

BİTKİ BÜYÜME ENGELLEYİCİ VE GECİKTİRİCİLERİNİN ETKİ MEKANİZMALARI

Lami KAYNAK¹

Kezban MEMİŞ¹

The Mechanism of Action of the Plant Growth Inhibitors and Retardants

Özet: Bugün bitki büyüme düzenleyicileri' (BBD)'nin birçoğunun etki mekanizmasının bilinmemesi nedeniyle bitkideki rolleri tam olarak anlaşılmış değildir.

Araştırmacılar son yıllarda bulunan farklı tipteki BBD'ni dikkate alarak etki şeklinde daha detaylı bir görüş ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar etkinin protein sentezi reaksiyonlarıyla ilişkili olduğunu göstermiştir. Protein sentezi nukleustaki DNA'dan oluşturulan RNA oluşumuyla ilişkilidir. Bu çalışmalar, gen faaliyeti ve enzim sentezi faaliyetlerine dayanarak hücre biyolojisi düzeyinde hormon etkilerini açıklamaktadır.

Bu derlemede, büyüme engelleyici ve geciktiricilerinin etki şekilleri günümüze kadar yapılan çalışmalar ışığında açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Büyüme engelleyicileri, Büyüme geciktiricileri, Etki mekanizmaları.

Abstract: Since the mechanism of the plant growth regulators (PGR) is unknown, their roles have not been understood in plant.

By taking into consideration the different types of the PGR, recently found, researchers try to put forward a detailed explanation of their mechanism. Experiments carried out by different researchers showed that the effect was related to protein synthesis reactions. As it is known, protein synthesis is related with RNA formation from DNA present in nucleus. These researches explained that hormon influence was based on gen activities and enzyme synthesis activities at cell biology level.

In this review, mechanism of the plant growth inhibitors and retardants was tried to be explained in the shed of the experiments conducted so far.

Key Words: Growth inhibitors, Growth retardants, Mecanism of action.

1. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, ANTALYA.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasına karşın, gıda açığının kapatılamaması nedeniyle, ürün miktarını arttırabilmek için çareler aranmaya başlanmıştır. Böylece insanlar, üretimi ve verimi arttırmak için mevcut doğal kaynaklardan maksimum düzeyde faydalanmaya çalışmaktadırlar. Bu amaçla hormon etkisindeki çeşitli kimyasal maddeler tarımda verimin düzenlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Genel bir kavram olarak tarımda kullanılan bu hormon veya hormon etkili kimyasal maddelere " bitki büyümesini düzenleyici maddeler " (BBD) adı verilmektedir. Bitki bünyesinde doğal olarak bulunan hormonlar; Oksinler (IAA), Sitokininler (Kinetin), Gibberellinler (GA), Engelleyiciler (ABA) ve etilen olmak üzere 5 grup altında toplanırlar (12).

Büyüme ve gelişme birçok aşamadan oluşan sayısız biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşur. Bu nedenle büyüme ve gelişmeyi tek bir nedenle açıklamak olanaksızdır. Büyümenin değişik dönemlerinde oluşan olaylara birtakım özel maddeler karışmaktadır.

Bitkinin tüm yaşam olaylarında bitkisel hormonların bir rolü vardır. Büyüme ve gelişmenin her aşamasında özel hormonlar belli roller oynar. Ayrıca hormonların her olayda etkin olan optimal ve minimal düzeyleri vardır. Bu düzeylere göre oynanan rol çok tipik ve karakteristiktir.

Bu durum anlaşıldıktan sonra BBD'nin büyüme ve gelişme ile ilgili birçok fizyolojik olayda doğrudan ve dolaylı etkili

oldukları kabul edilmiştir. Doğal olarak etkinlik, büyüme hormonlarının değişik konsantrasyonlarına göre farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda hormonlar bitkinin içinde tüm olarak değil her bir organda ayrı kontrol mekanizmasına sahiptirler.

1. BÜYÜME ENGELLEYİCİ VE GECİKTİRİCİLERİNİN ETKİ MEKANİZMALARI

Gün geçtikçe sayıları artan ve kullanma alanları genişleyen BBD' den uygun amaçla yararlanabilmek için özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Bugün BBD'nin birçoğunun etki mekanizmasının bilinmemesi nedeniyle, bitkideki rolleri tam olarak anlaşılmış değildir. Etki mekanizmaları anlaşıldığında bitkideki rolleri daha iyi anlaşılacak, ayrıca etkin uygulama yöntemlerini bulmada yararlı olacaktır.

Büyüme düzenleyiciler içerisinde engelleyicilerin de katılmaları 1940'lı yıllarda olduğu halde bunların bitki içerisindeki fizyolojik rollerinin anlaşılması çok yavaş öğrenilmektedir. Bunların rolleri özellikle oksin, gibberellin ve sitokininlerle karşılaştırılarak anlaşılmaya çalışılmaktadır (4).

1.1. ABA' in Etki Mekanizması

Doğal bitki büyüme düzenleyicisi olan Absisik Asit (ABA), diğer hormonlarla birlikte de bütün bitki kısımlarında organ

gelişmesinin düzenlenmesinde önemli rol oynar.

Bitkilerde doğal olarak engelleyici etki gösteren ABA ile ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen, bitkide ne şekilde etkili olduğu yolundaki bazı sorular henüz tam olarak yanıtlanamamıştır. Büyüme engelleyicisi olarak bilinen ABA'ın salatalıklarda hipokotili ve bezelye kök uçlarını uzunluğuna büyümeye teşvik ettiği görülmektedir (3).

Tomurcuk dinlenmesi (dormansi) ile ABA'ın düzeyleri arasında da her zaman ilişki bulunamamıştır. ABA'ın senesens (yaşlanma) ve absisyon (döküm) olaylarını hızlandırdığı görüşü yaygın olduğu halde, bu görüşe karşıt birçok veri bulunmaktadır (1).

ABA'ın etki şeklinin fizyolojisi bilindiğinde, bitki gelişmesindeki gerçek rolü daha iyi anlaşılacaktır.

ABA'ın Diğer Hormonlarla Etkileşimleri:

ABA'ın diğer hormonlarla birbirlerini etkilediklerine dair birçok kanıt vardır. Örneğin; oksinin yulaf koleoptilinde teşvik ettiği büyüme, ABA ilavesiyle birkaç dakika sonra engellenebilmektedir. Yine sitokininler tarafından teşvik edilen stoma açılması ABA uygulaması sonucu engellenir. Ayrıca ABA birçok olayda gibberellinlerin karşıtı etki yapmaktadır. Bu interaksyon basit bir moleküler rekabet olmayıp, ABA'ın GA'ın düzenlediği transkripsiyon (kopyalama) üzerine etki ettiği ortaya çıkmıştır (13).

Yapılan çalışmalarda ABA, yapraklar yokken pamuk petiollerinde absisyonu uyarmakta, yaprakların varlığında ise absisyon oluşmamaktadır. Ayrıca tomurcuk dinlenmesiyle içsel ABA miktarı arasında tam bir ilişki yoktur. Bu olaylarda ABA'nın miktarından çok, diğer hormonlarla (örneğin; IAA veya GA₃) interaksiyonu önemli olmaktadır. Belki de engelleyici - uyarıcı dengesi veya bunların arasındaki kritik bir başlangıç noktası önemlidir.

Arpa danesindeki aleuron hücrelerinde, gibberellinin teşvik ettiği birçok enzimle translasyon (yer değiştirme) ve transkripsiyon sonucu α -amilazda önemli yükselmeler meydana gelir. Aleuron dokularına ABA uygulandığında diğer birçok enzim gibi α -amilaz sentezi azalır. Bu etki görünüşte transkripsiyonel aşamalar üzerine doğrudan pozitif bir etkidir. ABA, aleuron hücrelerinde yeni polipeptitlerin sentezindeki artışı teşvik eder ve bunların bazıları, α -amilaz enzimine benzer enzimlerin üretimine sebep olan transkripsiyona bastırıcı etki yapabilir. Bu sonuca göre ABA'ın etkisi; uyarımı sağlayan aşamaların tümüyle ortadan kaldırılmasından çok inhibisyona sebep olan aşamaları değiştirmek suretiyle iş yapan pozitif bir etkidir. Buna ek olarak aleuron katmanındaki olaylar ABA ve GA'ın tek başına düzenleyiciliklerinden çok bu iki hormonun etkileri arasındaki dengeyle düzenlenir (11).

ABA, Stres ve Stoma Kapanması:

ABA'in fizyolojisindeki en ilginç sonuçlardan biri de çevresel stres (sıkıntı) lerde rol oynamasıdır. ABA ; su, tuz ve sıcaklıklardaki ekstrem durumlar oluştuğunda büyümeyi düzenlemeye etki yapar. ABA'in stres koşullarında belli bir "**stres geni**" nin aktivasyonunu sağlayarak etkili olduğu sanılmaktadır (15).

ABA'nın kurak koşullarda bitkilerde stomaları kapatıp su kaybını önlediği görüşü, ABA'in bitkilerde terlemeyi azaltmasının belirlenmesiyle destek bulmuştur.

ABA'in Yönettiği Stoma Kapanma Mekanizması:

Stoma açıklığı bekçi hücrelerinin turgor basıncının bir sonucudur. Stoma turgor basıncı; bekçi hücreleri plazmalemmasından iyon akım oranı ve bekçi hücreleri içerisindeki ozmotik potansiyelle değiştirilebilir. ABA, iyon akım oranını ve hücreler arasındaki eriyebilir maddelerin miktarını değiştirerek stoma açıklığının değişmesinde rol oynar. Na^+ ve K^+ akımı aynı zamanda su stresi esnasında turgor basıncının korunmasında etkili olan prolin birikimiyle ilişkilidir. Yani, ABA iyon akım oranını ve hücreler arası eriyebilir maddelerin düzeyini değiştirerek stoma açıklığının değişmesini uyarmaktadır. Ancak bu basit modele uymayan birçok görüş vardır. Her zaman için ABA düzeyi ile stoma açıklığı arasında doğrudan bir ilişki bulunmamıştır. Böylece stoma hareketleri üzerine başka faktörlerin de

etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin stoma açıklığının sitokininler tarafından uyarılması; "Belki de su stresi döneminden sonra stomaların tekrar açılması, sitokinin ABA'e oranı ile düzenlenmektedir" görüşünü ortaya getirmektedir (9).

ABA'in Etki Mekanizmasıyla İlgili Diğer Görüşler

Absisik asit önemli bir yaşlanma uyarıcısıdır. Bitkiye ABA uygulamasının yaşlanmayı teşvik ettiği birçok bitkide gösterilmiştir. ABA genelde klorofil yıkımını teşvik ederken, klorofil biyosentezini engellemektedir. Genellikle ABA protein yıkımını artırır ve toplam protein sentezini engeller. Ancak proteinlerin katabolizması ile ilgili enzimlerin, sentez yada aktivitelerini artırabilir. Yalnızca protein sentezinin engellemesi, bir yaşlanma nedeni değildir. Dolaylı olarak ABA'in daha başka belirgin etkilerinin olması gerekir. Ayrıca ABA nükleik asit sentezini de engeller. Genellikle RNA'ya DNA'dan daha fazla ket vurur. ABA aynı zamanda nükleik asitleri yıkan enzimlerin düzeylerini de yükseltir. RNA yıkılmasını artırır ve nükleik asit sentezini azaltır. Buna ek olarak ABA daha birçok yıkıcı olayları, örneğin asit-fosfataz enzimini de uyarır (6).

Birçok araştırma ABA'in hücre zar yapısını da değiştirdiğini göstermektedir. Özellikle ABA hücresel acyl-lipidlerin yıkımına neden olmaktadır. Diğer taraftan ABA genel olarak zarların geçirgenliğini de etkilemektedir. Böylelikle yaşlanma

olayında etkin olmaktadır (Şekil 1). Bu modelde; meyve olgunluğu için temel adım olan hücre duvarı hidrolizi, yüksek selüloz aktivitesine bağlıdır. Yüksek selüloz aktivitesi, ABA'nın mRNA üzerine etkisiyle meydana gelir. Söz konusu modelde ABA'nın etkili olduğu selüloz üreten genin iletilmesi, kopyalanması, mRNA üretilmesi ve bunların sonucunda da protein sentezlenmesi meydana gelmektedir. Daha sonra üretilen selüloz hücre duvarına geçmektedir.

ABA'nın Bitki ve Hücreler İçerisindeki Dağılımı

Hücre içerisindeki ABA'nın dağılımı hücrenin farklı bölümlerinin oransal pH değerlerine bağlı olarak değişmektedir. ABA düzeyinin en yüksek olduğu yerde pH en yüksek olmaktadır. Sonuç olarak sitoplazmadaki ABA seviyesi (pH=6.5) vakuollerin (pH=4.5) 100 katı olurken, kloroplastlardaki (pH=7.5) ise sitoplazmadaki miktarın 10 katı olarak bulunmuştur. ABA yaprakları oluşturan hücre kloroplastlarında birikir ve gerekli oluncaya dek depolanır. ABA hareketinin hücreler arası ve hücreler içi pH değerlerinden de etkilenebileceği belirtilmektedir. Hücreler arası ve hücreler içi pH arasındaki farklılıkların artması ABA'nın akışını arttırmaktadır (3).

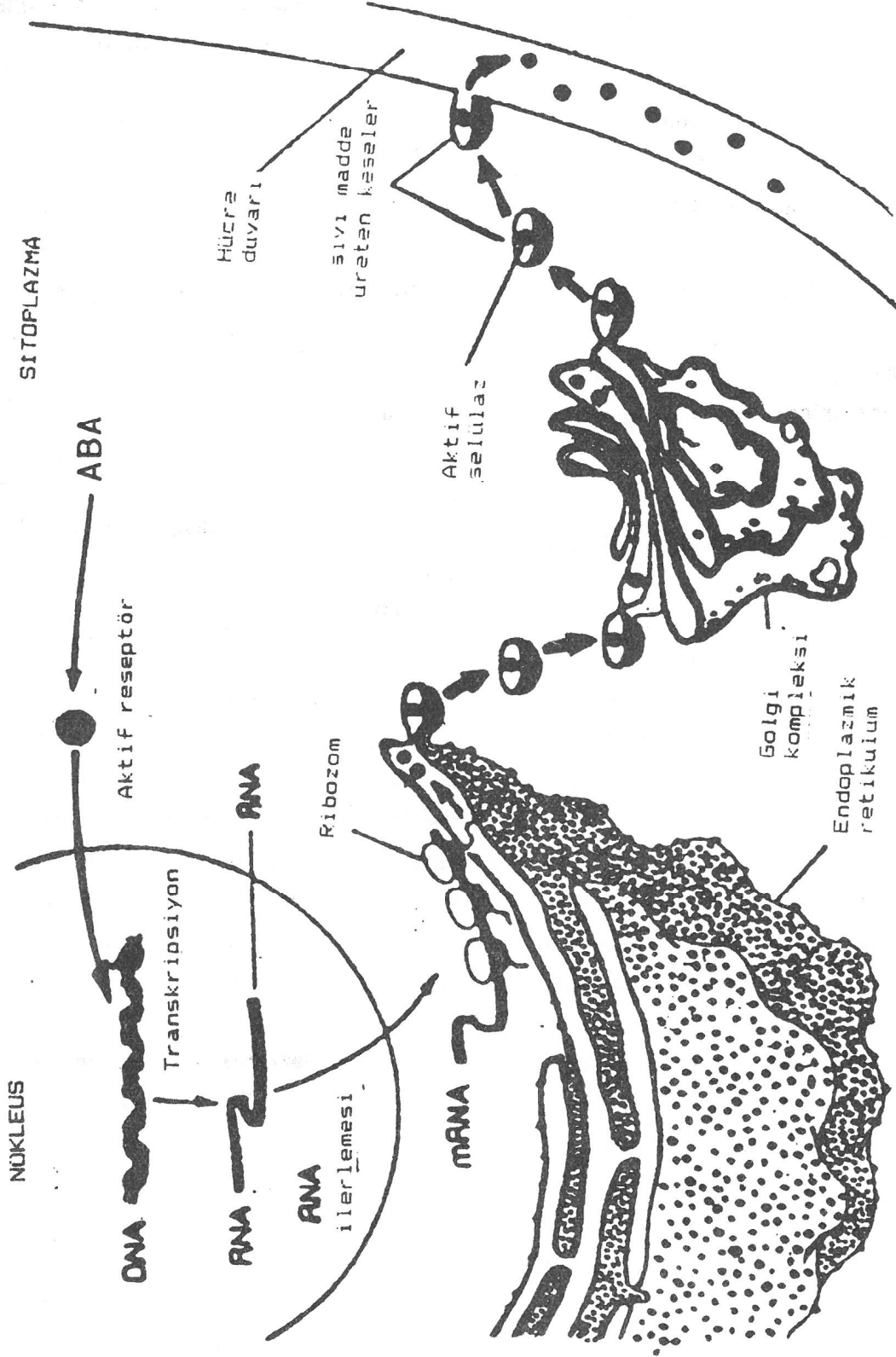
1.2. Fenoller ve Fenolik Flavanoidlerin Etki Mekanizmaları

Bu organik maddeler, bitkide geniş oranda bulunan inhibitörlerdir ve fizyolojik olarak önemlidirler. Fenolik bileşikler büyüme üzerine engelleyici etkilerini genellikle IAA-oksidad'ın artışı sağlayarak gerçekleştirirler. Ancak oksidatif fosforilasyon olayına karışması gibi başka etkileri de mümkündür. Ancak kafeik asit gibi difenoller IAA-oksidad inhibitörleri gibi görev yaparak büyümeyi uyarırlar. Polihidroksi fenolik bileşikler ise düşük konsantrasyonlarda büyümeyi teşvik ederken yüksek konsantrasyonlarda inhibitör etkisi göstermektedirler.

Yapılan araştırmalarda monofenollerin hem gövde hem kök büyümesini engelledikleri ve difenollerin bu olayları teşvik ettikleri görülmüştür. Fenollerin düzenleyici etkileri yalnızca IAA oksidasyonu üzerine değildir. Fenolik maddelerin etkileri hormonal sistemden çok metabolik sistem üzerindedir (8).

1.3. Bazı Sentetik Engelleyici ve Geciktiricilerin Etki Mekanizmaları

Bitkilerde zararlanma oluşturmaksızın gövde uzamasını geciktiren, yapraklardaki yeşil rengi arttıran ve çiçeklenmeye dolaylı etkili olan engelleyici ve geciktiriciler, bitki yüksekliğini, sürgünlerde hücre bölünmesini ve uzamasını yavaşlatarak gövde bükülmelerine ve yaprak aborsiyonuna neden olmadan denetlerler. Uygulama



Sekil 1. Avakado meyvesinin olgunlaşması esnasında ABA'nin tesvik ettiği selülaz sentezi için varsayıma dayalı modelin seması (7).

yapılan bitkilerde büyüme tümüyle durdurulmamaktadır.

Bitkide uzama denetim altına alınca; saksı bitkilerinde derli toplu bitkiler elde edilir. Arazide de bitki büyümesi düzenlenirken yapılan kültürel işlemler kolaylaşır. Hatta bunlar sayesinde meyve miktar ve kalitesine etki edilebilir. Özellikle, örneğin dere yataklarında birçok bitkinin büyümesi denetim altına alınabilir.

Büyüme geciktiricilerin etki mekanizmaları hala belirsizdir. Bu bileşiklerin bitki üzerine yaptıkları etkiler gibberellinlerin tersidir. Geciktiriciler anti gibberellin etkisindedirler. Yine geciktiricilerin oksin ve sitokininlerin etkilerini de tersine çevirdikleri bilinmektedir.

Büyüme geciktiricilerin etkileri belkide bitki metabolizması için gerekli olan hidrolik enzimleri engellemeleri sonucunda olmaktadır. Örneğin SADH (Daminozid), tryptamin'i IAA'e dönüştüren "**diamin oksidaz**" enzimini engelleyerek IAA sentezinin önüne geçmektedir.

Geciktiricilerin anti gibberellin etkisinde olduğu belirtilmiştir. Gibberellinler mevalonik asitten sentezlendikleri için geciktiriciler, kauren oksidazdan katalize edilen kauren, kaurenol ve kaurenal, mikrosomal oksidasyonunu engellerler. Yine yapılan çalışmalarda; mevalonik asitten kauren oluşumu ve kaurenolik asitten GA_{12} 'ye kadar olan biyosentetik oluşum yolu, triazolardan etkilenmektedir. Bir başka çalışmada; CCC ve Amo-1618 uygulamalarıyla gibberellin sentezinin durduğu gözlenmiştir. Yine TIBA'nın bazı uygulama alanlarında hücrenin plazma-

lemma'sında oksinle rekabet ettiği bilinmektedir. SADH'in GA_3 ve oksin biyosentezi üzerine engelleyici etkisi olduğu halde, oksin üzerine etkileri tam olarak açıklanmamıştır. Yine Ansimidol, gibberellik asit biyosentezinin ilk adımı olan oksidasyon ve ent-kaurenin ent-kaurenole dönüşümünü engellemektedir. İlk büyüme engelleyicilerden biri olan Maleik Hidrazit (MH)'in etkisi incelendiğinde; hücre bölünmesini engellediği ancak hücrenin büyümesi üzerine etkisiz olduğu belirlenmiştir. O halde MH ya sitokinin oluşumunu durdurmakta ve kullanımını engellemekte ya da doğrudan doğruya nötralize etmektedir. MH'in moleküler düzeyde etki mekanizması konusundaki teorilerde zıtlıklar vardır.

Morfaktinlerin etki metabolizması ise henüz açıklanmamıştır. Bu bileşikler etkilerini bitkilerdeki oksin metabolizmasını etkileyerek yaparlar. Böylece hormonal kontrolde değişikliklere neden olurlar. Morfaktinler, gibberellinlerin normal sentezlerine ve yarattıkları etkilere karışmazlar. Morfaktinlerin genetik düzeydeki etkileri ise bilinmemektedir (8).

Büyüme geciktiricilerinin tipik hedefi kauren oksidazdır. Dikotiledon ve monokotiledonlar üzerine etkili olan CGA-163'935, kauren oksidaza pek fazla etki etmemekte, daha çok aktif gibberellinlerin miktarını azaltmaktadır. İn vitro koşullarda yapılan çalışmalarda CGA'nın 3β -hidroksilazı engellediği gözlenmiştir. 3β -hidroksilaz inaktif gibberellinlerin aktif gibberellinlere dönüşümünü engeller (5).

Yine bir bitki büyüme düzenleyicisi olarak da kullanılan "prohexadione calcium" enzimler üzerine etki ederek gibberellin biyosentezini engellemektedir. Gibberellinlerin 3 β -hidroksilasyon aşamasında etkili olmaktadır (10).

Son yıllarda bitki büyüme engelleyici ve geciktiricilerinin karışımları da bitki büyümesinin düzenlenmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, AC-4447; CCC, choline chloride + imazaquin karışımı bir bitki büyüme düzenleyicisidir. Burada chlormequat chloride (CCC) gibberellik asit sentezinin inhibitörü olup, choline chloride chlormequat chloride'nin etkisini artırıcı, imazaquin ise valine, leucine ve isoleucine'nin biyosentetik oluşum yolunda ilk enzim olan acetohydroxyacid synthase'in inhibitörüdür (2).

1.3.1. Oksin Benzeri Engelleyicilerin Etki Mekanizmaları

2,4-D'nin bitkide doğal olarak ortaya çıkan oksinlerin konsantrasyonu üzerine etkileri vardır. Floem taşınımı, absorpsiyon ve fotosentez gibi birçok bitki fonksiyonunda bozukluklara neden olurlar. 2,4-D uygulamaları sonucunda hücre uzaması azalır, hücreler genişliğine büyümelerini sürdürür ve aynı zamanda kök uzaması da engellenir. Örneğin yeterince gelişmemiş sitoplazmanın gelişmiş sitoplazmaya dönüşmesini engeller.

Biyokimyasal düzeyde yapılan çalışmaların gösterdiğine göre, 2,4-D; RNA düzeyini yükselterek, fazladan ve olağan dışı büyümelere neden olmaktadır. 2,4-D,

oksin reseptörleriyle etkileşir. Reseptör nükleus içerisine taşınır. Daha sonra RNA polimerazın özelliğini değiştirir. Böylece enzim farklı genomları kopya eder.

Diğer klorofenoksi bileşikler etki mekanizmaları açısından 2,4-D ile aynıdır. Aralarındaki farklılığa, bitki içerisinde varlıklarının devamı ve değişkenlikleri neden olur.

Uygulama sonucu bitkide oluşan kimyasal değişikliklere baktığımızda, 2,4-D uygulamasından sonra hücre bölünmesinin hızlanması, solunumu artırır. Solunumun artışıyla ilişkili olarak şeker tüketimi ve nişasta birikimlerinde azalma hızlanmış ve hidrolize olabilen polisakkaritler azalmıştır. Aynı zamanda 2,4-D ile uygulama yapılan bitki gövdelerinde aminoasit ve protein yüzdesinin arttığı gözlenmiştir. Bu da karbonhidratların birçoğunun protein sentezinde kullanıldığını göstermektedir. Karbonhidratlardaki azalmayla fosforilaz, ayrıca α ve β -amilaz enzimlerinin aktivitesi de azalmaktadır.

1.4. Bitki Büyüme Engelleyici ve Geciktiricilerinin Etki Mekanizmalarıyla İlgili Diğer Görüşler

Araştırmacılar son yıllarda bulunan farklı tipteki büyüme düzenleyici maddeleri dikkate alarak, etki şeklinde daha detaylı bir görüş ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar etki şeklinin protein sentezi reaksiyonlarıyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Hormon uygulandıktan sonra protein sentezinin oranı ve yapısındaki

değişiklikler hormonların protein sentezini kontrol ederek gelişmeyi düzenlediği fikrini doğurmuş, belirli proteinlerin sentezlenmesi gelişme ve hormon aktiviteleriyle ilişkili bulunmuştur.

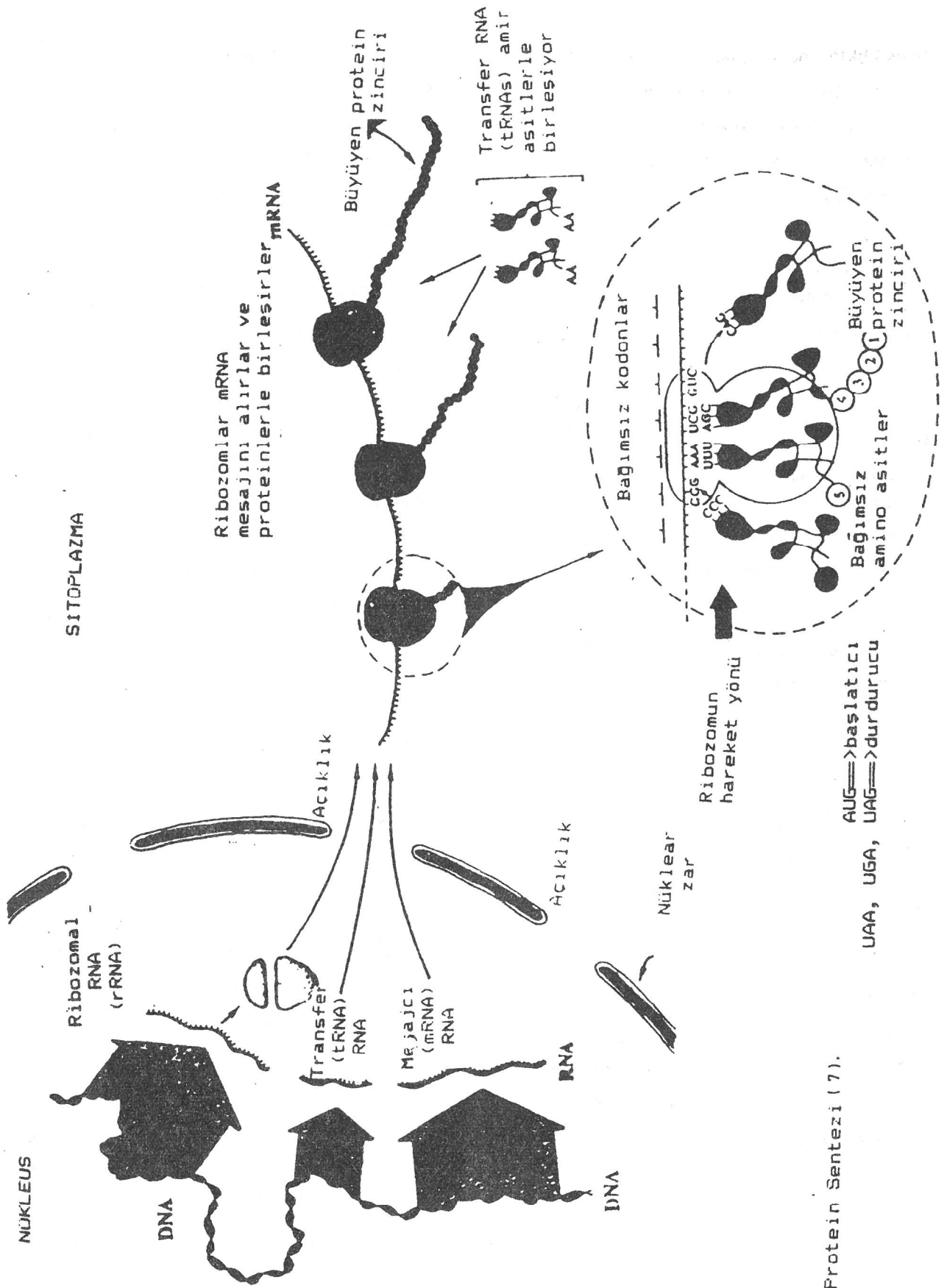
1.4.1. Bitki Büyüme Engelleyici ve Geciktiricilerinin Protein ve Enzim Senteziyle İlişkileri

Proteinler protoplazma için gerekli bileşiklerdir; protoplazmanın yapısında ve metabolizmasında (enzimler) anahtar rol oynarlar. Protein miktarındaki artış en temel büyüme göstergesidir ve yaşayan bir canlının farklılaşması; onun doku, hücre ve organlarının protein içerikleriyle yakından ilişkilidir. Bu durumda yaşayan canlıların gelişiminde protein sentezinin ayarlanması temel sorundur. Bitkilerde içsel ve dışsal bir çok etkenin bu denetimde etkili olduğu bilinmektedir. Protein metabolizmasını etkileyen içsel faktörler tarafından etkilenen hormonlar, büyük çoğunlukla protein sentezinin kontrolüyle ilişkilidir (Şekil 2). Bu şekilde öncelikle ilgili protein şifresi DNA'dan mRNA'ya aktarılır. Yapılacak protein şifresini alan mRNA çekirdek zarındaki porlardan sitoplazmaya geçer ve ribozomun küçük alt birimine yapışır. Daha sonra iki ribozom birleşerek aktifleşir. Bu şekilde oluşan ribozom zincirine poliribozom denir. mRNA bir ucuyla ribozoma yerleşince sitoplazmada bulunan tRNA'lar, amino asitleri kendilerine uygun olarak bağlayarak aktifleşirler. Kendi aminoasitlerini bağlayan tRNA'lar, mRNA şifre sırasına göre ribozoma gelirler ve mRNA

ile tRNA eşleşir. Bütün kodonları okuyan mRNA başlangıç ucundan tekrar yeni bir protein molekülünün sentezi için ribozoma girer.

Birçok çalışmada hormonların büyüme ve farklılaşma üzerine etkileri protein senteziyle gösterilmiştir. Kesilmiş bitki dokusunda oksin tarafından sağlanan genişleme; protein ve RNA sentezini baskı altına alan engelleyicilerle yavaşlatılır. Aminoasit analogları inhibitör olarak kullanıldığı zaman bunların inhibitör etkileri, eklenen aminoasitlerin yerini tutan bileşikler tarafından önlenir. Örneğin fenilalanin, florofenilalanin tarafından oluşturulan inhibitör etkisini engeller. Bu durum inhibitör etkisinin toksik değil fizyolojik bir olay olduğunu gösterir (14).

Arpa tanelerinin endospermlerine gibberellik asit uygulanması sonucu α -amilaz oluşur. Arpa alevron hücrelerinde gibberellinin teşvik ettiği birçok enzimle transkripsiyon ve transkripsiyon sonucu α -amilazda önemli yükselmeler meydana gelir. ABA, α -amilaz inhibitörü olarak bilinir. Aleuron dokularına ABA uygulandığında diğer birçok enzim gibi α -amilaz sentezi azalır. Arpa aleuron tabakası içindeki olaylar ABA ve GA'in tek başına düzenleyiciliklerinden çok bu iki hormonun etkileri arasındaki dengeyle düzenlenir. Arpa aleuron sisteminde gibberellinlerin teşvik ettiği α -amilaz sentezinin önlenmesini ABA'in, özellikle DNA'ya bağlı RNA sentezini inhibe ederek sağladığı bilinmektedir (4).



Sekil 2. Protein Sentezi (7).

Bazı Sentetik Büyüme Engelleyici ve Geciktiricilerinin Kimyasal Adları:

SADH = Daminozit (Succinic acid-2,2-dimethylhydrazide).

CCC = Chlormequat chloride (2-Chloroethyl trimethyl ammonium chloride).

Phosfon-D = (2,4-Dichlorobenzyltributyl-phosphonium chloride).

Amo-1618 = Ammonium (5-hydroxycarvacryl) trimethyl chloride piperidine carboxylate.

MH = Maleic hydrazide (1.2-dihydro-3,6-pyridazinedione).

2,4-D = 2,4-dichlorophenoxyacetic acid.

TIBA = Triiodobenzoic acid.

CGA 163'935 = Acylcyclohexanedione.

AC 4447 = Chlormequat chloride + choline chloride + imazaquin.

SONUÇ:

Büyüme düzenleyiciler içerisine engelleyicilerin de katılmaları 1940'lı yıllarda olduğu halde, bunların bitki içerisindeki fizyolojik rolleri çok yavaş öğrenilmektedir. Bunların işlevleri özellikle oksin, gibberellin ve sitokininlerle karşılaştırılarak anlaşılmaya çalışılmaktadır.

Araştırmacılar son yıllarda bulunan farklı yapıdaki BBD' ni dikkate alarak, etki şeklinde daha detaylı bir görüş ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan

incelemeler, etkinin protein sentezi reaksiyonlarıyla ilişkili olduğunu göstermiştir. Protein sentezi nükleustaki DNA'dan oluşturulan RNA oluşumuyla ilişkilidir. Bu çalışmalar temel hücre biyolojisi düzeyinde, gen aktivitesi ve enzim sentezi faaliyetlerine dayanarak, BBD'nin etkilerini açıklamaktadır.

Henüz büyüme engelleyici ve geciktiricilerinin etki şekillerine ilişkin bilgilerimiz eksiktir. Bilinen gerçek, büyüme engelleyici ve geciktiricilerinin, nükleik asit ve protein metabolizmasını etkileyerek temel fonksiyonları yerine getirdikleridir.

Karanlık noktaların aydınlatılması ve konunun tam olarak açıklanabilmesi için yeni çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. ADDICOTT F.T., Abscission and Plant Regulators. Plant Regulator in Agriculture. Michigan State Colloge. John Willey & Sons, Inc., New York, Chapman & Hall, Limited, London, 99-105, 1968.

2. BLOUET A., FABERT D.P., ARISSIAN M., GUCKERT A., Role of Imazaquin in AC4447: Effect on Root and Flag Leaves of Winter Wheat. Brighton Crop Protection Conference. Brighton, England, 3, 973-986, 1991.

3. BROCK T.G., KAUFMAN P.B., Growth Regulators: An Account of Hormones and Growth Regulation. Plant Physiology Cornell University. Ithaca, New York, 279 -288. 1991.

4. DAVIES P.J., Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development. Cornell Univ., Ithaca, New York, 124-530, 1987.
5. HENDERSON E.J.C., MAURER W., CORNES D.W., RYAN P.J., Beneficial Effects of the Plant Growth Regulator CGA 163'935 in Oilseed Rape Under UK Conditions. Brighton Crop Protection Conference, Brighton, England, 1, 203-211, 1991.
6. KALDEWEY H., VARDAR Y., Hormonal Regulation in Plant Growth and Development. Proceedings of the Advanced Study Institute, Izmir, Turkey, 1971.
7. KAYS S.J., Postharvest Physiology of Perishable Plant Products, Van Nostrand Reinhold, New York, 532p., 1991.
8. LEOPOLD A.C., KRIEDEMANN P.E., Plant Growth and Development. Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1975.
9. MANSFIELD T.A., Hormones as Regulators of Water Balance: Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development. Cornell Univ., Ithaca, New York, 411-417, 1987.
10. MIYAZAWA T., YANAGISAWA K., SHIGEMATSU S., MOTOJIMA K., Prohexadione - Calcium, a New Plant Growth Regulator for Cereals and Ornamental Plants. Brighton Crop Protection Conference. Brighton, England, 3, 967-972, 1991.
11. MOHR H., SCHOPFER P., Plant Physiology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany, 278-398, 1995.
12. NICKELL L.G., Controlling Biological Behavior of Plant with Synthetic Plant Growth Regulating Chemicals. Plant Growth Substances. Beltsville Agricultural Research Center. Beltsville, England, 263-277, 1973.
13. PILET P.E., ABA Effects on Growth in Relation to Auxin, RNA and Ultrastructure. Hormonal Regulation in Plant Growth and Development. Proc. Adv. Study Inst., Izmir, Turkey, 297-315, 1971.
14. SZWEYKOWSKA A.M., Hormonal Control of Protein Synthesis in Plants. Hormonal Regulation of Plant Growth and Development. Martinus Nijhoff Publishers, Boston, 1-31, 1987.
15. ZEEVAART J.A.D., ROCK C.D., FANTAUZZO F., HEATH T.G., GAGE D.A., Metabolism of ABA and Its Physiological Implications. Environmental Plant Biology. Institute of Environmental and Biological Sciences, Division of Biological Sciences, University of Lancaster, UK, 345-353, 1992.