

ALLELOPATI

Allelopati kelimesi Eski Yunanca *allelon* (bir diğesine) ve *pathos* (zarar vermek) kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur.

Allelopati (allelopathy) terimi ilk kez Molisch tarafından 1937 yılında ortaya atılmış ve o allelopatiyi “bitkiler veya mikroorganizmalar arasındaki olumlu veya olumsuz etkileşimler” olarak tanımlamıştır. Rice 1984 yılında allelopatiyi “bir bitkinin diğesini (veya bir mikroorganizmanın diğesini) çevreye saldığı kimyasal bileşiklerle dolaylı olarak veya doğrudan zararlı veya yararlı olarak etkilemesi” olarak tanımlamıştır. Allelopatide organizmalar tarafından salgılanan birtakım kimyasallar rol oynamaktadır, bu biyokimyasallara **allelokimyasallar** adı verilmektedir. Bunlar diğ bitkilerin gelişme, büyüme ve canlılığını etkilemektedirler. Allelopati özellikle bazı bitkilerin tipik özelliğidir. Allelopatik ilişkiler bitki topluluklarında belirli türlerin dağılımı ve yoğunluk oluşturmada önemli bir faktördür. Ayrıca bu kimyasallar çoğu istilacı türün başarısında çok önemlidir.

Allelokimyasalların Kimyasal Doğası

Allelopatiyle değişik kimyasallar ilgilidir. Bu kimyasalların çoğu primer (ana) metabolik yolun yan ürününü olarak üretilen sekonder (ikincil) metabolitlerdir. Bu metabolitler asetat veya şikimik asit yoluyla karbonhidrat, yağ ve amino asitlerin metabolizmasıyla sentezlenmektedir. Bu sekonder metabolitler 5 ana sınıfa ayrılır. Bunlar, fenil propanlar, asetogeninler, terpenoidler, steroidler ve alkaloidlerdir. Allelokimyasal olarak tanımlanmış her ve bütün kimyasalları sıralamak hemen hemen olanaksızdır. Bununla birlikte bunları ana kimyasal gruplara ayırmak mümkündür. Yüksek bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından salgılanan allelokimyasallar şu ana kategorilerde değerlendirilebilir:

- a. Basit suda çözülebilir organik asitler, düz zincirli alkoller, alifatik aldehitler ve ketonlar
- b. Basit doymamış laktonlar
- c. Uzun zincirli yağ asitleri ve poliasetilenler
- d. Naftokinonlar, antrokinonlar ve kompleks kinonlar
- e. Basit fenoller, benzoik asit ve türevleri
- f. Sinnamik asit ve türevleri
- g. Flavanoidler
- h. Tanenler
- ı. Terpenoidler ve steroidler
- i. Aminoasitler ve polipeptitler
- j. Alkaloidler ve siyanohidrinler
- k. Sülfidler ve glukositler
- l. Pürinler ve nükleotitler

Allelokimyasalların Salınma Yolları

Allelokimyasallar bitki hücrelerinde sentezlenmekte ve kendi hücre faaliyetlerine zarar vermemektedir. Allelokimyasallar kök, yaprak, gövde, çiçek, tohum dahil olmak üzere tüm bitki aksamında bulunmaktadır. Bunlar atmosfere ve rizosfere şu şekillerde salınmaktadır.

- a) **Buharlaşıma:** Buharlaşıma bitkilerin terlemek suretiyle uçucu yağlar çıkarmaları olayıdır.
- c) **Toprak üstü organlardan yıkanma:** Bitkiler tarafından salgılanan kimyasalların yağmur suyu veya sis damlacıkları yoluyla bitkilerin toprak üstü organlarından yıkanmaları durumudur.
- d) **Kök salgıları:** Bitki köklerinden değişik kimyasalların salgılanması olayıdır.
- e) **Bitki dokularının ayrışması:** Bitkilerin ölümünden sonra ayrışmış dokularından farklı kimyasalların salgılanması durumudur.

Bitkiler çoğunlukla ototoksiteden (kendilerine toksik olma) korunmak için oldukça fitotoksik olan bu bileşikleri tecrit etmişlerdir. Örneğin artemisinin ve diğer bazı fitotoksinler özel epidermal tüy hücrelerinde vakuoller içerisinde tecrit edilmiş durumdadır. Sorgoleone de yalnızca kök tüy hücrelerinde üretilir ve üretilir üretilmez hemen köklerden salınır.

Allelokimyasalların Etki Şekilleri

Allelokimyasallar bu şekillerde salındıktan sonra organizmaları (bitkiler, patojenler, böcekler vs.) etkilemeye başlarlar ve onlarla temas ettikleri zaman bazı yerleri ve süreçleri etkilemektedirler. Aşağıda bunlardan bazıları sıralanmıştır.

- a. Hücre bölünmesi ve büyümesi
- b. Fitohormonlar ve onların dengesi
- c. Membran ve onun geçirgenliği
- d. Polen ve sporların çimlenmesi
- e. Topraktan mineral maddelerin alımı
- f. Stomaların açılması, pigment sentezi ve fotosentez
- g. Respirasyon
- h. Protein sentezi, yağ ve organik asit metabolizmasında değişimler
- ı. Azot fiksasyonu
- i. Spesifik enzim aktivitesi
- j. Ksilem elementlerin mantarlaşması, tıkanması; suyun gövdede iletimi

Bu allelokimyasallardan fungusit, insektisit, herbisit vs. olarak yararlanılmaktadır. Herbisit etkili olan allelokimyasallara **biyoherbisit** adı verilmektedir.

Günümüzde 50'den fazla yabancı ot türünde allelopatik etki tespit edilmiştir. Örneğin *Centaurea diffusa* (zerdali diken) yapraklarından salınan allelokimyasallar çavdar tohumlarının çimlenmesini %80'e varan oranda engellemektedir. Yine *Acroptilon repens* (kekre) yapraklarından salınan kimyasallar kışlık yulaf, çavdar ve yazlık buğdayın çimlenme gücünü zayıflatmaktadır. *Berberis vulgaris* (kadın tuzluğu) köklerinden salgılanan bir kimyasal fidan gelişimini engellemektedir. Diğer yandan *Elymus repens* (ayrık) hıyar, yonca, buğday, mısır, yulaf ve bezelyenin gelişmesini engellemektedir. *Ageratum conyzoides* (uyuz otu, keçi sakalı) tropik Amerika'ya özgü istilacı tahıllara çok zarar veren bir yabancı ottur. Bu bitkinin ekstraktları buğday, turp ve hardalın çimlenme ve gelişmesini engellemiştir. Bu engelleme *Ageratum*'un mono- ve seskuiterpenler, fenolik bileşikler ile birkaç flavanoidce zengin uçucu yağlarından kaynaklanmaktadır.

Yabancı otlar yalnızca kültür bitkilerini değil diğer bazı yabancı otların da gelişmesini olumsuz etkileyebilmektedir. Örneğin *Acroptilon repens* *Artemisia vulgaris* (pelin), *Bromus tectorum* (püsküllü brom) ve *Echinops* spp. (kirpi başı) tohumlarının çimlenmesini ve ortaya çıkan fidelerin de gelişimini olumsuz etkilemektedir. *Elymus repens* de bazı yabancı ot tohumlarının çimlenmesini engellemektedir.

Aşağıda kültür bitkilerine allelopatik etki gösteren bazı yabancı otlar görülmektedir.

Allelopati oluşumunu etkileyen faktörler

Bitkilerin yetiştirildikleri yerdeki stres faktörlerine bağlı olarak ürettikleri allelopatik kimyasallar ve miktarları farklılık göstermektedir.

a) Sıcaklık ve nem

Sıcaklık ve su stresi allelopati üretimini olumlu yönde etkilemektedir. Yüksek sıcaklık stresi altında allelokimyasalların etkileri artmaktadır. Düşük bir su stresi de çimlenme ve çim gelişiminin engelleyen ferulik asit sentezini artırmaktadır.

b) Işıklanma

Allelopatik kimyasal üretimi ultraviyole (kızılötesi) ışınlar tarafından teşvik edilmektedir. Örneğin *Cyperus rotundus* (topalak) ve *Seteria glauca* (bir tür darı) artıkları tarafından mısırın inhibisyonu fotosentetik foton flux yoğunluğu ve sıcaklık tarafından etkilenmektedir.

c) Besin maddeleri

Bitki besin maddesi stresi fenolik asit sentezini artırmaktadır. Örneğin arpa tarımında düşük azot (N) ve düşük potasyum (K) şartlarında *Schizachyrium scoparium* daha çok baskılanmıştır. Ancak benzer durum düşük fosfor (P) ile olmamıştır.

Kültür Potansiyeli

Bitkilerinin

Allelopatik

Günümüzde insanlarda sağlık ve çevre bilincinin gelişmesine paralel olarak herbisit kullanmadan ya da en az düzeyde kullanmak amacıyla allelopatik özellik taşıyan kültür bitkilerini kullanmak yönünde bir eğilim vardır. Günümüzdeki çalışmalar bu allelopatik ürünlerin bu özelliklerini daha da geliştirmek ve hangi şartlarda bu özelliklerini daha iyi ortaya çıkardıklarını belirlemektir. Bu konuyla çalışan araştırmacılar allelopatik kültür bitkilerini **“Kendi Herbisitini Yetiştir”** sloganı ile ön plana çıkartmaya çalışmaktadırlar. Putnam adlı araştırmacı da allelokimyasalları **“Doğanın Kendi Herbisitleri”** olarak tanımlamaktadır.

Allelopatik kültür bitkileri yabancı otlarla mücadele bakımından tek ürün olarak kullanıldıkları gibi örtü bitkisi ve ikili ya da daha çoklu rn Şeklinde de kullanılabilir. alışmalar küçük tohumlu yabancı ot ve kültür bitkilerinin allelokimyasallara karşı büyük tohumlulardan çok daha fazla hassas olduğunu göstermiştir. Küçük tohumlu bitkilerin kök uzunlukları daha fazla olmakta bu da daha fazla allelokimyasala maruz kalma anlamına gelmektedir.

Değişik Bitkilerdeki Allelokimyasallar ve Kullanımları

Bugüne kadar yalnızca birkaç ürünün allelopatik potansiyelinin gerek geleneksel yöntemlerle ve gerekse moleküler tekniklerle geliştirilmesine yönelik çalışma yapılmıştır. Şimdiye dek arpa, çeltik, sorgum, ayçiçeği, yulaf ve buğday allelopatik potansiyellerini artırmak için ele alınmıştır. Günümüzde en çok çalışılan ürünler buğdaygiller ve de özellikle de çeltik ve ekmeklik buğdaydır. Seleksiyona dayalı kantitatif karakterler için klasik ıslah zor olduğundan dolayı muhtemelen biyolojik denemelere dayalı çeşit belirleme çalışmaları markör bazlı genetik ıslah çalışmaları ile yer değiştirebilir. Günümüzde bir veya daha fazla yabancı ot türünü yüksek derecede baskılama yeteneğine sahip bazı çeltik ve ekmeklik buğday çeşitleri bulunmuştur. Sonuçlar allelopatik aktivitenin birçok gen tarafından kontrol edilen güçlü bir genetik temele sahip olduğunu göstermektedir.

a) Arpadaki Allelokimyasallar

Arpada yabancı ot baskılamada başarı doğrudan allelokimyasalların salınması ile birlikte rekabete de bağlıdır. Arpada fitotoksik metabolitler fenol bileşikleri ve alkaloidler olarak 2 şekilde karşımıza çıkmaktadırlar.

Fenolik asitler arpada bitki kalıntılarında ve kök salgılarında bulunmuştur. Arpa saman ve kök ekstraktlarında ferulic, p-coumaric, vanillic ve p-hydroxybenzoik asitler belirlenmiştir. Arpa kök salgılarında ise benzoik, caffeic, o-coumaric, trans-cinnamic ve genistic asitler saptanmıştır. Yüksek rekabet yeteneğine sahip çeşitlerde özellikle p-coumaric asit saptanmıştır. Arpa bitki kalıntıları ile kök salgılarında gramine ve hordenine adlı iki alkaloid tanımlanmıştır. Bundan başka gramine arpa yaprak yüzeylerinde ve yaprak ekstraktlarında da bulunmaktadır.

Gramine yabancı türlerde kültür çeşitlerine göre çok daha fazla salgılanmaktadır. Bazı arpa çeşitlerinde gramine saptanmamıştır. Gramine sürgünlerde köklere göre daha fazla bulunmakta, yapraklarda ise çok daha az bulunmaktadır. Yaprak yüzeyinde bulunan gramine ise genellikle yağışlarla yıkanıp toprağa karışmaktadır. Hordenin stres koşullarına bağlı olarak üretilmektedir. Gramine ve hordenine değişik yabancı otların gelişmesini engellemektedir. Bu allelokimyasallar canlı arpalarda allelopatide ana rol oynamaktadırlar.

b) avdardaki Allelokimyasallar

avdar malçlama sistemlerinde yeşil gübre ve örtü bitkisi olarak yabancı ot baskılanmasında standart herbisit uygulamalarına alternatiftir. avdar malçlama durumlarında yabancı otların baskılanmasında allelopatinin etkisi yabancı otların toplam kütlesinde %63'e varan azalma şeklinde olmuştur. avdarda allelopatik ajanlar olarak fitotoksik metabolitler fenolik asitler ve cyclic hydroxamic asitler olarak 2'ye ayrılır.

Köklerinden yüksek miktarda cyclic hydroxamic asitlerden DIBOA (2,4-dihidroxy, 2H-1,4-benzoxazin-3H (4H)-one) salgılayan bir çavdar çeşidi cyclic hydroxamic asit üretemeyen bir buğday çeşidi ile kıyaslandığında yabancı otların toplam kütlelerini %83, rekabet yeteneği oldukça yüksek olan arpaya göre de %76 oranında azaltmıştır. DIBOA ve onun ayrışma ürünü olan BOA (benzoxazolin-2H(3H)-one) yabancı ot çıkışı da güçlü bir şekilde baskılamaktadır. Her ne kadar DIBOA ve benzoxazolin-2(3H)-one (BOA) çavdar ekstraktlarında en etkili kimyasallar olarak tanımlansa da bunlar toplam fitotoksiteinin yalnızca %12'sini oluştururlar. Bu yüzden diğer kimyasallar da çavdarda allelopatide rol almaktadırlar. DIBOA yabancı otlara toksisitesi bakımından BOA'dan 7 kat daha toksik olarak bulunmuştur.

c) eltikdeki Allelokimyasallar

eltiklerde *Echinochloa crus-galli* (darıcan), *Heteranthera limosa* ve *Ammania auriculata*'ya karşı allelopati gösterilmiştir. Çeltikte allelokimyasallar olarak fenolik bileşikler, aromatik asitler, uzun zincirli hidrokarbonlar, yağ asitleri ve steroller bulunmaktadır. Son zamanlarda dört eltik varyetesinin saman ekstraktlarının darıcan tohumlarının çimlenmesine inhibitör etkisi bildirilmiştir. Bu aktivite p-hydroxybenzoic asit (Gin shun ve Juma eşitleri), p-coumaric asit (Kasawala mundara çeşiti) ve ferulic asit (Philippine 2 eşitleri)'lere atfedilmektedir.

Tricyclic diterpen momilactone, oryzalexin ve ineketon eltiğe has sekonder metabolitlerdir. Bunlar gelişme inhibitörleri olup aynı zamanda fitoaleksindirler. Momilactone B (3,20-epoxy-3 α -hydroxy-9 β -primara-7,15-dien-19,6 β -olide) *Amaranthus lividus*, *Digitaria sanguinalis* (atal otu) ve *Poa annua*'ya (tavşan bıyığı) karşı çok gcl bir inhibitör etki göstermiştir. Momilactone ve oryzalexin'lerin çeltikte gerçek allelokimyasal olup olmadıklarını gelecekteki araştırmalar gösterecektir. Çünkü bu kimyasallar allelopatik olmadığı bilinen çeşitlerden de izole edilmiştir.

d) Sorgumdaki Allelokimyasallar

Sorgum (*Sorghum bicolor*) ekiliş alanları bakımından dünyada 5. önemli tahıl bitkisidir. Sorgum Asya ve Afrika'da 300 milyondan daha fazla insanın temel gıdasıdır. Sorgum özellikle ABD'de fidanlıklarda, yonca ve sebze münavebelerinde yabancı otları baskılamak için yeşil gübre veya örtü bitkisi olarak kullanılmaktadır. Pek çok *Sorghum* türü sorgoleone (2-hydroxy-5-methoxy-3-[(Z,Z)-8',11',14'-penta-deca-triene]-p-benzoquinon) ve bunun fitotoksik analogları olan dhurrin, *p*-hydroxybenzoic asit ve *p*-hydroxybenzaldehyde'i de içeren değişik fitotoksinleri üretmeleri ile allelopatiktirler. Sorgumda fitotoksinin çoğundan sorumlu sorgoleone ve onun analogları kök tüy salgılarında % 80-90 oranında saptanmıştır.

Sorgoleone ve onun analogları güçlü bir fotosistem II inhibitörleridir; yani ATP üretimini ve solunumu engellemektedir, sorgoleone muhteşem bir hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) inhibitörüdür. Sorgoleone güçlü bir biyoherbisit olup hidrofobik denemelerde 10 µM kadar çok düşük bir konsantrasyonda bile geniş ve dar yapraklı yabancı otlar üzerinde engelleyici bir etki göstermiştir. Sorgoleone *Galium spurium*, *Amaranthus retroflexus*, *Rumex japonicus*, *Oenothera odorata* ve *Chenopodium album* gibi bitkilerin gelişimini olumsuz etkilemektedir.

e) Buğdaydaki Allelokimyasallar

Triticum aestivum'da fenolik asit ve benzoxazonidler allelopatik aktivite ile doğrudan ilişkili olarak bulunmuştur. Buğdaylarda ρ -hydroxybenzoic, *trans*- ρ -coumaric, *cis*- ρ -coumaric, syringic, vanillic, *trans*- ve *cis*-ferulic asitleri ve 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one gibi değişik fenolik asitler belirlenmiştir. Araştırmalar allelopatik buğday çeşitlerinde bunların yüksek miktarlarda bulunduğunu göstermişlerdir. Bir çalışmada 5 buğday çeşidinin kök salgılarının *B. japonicus* ve *C. album* kök gelişimini baskıladığı ortaya çıkarılmıştır.

f) Lahanagillerdeki Allelokimyasallar

Yabani ve kültür *Brassica* türleri ve onların akrabaları yabancı otları baskılamaları ile allelopatiktirler. *Raphanus sativus* (turp), *Brassica hirta* (hardal) yabancı ot baskılamaya iyi uyum sağlamış örtü bitkileridir. *Brassica rapa*'nın (yem şalgamı) allelopatik potansiyeli isothiocyanates'lar (ITC) ile ilişkilidir. ITC özellikle toprakta buhar yoluyla tohum çimlenmesini engellemektedir. Kolza köklerinde hardal yağı glikozitleri (çoğunlukla β -phenylmustard yağı) bulunmuştur. İçerdiği bu allelokimyasaldan dolayı kolza *Agropyron repens*'in (ayrık) kontrolunda kullanılmıştır.

g) Yoncadaki Allelokimyasallar

Yonca köklerinde bulunan saponinler pek çok glikozitten oluşan bir karışımdır. Yapılan araştırmalar izole edilen bu saponinlerin *Bromus secalimus*, *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus* (horoz ibiği), *Taraxacum vulgare* (aslan dişi) ve *Sesbania exaltata*'nın çimlenme ve gelişmesini baskılamıştır. Yoncanın suda eriyebilir kimyasalları (coumarin, *trans*-cinnamic asit, o-coumaric asit ve hydro-cinamic asit) aynı zamanda kendine (ototoksite) ve diğer türlere toksiktir.

Bazı kültür bitkileri de allelokimyasalları ile ototoksite (kendine toksik) göstermektedirler. Bunlara örnek olarak çeltik, buğday, mısır, şeker kamışı, yonca, hıyar, havuç, rezene, karpuz, patlıcan, domates ve bezelyedir.

Aşağıda tablolarında önemli allelokimyasalların bazı özellikleri ve allelopatik kültür bitkilerinin allelokimyasal içerikleri verilmiştir.

Yabancı ot idaresinde allelopati değişik şekillerde kullanılmaktadır:

- a) Allelopatik örtü bitkisi olarak
- b) Allelopatik ekim nöbeti bitkisi olarak
- c) Allelopatik birlikte yetiştirilen bitkiler olarak
- d) Allelopatik bitkilerden çıkartılan toksik ekstraktlar olarak
- d) Doğal malç olarak
- e) Doğal herbisitler olarak
- f) Allelopatik ürün çeşitlerinin kullanımı şeklinde.