Boston, 277 p.
- Kling, G. J. and M. M. Meyer Jr, 1983. Effects of Phenolic Compounds and Indoleacetic Acid on Adventitious Root Initiation in Cuttings of *Phaseolus aureus*, *Acer saccharinum* and *Acer griseum*. Hort. Science, 18 (3), 352-354.
- Lee, T. T. and F. Skoog, 1965. Effect of Substituted Phenols on Bud Formation and Growth of Tobacco Tissue Culture. *Physiol. Plant*, 18, 386-402.
- Leslie, C. A. and R. J. Romani, 1988. Inhibition of Ethylene Biosynthesis by Salicylic Acid. *Plant Physiol.*, 88, 833-837.
- Levine, A.; R. Tenhaken; R. Dixon and C. Lamb, 1994. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> from The Oxidative Burst Orchestrates The Plant Hypersensitive Disease Resistance Response. *Cell*, 79, 583-593.
- Malamy, J.; J. P. Carr; D. F. Klessig and I. Raskin, 1990. Salicylic Acid: A Likely Endogenous Signal in the Resistance Response of Tobacco to Viral Infection. *Science*, 250, 1002-1004.
- Meeuse B. J. D. and I. Raskin, 1988. Sexual Reproduction in The *Arum lily* Family, with Emphasis on Thermogenicity. *Sex. Plant Reprod.*, 1, 3-15.
- Oota, Y., 1972. The Response of *Lemna gibba* G3 to A Single Long Day in The Presence of EDTA. *Plant Cell Physiol.*, 13, 575-580.
- Raskin, I., 1995. Salicylic Acid. In: *Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Davies (ed.), Kluwer Acad. Pub., London., 188-205 p.
- Seo, S.; K. Ishizuka and Y. Ohashi, 1995. Induction of Salicylic Acid  $\beta$ -Glucosidase in Tobacco Leaves by Exogenous Salicylic Acid. *Plant Cell Physiol.*, 36 (3), 447-453.
- Tang, W., 1987. Heat Production in Cycad Cones. *Bot. Gaz.*, 148, 165-174.
- Tomoya, N.; M. Ichiro; S. Shigemi; O. Norihiro and O. Yuko, 1998. Antagonistic Effect of Salicylic Acid and Jasmonic Acid on The Expression of Pathogenesis-Related (PR) Protein Genes in Wounded Mature Tobacco Leaves. *Plant Cell Physiology*, 39 (5), 500-507.
- Van der Krieker, W. M.; J. Kodde; M. H. M. Visser; D. Tsardakas; A. Blaakmeer; K. de Groot and L. Leegstra, 1997. Increased Induction of Adventitious Rooting by Slow Release Auxins and Elicitors. In: *Biology of Root Formation and Development*. A. Altman and Y. Waisel (Eds.), Plenum Press, New York., 95-104 p.
- Yalpani, N.; P. Silverman; T. M. A. Wilson; D. A. Kleier and I. Raskin, 1991. Salicylic Acid is A Systemic Signal and An Inducer of Pathogenesis-Related Proteins in Virus-Infected Tobacco. *The Plant Cell*, 3, 809-818.
- Yalpani, N.; J. Leon; M. A. Lawton and I. Raskin, 1993. Pathway of Salicylic Acid Biosynthesis in Healthy and Virus-Inoculated Tobacco. *Plant Physiol.*, 103, 315-321.