

# **BITKİ BESİN MADDELERİ İLE BAZI BITKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİLERİ (HORMONLAR) ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

Filiz ÖKTÜREN                      Sahriye SÖNMEZ  
Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü /ANTALYA

## **ÖZET**

Hormonlar, bitkilerin çevresel ve beslenmeden kaynaklanan olumsuz koşullarda hayatlarını devam ettirebilmelerini sağlayan önemli fonksiyonlara sahiptirler. Hormonların birbirleriyle etkileşimleri, bitki bünyesindeki fonksiyon ve aktiviteleri bitki besin maddeleri tarafından yönlendirilmektedir. Bu nedenle bitki bünyesindeki hormonların konsantrasyonu bitki besin maddelerinin miktarına, formuna ve bitkinin genetiksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bitkilerin daha sağlıklı gelişmeleri ve dengeli beslenebilmeleri için hormonların bitki besin elementleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak tarımsal üretimin yapılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki besin maddeleri, Hormon, Bitki büyüme düzenleyicileri

## **THE RELATIONSHIP BETWEEN PLANT NUTRITION ELEMENTS AND SOME PLANT GROWHT REGULATORS (HORMONES)**

### **ABSTRACT**

Hormones have got important functions in order to maintain plants to survive their lives in negative conditions arise from environmental and nutritional sources. Hormone interactions, their functions and activities in plant are controlled by plant nutrients. For this reason, concentrations of hormones in plant vary depending on quantity and form of plant nutrient, and genetic properties of plant. For healthy plant growing and balance nutrition, it is vital determining the relationship between hormones and plant nutrients, and conduct agricultural production depending on these relationships.

**Keywords:** Plant nutrients, Hormones, Plant growth regulators

## **1. GİRİŞ**

Kompleks yapılar gösteren yüksek organizasyonlu canlılar düzenli olarak büyüyüp gelişebilmek için hücreler arası iletişime ihtiyaç duyarlar. Bitkilerde bu iletişimi sağlayan temel araç, bilgiyi kimyasal mesaj olarak hücreden hücreye taşıyan bitki büyüme düzenleyicileridir (Özen ve Onay, 1999). Genel anlamda doğal olarak bitkilerde sentezlenen, büyüme ve buna bağlı diğer fizyolojik olayları kontrol eden, meydana geldiği yerden bitkilerin diğer kısımlarına taşınarak taşındığı bölgelerde de etkin olabilen, çok az konsantrasyonlarda bile etkisini gösterebilen organik moleküllere hormon ( bitki büyüme düzenleyicileri) adı verilmektedir. Doğal bitki büyüme

hormonlarının etkisine benzer etkiler gösteren, hatta bazen daha fazla etkilere sahip olan çeşitli sentetik büyüme hormonları geliştirilmiştir. Bu nedenle, bugün bitki hormonu denildiğinde bitkide büyümeyi etkileyen doğal ya da sentetik bir organik molekül anlaşılmaktadır ve genel olarak bunlara bitki büyüme maddeleri adı verilmektedir (Akman ve Darıcı, 1998).

Bitki büyüme maddelerinin bir kısmı bitki büyüme ve gelişmesini uyarıp hızlandırmaktadır. Stimülütör adı verilen bu gruba oksin, sitokinin ve giberellinler dahil olmaktadır. Bir kısmı ise büyüme ve gelişmeyi geriletken etkilere sahip olduklarından dolayı bunlara inhibitörler adı verilir, absisik asit ve etilen bu gruptandır. Bitki bünyesinde gerçekleşen fizyolojik

faaliyetlerin çoğunluğu stimülatör ve inhibitör gruplarında yer alan hormonların kontrolü altındadır. Hormonların etkileri daima bir denge içinde, birbirini tamamlayıcı veya bir diğerinin etkisini azaltıcı olarak ortaya çıkar. Günümüzde hormonlardan, bitkilerde büyüme ve gelişmeyi yönlendirici özellikleri dikkate alınarak çok yönlü olarak yararlanılmaktadır (Bozcuk ve Topçuoğlu, 1982).

Bitki besin maddeleri, bitki hormonlarının birbirleriyle etkileşimini yönlendirmeleri ve birçok bitki fonksiyonunu yönetmeleri nedeniyle hormon aktivitesini etkilemektedir. Bitkiler için eksik ve toksik besin maddesi d ü z e y l e r i , h o r m o n l a r ı n konsantrasyonlarını, direkt translokasyon kapasitesine sahip IAA ve sitokin gibi hormonların dönüşümlerini etkilerler.

## 2. BİTKİ HORMONLARI VE ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Oksin

İlk olarak keşfedilen bitki büyüme maddesi oksinlerdir. Indol-3-asetik asit (IAA), indol-3-ethanol, indol-3-asetaldehit ve indol-3-asetonitril doğal olarak sentezlenen oksinler olup, bunların yanısıra indol butirik asit (IBA) ve naftalen asetik asit (NAA) sentetik oksinlerdendir. Oksinler, genel olarak bitkinin her yerinde bulunmalarına rağmen özellikle gövde ve kök uçlarında sentezlenir ve bitki içine transfer edilirler (Özen ve Onay, 1999). Bitki hücre çeperinin mekaniksel özelliklerini değiştirerek hücre uzamasına neden olurlar (Breviario ve ark 1992). Solunum, protein ve RNA sentezlerini yöneterek hücre büyümesini, mitoz bölünmeyi düzenleyici özelliklere sahip

olduklarından hücre bölünmesini etkilerler (Ünsal, 1993).

Oksinler yaşa ve türe bağlı olarak genellikle düşük konsantrasyonlarda adventif ve primer kök oluşumunu arttırlar, dişi çiçek oluşumunu, tohum çimlenmesini, partenokarpik meyve oluşumunu ve floemde asimilat taşınımını teşvik ederler. Ayrıca etilen sentezini arttırarak çiçeklerde yumurtalıkların gelişimini düzenlerler (Salisbury ve Ross, 1991).

### 2.2. Sitokin

Sitokinler, bitki doku kültürü yöntemlerinde hücre bölünmesini uyarma yetenekleriyle dikkat çekmiş, azotlu purin bazı adenin türevleridir (Özen ve Onay, 1999). Zeatin, dihidrozeatin, izopentenil adenin ve dimetilaliladenin çeşitli bitkilerde doğal olarak sentezlenen sitokinler olup bunların yanı sıra kinetin (N6-furfurilamino purin), benziladenin (BA) ve tetrahidropirani benzil adenin (PBA) sentetik sitokinlerdir (Ünsal, 1993). Kimyasal ve biyolojik olarak 200'den fazla doğal ve sentetik sitokin bulunmaktadır (Salisbury ve Ross, 1991).

Yüksek bitkilerde doğal olarak oluşan en yaygın sitokin zeatindir. Zeatin ve diğer doğal sitokinlerin dokuzuncu konumunda ribosid (purin bazı+riboz şeker) veya ribotid (purin bazı+riboz şeker+ fosfat grubu) bulunur. Hücre bölünmesinin uyarılmasına ek olarak, sitokinler doku kültüründe sürgün ve kök farklılaşması, lateral tomurcukların büyümesi, yaprak gelişmesi, kloroplast gelişimi ve senesens üzerine de etkilidirler. Bu olayların tümü genelde oksinle birlikte kullanıldığında gerçekleşir. Bu nedenle besi ortamlarına oksin ve sitokin karışımları eklenir (Özen ve Onay, 1999). Sitokin grubu

hormonlar mitoz bölünme için gerekli proteinlerin aktivasyonunu ve sentezini etkiler.

Bu nedenle hücre bölünmesini arttırır. Morfogenez olayında gövde oluşumuna ve vaskular doku farklılaşmasına yol açar. Tomurcuk dormansisi üzerine etkileri söz konusudur.

Sitokininler, lateral tomurcuk gelişimini arttırmaları nedeniyle oksin tarafından teşvik edilen apikal dominansinin, kırılmasını sağlarlar (Özen ve Onay, 1999). Sitokininlerin yaprakta proteaz ve nükleazların oluşumunu engelleyerek, protein yıkımını önledikleri ve bu yolla yaşlanmayı geciktirdikleri sanılmaktadır (Kaynak ve Ersoy, 1997). Sitokininler kloroplast oluşumunu teşvik ederler. Bu olayı klorofil sentezini ve etioplastların (renksiz pigmentler) kloroplastlara dönüşmesini teşvik ederek sağlarlar (Salisbury ve Ross, 1991).

### 2.3. Gibberellinler (GA)

Bitkiler üzerindeki en belirgin etkileri, hücrenin hacimce büyümesi ve sonuçta bölünmesi veya her iki olayda etkili olmalarıdır. Gibberellinler, verim ve kalitenin artırılmasıyla ilgili değişik fizyolojik gelişmelerde önemli etkinliklere sahiptirler. Bunların başında tohum ve tomurcuk dinlenmesinin kırılması, partenokarpik meyve oluşumu, meyve tutumunun ve meyve gelişiminin arttırılması, genetik bodurluğun ortadan kaldırılması, soğuklama gereksiniminin giderilmesi ve bazı enzimlerin (amilaz) sentezlenmesi gibi olaylar gelir (Kaynak ve İmamgiller, 1997).

### 2.4. Absisik Asit (ABA)

Absisik asit birçok bitkide ve bir bitkinin çeşitli organlarında büyümeyi

inhibe edici etkiye sahiptir. Stres koşulları durumunda bitki dokularındaki ABA sentezi artar ve kloroplastlarda sentezlenen ABA hızlı bir şekilde diğer bölgelere taşınır (Özen ve Onay, 1999). Köklerde kloroplast olmadığından ve mevalonik asit sentezlenmediğinden dolayı ABA'nın köklerde sentezlenmediği birçok çalışmada ifade edilmiştir. Köklere ABA uygulanması hücre geçirgenliğini dolayısıyla kök salgılarını arttırmaktadır. Ayrıca ABA'nın iyon alımı üzerine olan etkileri köklerin iyon alma fizyolojisi açısından önemlidir.

ABA bitki bünyesinde giberellik asitin etkilerinin tam tersi bir etki gösterir (Özen ve Onay, 1999). ABA, stomaların kapanmasını, tohumlarda depo proteinlerinin sentezlenmesini teşvik eder. Dormansi oluşumu ve sürekliliği üzerine önemli etkileri söz konusudur (Salisbury ve Ross, 1991). Ayrıca ABA diğer bitki büyüme düzenleyicilerinin stimülatör özelliklerini de etkilemektedir.

ABA, GA ile muamele edildiğinde tohumlardaki  $\alpha$ -amilaz oluşumunu inhibe eder. Sitokininin inhibe ettiği klorozis olayının oluşmasını sağlar. IAA tarafından oluşturulan hücre duvarı plastisitesini azaltır ve bu olayı bir Ca antagonisti olması nedeniyle gerçekleştirir. Kalsiyum metabolizmasını bozarak sitokinin ve IAA'nın stimülatör etkisini engeller. (Özen ve Onay, 1999).

### 2.5. Etilen

Etilen  $H_2C=CH_2$  kimyasal formülünde ve gaz halinde olan bir bitki büyüme düzenleyicisidir. Kök ve gövde gelişimi üzerine önemli etkilere sahip olmasına rağmen vejetatif gelişimde etilene ihtiyaç duyulmaz. Etilen, strese cevap olarak daha çok olgun, senesense uğramış dokulardan sentezlenir. Etilen

bitkilerin gelişme devresine bağlı olarak bitkinin tüm organlarından sentezlenir. Etilen üretimi bir organ içinde dokudan dokuya farklılık gösterir ve genellikle yüzey dokularda daha fazla bulunur. Örneğin etilen sentezi domates meyveleri ve fasulye hipokotillerinin hipoderma bölgelerinde, armut ve avokado tohumlarında ise tohum gömleklerinde yoğunlaşmıştır. Etilen sucul ve yarı sucul bitkilerin gövde, petiyol, kök ve çiçek yapılarının uzamasını, çiçek senesensini ve absisyonu (absisyon tabakalarında etilen miktarının artması, orta lamelin parçalanmasına ve absisyon gelişmesine neden olur) sağlar.

Etilenin uyardığı meyve olgunlaşması sırasında; klorofilin bozulması ve diğer pigmentlerin oluşması, hücre duvarının parçalanmasıyla oluşan meyve yumuşaması, meyvenin kokusunu oluşturan uçucu bileşiklerin sentezlenmesi ve nişastanın organik şekerlere dönüşmesi gibi olaylar meydana gelir. Ayrıca etilen Tigmomorfogenez (mekanik zorlamalar ile bitki boyunun uzamasının engellenmesi) olayında etkili olmaktadır. Mekanik zorlama sonucunda açığa çıkan etilen hücre duvarı bölgesindeki selüloz mikrofibrillerinin hücrenin boyuna uzamasını engelleyecek şekilde, yeniden düzenlenmesini sağlar. Böylelikle enine gelişen hücrelerin kısa ve gövdelerin kalın olmasına neden olur (Özen ve Onay, 1999).

### **3. BİTKİ BESİN MADDELERİ İLE HORMONLAR ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

Hormonlar bitki büyüme ve gelişimini engelleyen ve teşvik eden bir takım mesajların yollanmasında rol

oyunlar. Mineral besin maddelerinin yararı, fitohormonların sentezini ve hareketini kontrol edebilmesi nedeniyle bitkideki içsel hormonların miktarını etkileyebilmektedir (Mercier ve Kerbauy, 1998). Bitki besin maddelerinin konsantrasyon ve formunun yanı sıra bitkilerin sahip oldukları genetiksel farklılıklar da hormonların aktivitesini etkilemektedir.

#### *3.1. Azot*

Azot atmosfer, toprak ve canlı organizmalar arasında sürekli dolaşan bir elementtir. Bitki bünyesinde azot; proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, klorofil, ATP ve ADP gibi bir çok organik bileşiğin yapısında yer almaktadır. Karbonhidrat oluşumu ve fotosentez gibi fizyolojik faaliyetleri yönlendirmesinin yanı sıra etilen, absisik asit, oksin ve sitokin gibi hormonların sentezini de etkiler (Aktaş, 1995).

Azot noksanlığı durumunda bitkilerde büyüme oranı düşer, bitkinin büyümesi yavaşlar ve bitki küçük kalır. Yapraklar küçülür ve yaşlı yapraklar genelde vaktinden önce dökülür. Kök gelişmesi etkilenir ve köklerde dallanma zayıflar kök/gövde oranı artar. Azot noksanlığı kloroplastlarda bozulmaya ve kloroplast oluşumunda gerilemeye yol açar, bu nedenle azot noksanlığında yapraklarda kloroz görülür. Bu arazların yanı sıra azot noksanlığında bitkiler erken olgunlaşır ve vegetatif gelişme periyodu kısalmır. Bu erken yaşlanma, azotun sitokin sentezi ve taşınması üzerine olan etkilerinden kaynaklanmaktadır. Azot noksanlığı durumunda sitokin sentezinin azalması bitkinin erken yaşlanmasına neden olur (Aktaş, 1995). Sitokin bitkinin kuvvetli büyümesini ve genç dönemde daha uzun süre kalmasını sağlayan bir hormondur. Sitokin

sentezinin azalması vejetatif gelişme periyodunun kısalmasına neden olur.

Sitokinin hormonunun bitki bünyesinde salgılanan miktarı bitki türüne, uygulanan gübre dozu ve formuna göre değişmektedir. Özellikle domates ve tütün bitkilerinde yalnızca  $\text{NH}_4^+$ -N uygulanması sitokinin hormonunun (zeatin+ trans zeatin) miktarını azaltır bu nedenle özellikle domates bitkisinde gelişme geriler. Bu durumda dışarıdan sitokinin uygulanması sürgün/kök oranını ve bitki büyümesini artırır (Rahayu ve ark., 2005).

İki ayrı bitki türünde değişik azot kaynaklarının içsel sitokinin ve oksin konsantrasyonları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan başka bir çalışmada azot kaynağı olarak Üre,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ve  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  kullanılmıştır. Üre uygulamasının *Vriesea philippocoburgii* ve *Tillandsia pohliana* türlerinde yaş ve kuru ağırlık artışına neden olduğu, bu durumla IAA arasında pozitif bir korelasyon bulunduğu bildirilmiştir. *Vriesea philippocoburgii* türünde en yüksek sitokinin konsantrasyonu üre uygulamasıyla sağlanmıştır. *Vriesea philippocoburgii* türünde üre uygulaması içsel IAA birikimini,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  uygulamalarına göre 6 kat, *Tillandsia pohliana* türüne göre ise 3 kat arttırmıştır. Her iki türde de nitrat uygulamasının IAA/sitokinin oranını, üre ve amonyum uygulamalarının ise sitokinin içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Üre ve  $\text{NH}_4^+$  uygulamalarının bitki bünyesindeki içsel sitokinin miktarını arttırmasından dolayı senesensin geciktirilmesinde  $\text{NO}_3^-$  uygulamalarından daha etkili olduğu belirtilmiştir (Mercier ve ark., 1997).

Azot, oksin grubu hormonların en önemli temsilcisi indol asetik asitin (IAA) yapısında yer almaktadır.

Azot IAA oluşumunu sağlayan triptofan amino asitinin yapısında bulunur (Ünsal, 1993). Bu nedenle azot noksanlığı durumunda, IAA sentezi geriler (Topçuoğlu, 2004).

Çevresel faktörler çeşitli hormonal faaliyetleri etkiler. Kuraklık, tuzluluk, toprak sıkışması ve bitki besin maddesi noksanlıkları bitki dokularındaki ABA konsantrasyonunun artmasına neden olur. Ksilem dokularında taşınan ABA artışına karşılık sitokinin miktarı azalır ve etilen miktarı artar. Bu durum bitki büyümesi ve sürgün gelişiminin azalmasına, geç hasat senesensinin engellenmesine yol açar. Gübre uygulamaları bitki bünyesindeki içsel hormon dengesinin bozulmasına neden olduğundan dengeli ve bilinçli gübreleme yapılmalıdır. Örneğin; uzun süre amonyumlu gübreleme ABA miktarını arttırmakta ve bitki biyo kütlelerini azaltmaktadır. Bu olay aşırı stres altında kalmış bitkilerde metabolik olaylarla ilişkili olarak ortaya çıkar.

Bitki bünyesindeki amonyum/nitrat oranındaki denge dokularda sitokinin sentezini arttırırken, amonyumlu gübrelemenin başat olması karbonhidrat miktarının azalmasına, ABA ve etilen sentezinin ise artmasına neden olur. Ancak bu fizyolojik olaylar üzerine azot miktarının yanı sıra çevre koşulları ve bitkinin genetiksel duyarlılığı da etki etmektedir (Druege, 2001). Azotlu gübreler kuraklık gibi stres koşullarında gönderilen ABA uyarılarının yoğunluğunu ve stoma cevaplarını düzenleyici olarak görev almaktadır (Zhang ve Shan, 2003).

Bitki besin maddelerinin etilen üretimi üzerine olan etkileri bitki türüne göre değişmektedir. Örneğin; azot noksanlığı mısır bitkisinde etilen üretimini azaltırken domates bitkisinde etkilememektedir (Legé ve ark., 1997). Yapılan bir çalışmada azot kaynağı olarak  $\text{NO}_3^-$  veya  $\text{NH}_4^+$  içeriği zengin,

magnezyum, kalsiyum ve potasyum miktarı az olan Hoagland besin solüsyonu kullanılarak kum kültüründe domates yetiştirilmiştir. Amonyum kullanılan besin ortamlarında nitrat kullanılanlara göre etilen üretiminin 6 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Barker ve Corey, 1988).

Besin stresinde, bitkilerin proteinleri  $\text{NH}_4$  ve daha sonra  $\text{NH}_3$ 'a dönüştürerek bitki bünyesinde biriktirdikleri böylece etilen sentezinin artmasına neden oldukları düşünülmektedir.

### 3.2. Potasyum

Bitkiler tarafından en çok alınan ikinci element potasyum'dur. Bitki membranlarının  $\text{K}^+$  geçirgenliğinin çok yüksek olması nedeniyle sitoplazmadaki miktarı yüksektir (Aktaş, 1995).

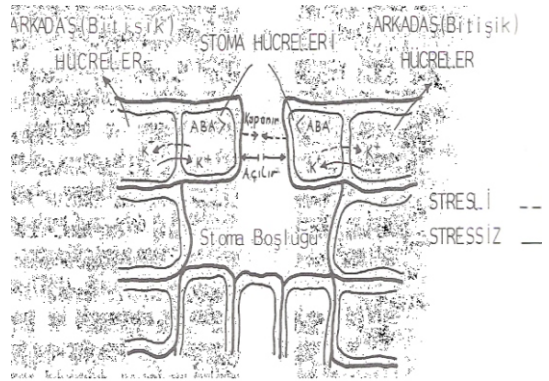
Potasyum bitki bünyesinde karbonhidrat sentezi ve taşınması, amino asit ve protein sentezi, transpirasyonun düzenlenmesi, (K noksanlığında bitkide transpirasyon oranı artmaktadır) solunum oranının düzenlenmesi, (K noksanlığında, bitkinin solunumu artmakta), gibi hayati olaylarda rol almasının yanı sıra bitki bünyesinde meristematik dokuların büyümesinde rol alan bitkisel hormonların etkisini arttırmaktadır. İndol asetik asit, sitokin ve giberellik asitin aktivitesi potasyumun varlığında daha fazla artmaktadır (Marchner, 1986).

Potasyum plazma membranlarından elektrokimyasal gradient yönünde ve tersi yönde olmak üzere iki farklı mekanizma ile alınmaktadır. Yapılan birçok çalışmada potasyumun bitkiler tarafından taşınması ve dokularda biriktirilmesinin ABA tarafından düzenlendiği belirtilmiştir (Mengel ve Kirkby, 1982; Marschner, 1986). Ancak bu konuda birbiriyle

çelişen çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmaların bir kısmı ABA'nın ksilem iletim demetlerinde  $\text{K}^+$  akışını azalttığını (Bassiriad ve Radin, 1992), bir kısmı ise arttırdığını ifade etmektedir (Collins ve Kerrigan, 1974).

Absisik asitin iyon taşınımı üzerine etkisi konusunda çelişkili çalışmalar ortaya çıkması; ABA faaliyetlerinin köklerde bulunan bitki besin maddesi içeriğine, sıcaklığa, havalanmaya ve hücre dışındaki glikozun yarayışlılığına duyarlı olmasına ve oluşan cevapların türlere bağlı olmasına bağlanmaktadır (Roberts ve Snowman ve ark., 2000).

Şekil 1.'de gösterildiği gibi, su stresi koşullarında, bitkilerde stomaların kapanmasını sağlayan mekanizmalar ABA hormonunun birikimi,  $\text{K}^+$  iyonunun miktarı ve kapatma hücrelerinin turgor basınçları ile ilgilidir. Su stresine uğrayan bitkilerin stoma hücrelerinde ABA miktarı artmakta, bunun sonucu olarak suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve  $\text{K}^+$  iyonu azalmaktadır. Böylece osmotik basıncı azalan stoma hücrelerinden arkadaş (bitişik) hücrelere doğru su hareketi gerçekleşir böylece stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanırlar (Özer ve Sade, 1995).



Şekil 1. Su stresi durumunda stomaların kapanmasını kontrol eden mekanizmalar

### 3.3. Fosfor

Bitkiler çok düşük konsantrasyonlarda fosfor içeren çözeltilerden fosforu absorbe etme yeteneğine sahiptirler. Kök hücrelerinin ve ksilem özsuynunun fosfat konsantrasyonu genellikle toprak çözeltilesindeki fosfat konsantrasyonundan 100–1000 kez daha yüksektir. Bitki hücreleri tarafından absorbe edilen fosfat iyonları çok hızlı bir şekilde metabolik süreçlere dahil olurlar. Fosfor elementinin bitki metabolizmasındaki en önemli işlevi enerji transferine olanak sağlayan pirofosfat bağları oluşturmasıdır. Ribo nükleik asit (RNA) ve deoksiribonükleik asidin (DNA), sentezlenmesine katılan nükleotidlerin yapısında yer alır (Aktaş, 1995). Bu nedenle fosfor noksanlığı durumunda bitki bünyesinde protein sentezinin yanı sıra kalıtsal olayların taşınması ve ATP (enerji) üretimi de meydana gelememektedir. Dolayısıyla bitki bünyesine aktif bitki besin maddesi alınımının azalacağı ve çeşitli organik bileşiklerin sentezinin engelleneceği söylenebilir.

Fosfor toprakta taşınabilirliği düşük olan bir element olduğundan bitki verimliliğini sınırlandıran bir faktördür. Bu nedenle bitkiler kök sistemlerini geliştirebilmek için fosfor alma eğilimindedir. Yapılan bir çalışmada Bucio ve ark., (2002), fosfor elementinin Arabidopsis bitkisinin kök sistemleri üzerine sınırlandırıcı bir faktör olması (< 50 µm) durumunda, bitki köklerinin yoğunluğu, lateral kök sayısı ve birincil kök uzunluğunda bir takım değişikliklerin dışında, noksanlık durumunda oksin sentezinin arttığını belirlemişlerdir. Oksin sentezi ile fosfor yarayışlılığı arasındaki ilişki köklerde bir takım değişikliklere neden olmuştur.

Bitki büyüme maddeleri ve ticari preparatların domates bitkisinin N, P, K

ve klorofil içeriği üzerine etkilerini belirlemek amacı ile yapılan bir çalışmada IAA, GA3, ABA ve Cytozyme uygulamalarının bitki dokularındaki fosfor içeriğini azalttıkları belirlenmiştir (Gemici ve ark., 2000).

### 3.4. Kalsiyum

Kalsiyum kolaylıkla apoplastlara girebilen, hücre duvarında değişebilir formlarda ve plazma membranının dış yüzeyinde bulunabilen bir bitki besin maddesidir.

İçsel hormonlarla Ca arasında önemli ilişkiler bulunmaktadır. Oksin bitki dokularına taşınan kalsiyum miktarını arttırmaktadır. Bu nedenle oksin düzeyinin azalması bitki dokularına kalsiyum taşınmasını engeller ve kalsiyum noksanlığı belirtileri görülür. Oksin seviyesinin azalması hücre duvarında proton salınmasını artırır ve hücre duvarının bozulmasına neden olur. Bu durumda dışarıdan  $Ca^{+2}$  uygulanmasına ihtiyaç duyulur. Kalsiyum hücre duvarının yapısında yer almasının yanı sıra oksin azalmasının neden olduğu büyümeye karşı da etki etmektedir. TIBA gibi oksin inhibitörleri hem  $Ca^{+2}$  dağılımını hemde gravitropizm olayını engellerler (Marchner, 1986).

Kalsiyum hücre içinde IAA tarafından oluşturulan cevapları etkiler. Örneğin; IAA'in polar taşınması için  $Ca^{+2}$ 'a gereksinim duyulur. Aynı zamanda  $Ca^{+2}$  noksanlığında yetişen bitkiler IAA'e cevap vermezler.

IAA,  $Ca^{+2}$ 'un vakuol ve endoplazmik retikulumdan sitoplazmaya salınmasını uyarır ve sitoplazmadaki  $Ca^{+2}$  konsantrasyonunun artmasına neden olur. İçsel  $Ca^{+2}$  miktarının artması organizmalardaki birçok reaksiyonu aktive eden kalmodulinin (Ca ile bağlanan hücre

proteini) aktivasyonunu sağlar. Aktifleşmiş kalmodulin zardaki taşınmayı, enzim aktivitesini, H<sup>+</sup> pompasını ve diğer birçok olayları etkiler. Bu modele göre, hücre duvarının asitliği IAA'den çok Ca<sup>+2</sup> miktarından etkilenir (Özen ve Onay, 1999).

Kalsiyumun kutupsal oksin taşınma mekanizmasının etkisiyle bitkilerde oksin aktivitesini etkilediği belirlenmiştir. Kalsiyumun eksikliği kutupsal oksin taşınmasının engellenmesine neden olur (Baluška ve ark., 2005).

Sitokinin hücre bölünmesini sağlamasına rağmen, kültür ortamına az miktarda bırakıldığında tek başına hücre bölünmesini uyaramaz. Bölünmenin uyarılabilmesi için ortama kalsiyum ilave edilmesi gerekir. Ortamda kalsiyum bulunması hücrelerin sitokinin duyarlılığını artırır. Bununla beraber hücrelerin Ca<sup>+2</sup> geçirgenliğini arttıran bileşikler sitokinin gibi davranırlar ve yaşlanmayı geciktirirler.

Absisik asit ile kalsiyum elementi arasında da önemli ilişkiler bulunmaktadır. ABA bir Ca<sup>+2</sup> antagonisti olduğundan dolayı kalsiyum metabolizmasını bozar böylece sitokinin ve IAA'in stimülatör etkisini engeller. (Özen ve Onay, 1999).

### 3.5. Çinko

Çinko insan ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de çok çeşitli ve önemli işlevlere sahiptir. Çeşitli enzimlerin yapısında yer alır ve çok sayıda enzimi aktive eder. Karbonhidrat, protein ve oksin metabolizmasında rol oynar. Bu nedenle çinko noksanlığı durumunda enzim aktivitesinin azalmasına bağlı olarak karbonhidrat, protein ve oksin metabolizması da olumsuz etkilenir. Bitkilerde çinko noksanlığının en açık

belirtisi olan bodur büyüme ve küçük yaprak oluşumu oksin metabolizmasındaki bozulmadan ve özellikle indol asetik asit (IAA) oluşumundaki azalmadan ileri gelmektedir. Çinko noksanlığında domates bitkisinde gövde uzamasındaki gerileme ile IAA oluşumu arasında yakın ilişkiler bulunmuştur. Çinko noksanlığı gösteren bitkilerde IAA miktarının az olması IAA sentezindeki gerilemeye ve oluşan IAA'in hızlı şekilde parçalanmasına dayanmaktadır (Kacar ve Katkat, 1998).

Çinko yönünden noksan bitkilerde triptofan seviyesi düşüktür ve mısır bitkisinde çinko noksanlığı belirtileri ya da çinko ya da triptofan uygulanarak giderilebilir (Marchner, 1986).

Bitkiler stres koşullarına, içsel hormonlar ve fizyo-biyo kimyasal değişiklikler arasında kuracağı denge ile cevap verirler. Genelde biyotik stres bitki hormonlarının miktarını değiştirir. Bu değişiklikler bitkilerin su stresine karşı vereceği cevapta ölçü görevini üstlenir.

Su stresi koşulunda bitki bünyesindeki fizyolojik aktivite ve hormon konsantrasyonu değişir. Su stresinde stomalar kapanır, karbon asimilasyonu ve fotosentez azalır, bitki bünyesinde ABA birikmesi meydana gelir. Bu stres şartlarında bitki kök/gövde oranını arttırmaya, yaprak alanını ve osmotik olayları azaltmaya başlar. Su stresi koşullarında Zn ve IAA uygulamalarının soya fasülyesi bitkisinin osmotik potansiyel, çözünebilir karbon ve azot bileşikleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla Gadallah (2000) tarafından yapılan bir çalışmada dört farklı toprak suyu matriksinde ( $\psi_m = -0.033, 0.5, -1.0$  ve  $-1.5$  MPa), iki farklı çinko dozu (0 ve 20 mg/l) ve yapraktan iki farklı doz (0 ve 10 mg<sup>-1</sup>) IAA uygulaması yapılmıştır. IAA ve Zn kombinasyonu



klorofil miktarını, gelişmeyi ve osmotik potansiyeli arttırıcı etki yapmıştır. Ancak bu kombinasyonun çözünebilir protein ve serbest amino asit toplamıyla olan ilişkileri daha kompleks bulunmuştur. Su stresi koşullarında bitkilerin klorofil a ve b içerikleri azalmıştır. Bu durumun proteolitik enzimlerin miktarının artması nedeniyle meydana gelebilecek klorofil degradasyonu sonucu oluşabileceği ifade edilmiştir. Kuraklık stresi bitkilerin yaprak ve köklerindeki osmotik basıncın azalmasına, çözünebilir şekerler ve serbest amino asitlerin yapraklarda birikimine, protein sentezinin gerilemesine neden olmaktadır. Özellikle (-1.5 MPa) su stresinde bulunan bitkilere dışarıdan IAA uygulanması bitkilerin su içeriğini arttırmıştır. Stres durumunda IAA düzeyindeki artış etilen sentezini arttırması nedeniyle ABA sentezini arttırır. Ayrıca stoma açılması ve köklere su taşınmasını etkilediğinden dolayı, strese karşı ABA ile birlikte hareket ederek turgor basıncını etkiler. Çalışmada çinko uygulaması yapılan bitki yapraklarının Zn uygulanmayanlara göre su içeriğinin ve vascular doku farklılaşmasının daha fazla olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak çinko+indol asetik asit uygulamalarının su stresinin etkilerini azalttığı belirlenmiştir.

Turunçgil bitki dokularının Zn içeriği ile içsel hormonlar arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi amacıyla yapılan bir başka çalışmada Tokmak (2001) yaprak ve sürgünlerin Zn içerikleri ile hormon içerikleri arasında, hormonların kendi aralarında ve hormonlar ile diğer besin elementleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur.

### 3.6. Demir

Demir bitkilerde önemli fizyolojik işlevleri olan ve pek çok biyokimyasal tepkimeleri katalize eden çeşitli enzimleri aktive eder (Kacar ve Katkat, 1998).

Demir noksanlığı dikotiledon bitkilerde birçok morfolojik ve fizyolojik olayı teşvik etmektedir. Biber ve bezelye gibi bitkiler demir noksanlığında daha fazla etilen üretirler. Etilen üretimi kök saçaklarının gelişimi ve köklerin diğer morfolojik özelliklerini değiştirmesinin yanı sıra ferric demirin indirgenme kapasitesini de değiştirmektedir. (Tablo 1)

Tablo 1. Biber ve bezelye bitkilerinin köklerinde yeterli demir bulunduğu ve demir noksanlığı gösterdiği durumlarda bitkilerin köklerinde gerçekleşen etilen sentezi ve ferric demirin indirgenme kapasitesi (Romera ve ark., 1999).

Uygulama	Etilen ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	İndirgeme Kapasitesi ( $\text{nmol Fe}^{3+}$ )
<b>BİBER</b>		
40 $\mu\text{M Fe}$	72 (%100)	284 (%100)
-Fe (2d)	92 (%128)	682 (%240)
-Fe (3d)	122 (% 170)	1099 (%387)
<b>BEZELYE</b>		
10 $\mu\text{M Fe}$	45 (%100)	75 (%100)
-Fe (9d)	70 (%156)	426 (%568)

Demir noksanlığı sadece etilen sentezini arttırmakla kalmaz aynı zamanda oksin sentezini de teşvik eder. Demir noksanlığında sentezlenen oksin miktarı Fe'in yeterli olduğu koşullardan

daha yüksektir. Ayrıca yüksek miktarda sentezlenen oksin, etilen sentezini de teşvik etmektedir (Romera ve ark., 1999).

### 3.7. Bor

Bor elementi bitkiler tarafından borik asit formunda alınır. Köklerde dahil olmak üzere hücre duvarlarında kompleks yapı oluştururlar. Borun işlevi primer olarak sellülar, ksilem farklılaşması ve lignifikasyonla ilgilidir. Oksin ve B arasında önemli ilişkiler vardır. Oksinin en önemli temsilcisi olan IAA, yeşil bitkiler arasında damarlı çeşitlerde daha fazla sentezlenir ve ksilem damarlarının farklılaşması ile ilişkilidir. B ihtiyacı birkaç istisna hariç olmak üzere genelde damarlı bitkilerle daha çoktur ve doku farklılaşması üzerine B noksanlığının etkisi tipiktir (Marschner, 1986). B noksanlığı olan bitkilerde genellikle oksin miktarı daha fazladır (Marschner, 2002). Bor noksanlığında meydana gelen en önemli olaylardan biri köke bodur ve çalimsı bir görünüm kazandıran kök uzamasının engellenmesi ve durmasıdır. Yapılan bir çalışmada Bohnsack ve Albert (1977) bor uygulaması durduktan 3 saat sonra kök uzamasının engellendiği, 6 saat sonra bu etkinin şiddetlendiği ve 24 saat sonra tamamen durduğu, tekrar bor uygulandıktan 12 saat sonra köklerin aynı süre içerisinde boru tükettiği ve kök uzamasının hızlandığını belirlemişlerdir. B uygulamasının durdurulmasından sonra 6-12 saat arasında köklerdeki IAA oksidaz aktivitesi artmaktadır. Bor noksanlığı koşullarında kök uzaması ve IAA oksidaz aktivitesi benzer tepkiler vermektedir. Ancak kök uzaması IAA oksidaz aktivitesinin artışıyla 3 saat önce engellenir. IAA düzeyinin normalden fazla olması, IAA oksidaz

sentezi ve kök uzamasında azalmaya neden olmaktadır.

Li ve ark..(2000) tarafından yapılan bir çalışmada bor noksanlığının bitkilerde hücre duvarı kalınlığını arttırdığı, hücre membran bütünlüğünü azalttığı, ancak oksin uygulaması yapılan bitkilerin bor noksanlığından daha az etkilendiği ifade edilmiştir. Aynı çalışmada, borun membran fonksiyonlarının kontrol edilmesinde oksin hormonunun uygulama dozlarından daha fazla etkili olduğu; bor elementinin, membran geçirgenliğini etkilediği ayrıca IAA taşıma proteinlerinde bazı etkilere sahip olması nedeni ile IAA taşınımını yönlendirdiği belirtilmiştir.

### 3.8. Mangan

Mikro besin maddeleri içerisinde mangan, kompleks stabilitesi en düşük olan elementtir. Bu nedenle bileşim düzeyi oldukça zayıftır. Mangan elementinin en önemli görevi ATP ve enzim kompleksleri arasında köprü kurmaktır (Marscher, 1986).

Manganın yeşil bitkiler içerisinde en önemli görevi fotosentetik oksijen döngüsündeki rolüdür. Fotosentez sistemi içinde oksijen döngüsü ve suyun parçalanmasında tüm bitkiler mangana ihtiyaç duyarlar. Mangan noksanlığında meydana gelen ilk olay elektron taşınım zincirindeki ışıklı reaksiyonların kesintiye uğramasıdır. Bu durumda fotofosforilasyon reaksiyonları da olumsuz etkilenirler ve böylece fotosentezde azalma, kloroplastlarda parçalanma meydana gelir.

Mangan elementinin hormonlarla da önemli ilişkileri bulunmaktadır. IAA oksidaz aktivitesi hem mangan noksanlığı durumunda hem de toksisitesinde artmaktadır. Mangan toksisitesi durumunda IAA'nin bozulmasından dolayı kalsiyum

noksanlığı görülür. Ayrıca apikal baskınlığın kaybolması ve yan sürgünlerin oluşumunun artması mangan toksitesinin bir başka belirtisidir.

Mangan noksanlığı durumunda ise IAA oksidaz aktivitesi artmakta, oksin seviyesi azalmakta dolayısıyla büyüme yavaşlamakta ve yaprak absisyonuna neden olmaktadır (Marchner, 1986).

#### 4. SONUÇ

Bitkisel üretimde başarılı olmanın en önemli yolu dengeli ve bilinçli gübrelemedir. Gübrelemenin yanı sıra bitkiler tarafından üretilen içsel hormonlar da bitki büyüme ve gelişimini engelleyen ve teşvik eden bir takım mesajların yolanmasında rol oynayarak bitki gelişimini etkilerler.

Hormonların kimyasal yapılarının ve bitki üzerine olan fizyolojik etkilerinin bilinmesiyle bitkilerin büyüme ve gelişmelerindeki esaslar değiştirilebilir, yavaşlatılabilir ya da hızlandırılabilir. Bu nedenle bitkisel hormonlar çeşitli amaçlarla, tarımda kullanılmaktadır.

Hormonların, bitkilerin gerek çevresel gerekse beslenmeden kaynaklanan olumsuz şartlarda hayatlarını devam ettirebilmelerinde çok önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Bu fonksiyonları bitki besin maddelerinin konsantrasyonuna, formuna ve bitkinin genetiksel özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Sitokin ve Oksin grubu hormonların kimyasal bileşimlerinde azot elementi bulunması nedeniyle bitki bünyesindeki azot konsantrasyonunun artması ya da azalması durumunda bu hormonların sentezlenen miktarı artmakta veya azalmaktadır.

Potasyum elementi bitki bünyesinde sentezlenen IAA, sitokin,

GA gibi hormonların aktivitesini artırır. Ayrıca ABA, bekçi hücre zarlarının potasyum iyonlarına karşı permeabilitesini etkiler. Bu etki nedeniyle  $K^+$  ile ABA stomaların açılıp kapanmasını düzenler.

Kalsiyum hücre içinde IAA miktarını etkiler ve bitki bünyesinde taşınmasında rol oynar. Ayrıca oksin plazma membranlarındaki kalsiyum kanallarını aktive ederek serbest  $Ca^{+2}$  konsantrasyonunu artırır ve hücre duvarı sentezini teşvik eder.

Zn elementi bitki bünyesindeki oksin aktivitesini sağlar. Zn noksanlığı durumunda, triptofan amino asidi sentezlenemez. Triptofanın sentezlenmemesi IAA'nin sentezlenmesini engeller. Bu durum, IAA'nin sentezlenmesi için Zn'un gerekli olduğunu göstermektedir.

Ayrıca bor elementi ile IAA arasında önemli ilişkiler vardır. Bor noksanlığı koşullarında sentezlenen IAA miktarı normalden daha yüksektir.

Sonuç olarak; bitkilerin daha sağlıklı gelişmeleri ve dengeli beslenebilmeleri için hormonların besin elementleri, ile olan ilişkilerinin belirlenmesi ve tarımsal üretimin buna bağlı olarak yapılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Akman, Y., Darıcı, C., 1998. Bitki Fizyolojisi (Beslenme ve Gelişme Fizyolojisi).Ankara
- Aktaş, M., 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayın no:142, Ders Kitabı:43, 345 s.
- Baluška, F., Volkmann, D., Menzel, D., 2005. Plant synapses: actin-based domains for cell-to-cell communication. Plant Science Vol:10 No:3.
- Barker A.V., Corey KA., 1988. Ethylene evolution by tomato plants under nutrient stres. Hortscience 23(1):202-203.

- Bassirirad, H., Radin, J.W. 1992. Temperature-dependent water and ion transport properties of barley and sorghum roots. *Plant Physiology* 99, 34-37.
- Bohnsack, C.W., Albert, L.S., 1977. Early effects of boron deficiency on indolasetic acid oxidase levels of squash root tips. *Plant Physiol.* 59,1047-1050.
- Bozcuk, S., Topçuoğlu, Ş.F., 1982. Değişik Stres Koşullarında Bitkilerde Absisik Asit (ABA) Miktarının Değişimi ve Strese Adaptasyon Mekanizması. *Doğa Bilim Dergisi*, cilt:6, sayı:3, 157-167.
- Breviario D., Giani, S., Di Vietri P., Coraggio, I. (1992) Auxin and growth regulation of rice coleoptile segments. *Plant Physiol* **98**: 488-495
- Bucio.L. J., Abreu. H. E., Calderón. S.L., Jacobo.N.F.M., Simpson, J., Estrella.H.L., 2002. Phosphate Availability Alters Architecture and Causes Changes in Hormone Sensivity in the Arabidopsis Root System. *Plant Physiology*, vol.129, pp.244-256.
- Collins, J.C., Kerrigan, AP. 1974. The effect of kinetin and abscisic acid on water and ion transport in isolated maize roots. *New Phytologist* 73, 309-314.
- Druege, U., 2001. Postharvest Responses of Different Ornamental Products to Harvest Nitrogen Supply: Role of Carbonhydrates, Photosynthesis and Plant Hormones. *ISHS Acta Horticulturae* 543: VII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants.
- Gadallah, M.A.A., 2000. Effects of indole-3-acetic acid and Zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *Journal of Arid Environments* 44:451-467.
- Gemici, M., Güven, A., Yürekli, K.A., Katmer, P., 2000. Effect of Some Growth Regulators and Commercial Preparations on the Chlorophyll Content and Mineral Nutrition of *Lycopersicum esculentum* Mill. *Turk J. Bot* 24:215-219.
- Kacar, B., Katkat, V.A., 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üni. Güçlendirme Vakfı Yayın No:127, vıpaş yayınları:3. Bursa.
- Kaynak, L., Ersoy, N., 1997. Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Genel Özellikleri Ve Kullanım Alanları. *Akdeniz Üni. Zir. Fak. Dergisi*, 10, 223-236.
- Kaynak, L., İmamgiller, B., 1997. Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Fizyolojik Olaylardaki Rollerini. *Akdeniz Üni. Zir. Fak. Dergisi*, 10, 289-299.
- Legé, K., Cothren, J.T., Morgan, P.W., 1997. Nitrogen fertility and leaf age effects on ethylene production of cotton in a controlled environment. *Plant Growth Regulation* 22:23-28.
- Li, C, Pfeffer, H., Römheld, V., Bangerth, F., 2001. Effects of boron starvation on boron compartmentation, and possibly hormone-mediated elongation growth and apical dominance of pea (*Pisum sativum*) plants. *Physiologia Plantarum*. Vol. 111,(2):212.
- Marschner, H., 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim Federal Republic of Germany. Academic Press. 850p.
- Marschner, H., 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim Federal Republic of Germany. Academic Press. 889 p.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute Publication, Worblaufen-Bern/ Switzerland. 655 p.
- Mercier, H., Kerbaudy, G.B., Sotta, B., Miginiac, E., 1997. Effects of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and Urea nutrition on endogenous levels of IAA and four cytokinins in two epiphytic bromeliads. *Plant, Cell and Environment* 20, 387-392.
- Özen, H.C., Onay, A., 1999. Bitki Büyüme ve Gelişme Fizyolojisi. Diyarbakır
- Özer, A., Sade, B., 1995. Tahıllarda Su Stresinin Bitki Morfolojisi ve Fizyolojisi Üzerine Etkileri. *Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsü*
- Rahayu, Y.S., Walch-Liu, P., Neumann, G., Römheld, V., Wiren, N.V., Bangerth, F., 2005. Root-derived cytokinins as long-distance signals for NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - induced stimulation of leaf growth. *Journal of Experimental Botany*, Vol.56, No:414, pp:1143-1152.
- Roberts, K.S., Snowman, N.B., 2000. The effects of ABA on channel-mediated K<sup>+</sup> transport across higher plant roots. *Journal of Experimental Botany*, Vol.51, No.350, pp.1585-1594.
- Romera, J.F., Alcantara, E., D.De La Guardia, M., 1999. Ethylene Production by Fe-deficient Roots and its Involvement in the Regulation of Fe-deficiency Stres Responses by Strategy I Plants. *Annals of Botany* 83:51-55.

- Salisbury, F.B., Ross, W.C., 1991. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company Belmont, California. A Division of Wadsworth, Inc.
- Tokmak, S., 2001. Kumluca ve Finike Yörelerindeki Turunçgil Bahçelerinin Çinko İle Beslenme Durumlarının ve Çinko Beslenmesi İle Bazı Bitki Büyüme Regülatörleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora tezi. Antalya
- Topçuoğlu, F., 2004. Bitki Besin Stresi ve Hormonlar. Yük.Lis. Ders Notu. (Yayınlanmamış) Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Antalya.
- Ünsal, P. N., 1993. Bitki Büyüme Maddeleri. İstanbul Teknik Üniversitesi. Üni. Yayın No: 3677, Enst. Yay. No:4, ISBN 975-404-254-3.
- Zhang, S., Shan, L., 2003. Effect of nitrogen nutrition on endogeneous hormone content of maize under soil drought conditions. Ying Yang Sheng Tai Xue Bao. 14 (9):1503-1506.