

SOYADA KURAKLIK STRESİ

Cüneyt ÇIRAK
O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Enver ESENDAL
T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

Geliş Tarihi: 27.01.2003

ÖZET: Bitkiler, farklı çevre faktörlerinin etkisi altında yaşamlarını sürdürmeye çalışırlar. Bu çevre faktörleri, iklim ve toprak faktörleri, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sıralanabilir. Ekonomik anlamda ürün elde edebilmek için, yetiştirilen bitki türünün veya çeşidinin kendisine has optimum çevre isteklerinin karşılanması gerekir. Bu optimum isteklerde meydana gelen her türlü artış ve azalış bitki için stresi meydana getirir. Çevresel stres faktörlerinden biri olan kuraklık, pek çok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tarif edilmiş olup, agronomistlerce topraktaki nem miktarının bitkinin solma noktasında bulunması olarak tanımlanmaktadır. Kuraklığa dayanım bakımından bitkiler arasında geniş bir varyasyon mevcuttur. Soya mezofit bir bitki olmakla birlikte özellikle bazı gelişme dönemlerinde yaşanan kuraklık stresi verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Soya, kuraklık, kuraklık stresi

DROUGHT STRESS OF SOYBEAN

ABSTRACT: Plants try to live under different environmental factors. The factors can be classified as climatic and soil factors, unnatural pollutants, animals and competition with other plants. To get profit economically, it is necessary to meet optimum environmental requiring of raised plant species or variety. Every kind of deviation from optimum plant requiring is defined as stress for plants. Drought, one of environmental stress factors, is defined differently by various researchers and it is that soil humidity is lower than wilting point for agronomists. There is big variation in drought resistance among plants. Although soybean is a mesophyt plant, drought stress occurring especially in some growth stages result in yield and quality decreases.

Keywords: Soybean, drought, drought stres

1. GİRİŞ

Bitkilerin maruz kaldıkları çevre faktörleri kalite ve verimlilik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. bunları iklim faktörleri, toprak faktörleri, doğal olmayan kirleticiler, hayvanlar ve diğer bitkiler ile rekabet şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Verimli bir yetiştiricilik için bitkilerin optimum çevre isteklerinin karşılanması zaruridir. Bu optimum isteklerde meydana gelen her türlü sapma o bitki için stresi meydana getirir. Biyologlar canlı organizmalara elverişli olmayan herhangi bir çevre faktörü için "stres" terimini benimsemişler, elverişsiz bir çevre faktörüne karşı bitkinin hayatta kalabilme yeteneğine ise "stres drenji" adını vermişlerdir (Levitt, 1980).

Herhangi bir organizmaya yönelen stres organizmada bir gerilimin doğmasına sebep olur. Söz konusu gerilim organizmada, önce geriye dönüşlü (reversible), fiziksel ve kimyasal değişmelere neden olur. Buna elastik gerilim denir. Tarımsal açıdan bu tip gerilimin pek olumsuz bir etkisi yoktur. Çünkü stres ortadan kalktığında gerilim de ortadan kalkar. Ancak stresin uzun süre devam etmesi ve şiddetini artırması bu kez geriye dönüşsüz (irreversible) bir gerilim oluşturur. Buna plastik gerilim denir. Tarımsal açıdan önemli olan plastik gerilimdir. Zira bu gerilimin nihaî etkisi ölümdür. Bu nedenle strese dayanıklılık dendiği zaman, ıslahçılar tarafından, bitkiyi plastik gerilime sokmayan dayanıklılık kabul

edilir. Bitki gelişimini etkileyen önemli stres etmenlerinden biri de kuraklıktır.

2. KURAKLIĞIN TANIMI ve KURAKLIK TİPLERİ

Günümüzde kuraklığın tam olarak tanımı yapılamamıştır. Bunun sebebi kuraklığın bütün özelliklerini kapsayan agrometeorolojik araştırmaların yapılmamış olmasıdır. Genelde kurak, yağışın az olduğu devre için düşünülebilir. Kuraklık üzerine yıllık yağışların toplamlarından çok, aylar içindeki muntazam dağılışı etkilidir (Gedik, 1997).

Genel anlamda yıllık yağış miktarının 400 mm altında olduğu ya da bitki gelişiminin hızlı seyrettiği aylarda yeterli yağış alamayan ve toprakta nemin solma noktasında bulunduğu yerlere kurak bölge adı verilir. Bununla beraber kuraklık, meteorolojist, hidrolojist, ekonomist ve klimatolojistler gibi pek çok araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmış olup, agronomistlere göre kuraklık, topraktaki nem miktarının bitkinin solma noktasında bulunmasıdır. Kuraklığı genel ilkeler içerisinde, ağır (ivegen, akut) kuraklık, sürekli (kronik) kuraklık ve fizyolojik kuraklık şeklinde üçe ayırmak mümkündür (Eriş, 1990).

Ağır yahut akut kuraklık kuvvetli güneşlenme ve rüzgardan ileri gelir. Böyle durumlarda susuzluk kendini şiddetle gösterir; özellikle genç bitkiler ve tohumlar kurur. Yaşlı bitkiler asimilasyon

yetersizliğinden dolayı solar, sürgün uçları kurur, verimleri azalır ve kalitesizleşir, büyüme yavaşlar ve durur. Kuraklığın en erken belirtisi solgunluktur. Bu durumdaki bitkiye su verildikçe solgunluk geçer, aksi halde bitki ölür. Akut kuraklığın oluşturduğu zararlar, otsu bitkilerin gençlik devresinde daha fazladır. Yüzlek kök sistemine sahip bitkiler kuraklıktan daha fazla etkilenirler. İlbaharda ortaya çıkan kuraklık, bitkileri genç devrede yakaladığından çok tehlikelidir. Yazın görülen kuraklık ise ürünün bir kısmının yok olmasına neden olabilir. Kuraklığın sebep olduğu zarar, temel olarak süresine bağlı olduğundan kısa süreli kuraklıklar daha az zararlıdır.

Kronik kuraklık ise topraktaki suyun düşmesi sonucu görülür. Böyle bölgelerde bulunan bitkiler bir taraftan toprak suyunun düşmesi, diğer taraftan da hastalık ve zararlıların etkisiyle zayıf düşerler. Sürekli kuraklıktan dolayı bitkilerde önce solgunluk, daha sonra ise ağaçların tepelerinden başlayarak aşağıya doğru inen kuruma hali görülür. Bu tip kuraklık özellikle çok yıllık bitkiler için önemlidir.

Toprakta yeterli suyun bulunmasına karşın çeşitli sebeplerden ötürü bitkinin bu sudan faydalanamayışı fizyolojik kuraklık olarak tanımlanır. Kış aylarında toprak, soğuk ve donmuş, fakat toprak üstü havasının sıcaklığı daha fazla olursa, bitki toprak üstü organlarıyla transpirasyon yaparak kaybettiği suyu kökleriyle topraktan alamaz. Çünkü suyun viskozitesi artar. Benzer şekilde daha önce de belirtilen sebeplerden ötürü, toprakta meydana gelen tuzluluk, toprak çözeltisinin ozmotik konsantrasyonunu artırarak, toprak suyunun bitkiler tarafından alınımını güçleştirir. Bazen de bitkiler (özellikle çok yıllık ağaçlar) toprak altındaki geçirimsiz sert bir tabakadan ötürü normal su alımlarını gerçekleştiremezler.

3. KURAKLIĞIN BİTKİ GELİŞİMİNE ETKİLERİ

Bitkiler su gereksinimlerine ya da özellikle yaşadıkları ortamda bulunan alınabilir suya bağlı olarak, hidrofitter, mezofitter ve kserofitter diye üç gruba ayrılırlar. Hidrofitter, kısmen ya da veya tamamen su içerisinde yaşayan, mezofitter, uygun toprak nemi bulunan alanlarda yetişen, kserofitter ise kurak alanlarda yetişen bitkilerdir (Öztürk ve Seçmen, 1992). Hidrofit bitkilerin hayatı tamamen ortamda bol miktarda suyun varlığına bağlı iken, bazı kserofit bitkiler bir kaç yıl üst üste hiç yağışın düşmediği çöllerde bile hayatıyetini sürdürebilmektedirler. Kuraklığa dayanım yönünden bitkiler arasında gözlenen bu yoğun varyasyonun sebebi, kuraklık stresi altında bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve morfolojik değişimlerdir. Bu değişimler şu şekilde izah edilebilir.

3.1. Kuraklığın Bitki Morfolojisi Üzerine Etkileri

Kurak şartlar altında yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler, genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya; köklerde oluşan

morfolojik değişimler ise topraktaki suyu daha yüksek bir kuvvetle absorbe etmeye yöneliktir. İlk olarak kuraklık stresi altında kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Kurak şartlarda fotosentez yavaşlar ve bunun sonucu olarak filiz gelişimi zayıflar. Fotosentez ürünlerinin büyük bölümü kök gelişimi için köklere taşınır. Böylece kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Örneğin, çok yıllık kserofit bir bitki olan *Alhagi camelorum*'da toprak üstü aksamı bir kaç cm iken, kökler nemli bölgeye ulaşabilmek için 2-3m'ye dek uzayabilir (Öztürk ve Seçmen 1992). Kuraklık stresi altında köklerde meydana gelen bir diğer değişim de mantara benzer kalın bir doku tabakasıyla örtülmeleridir. Bu tabaka, alttaki canlı hücreleri, kurak ve sıcak toprağın etkisinden korumaktadır. Kuraklık durumunda toprak üstü organlardan köklere çözünebilir karbonhidratlar taşınır. Böylece köklerin ozmotik basınçları artarak su emme güçleri yükselir.

Bitkilerdeki yaprak yüzey genişliği arttıkça su kaybı da artar. Bitkiler su kaybını azaltabilmek için yapraklarını dökmek suretiyle total yaprak alanlarını azaltmaya çalışırlar. Bu durum özellikle çöl bitkilerinde çok sık görülmektedir. Yaprak büyümesi kuraklık stresine karşı oldukça hassastır. Kısa süreli kurak periyotlar bile yaprak büyümesini yavaşlatır. Bu durum fotosentezin azalmasıyla ilişkilidir. Kuraklık stresine bir tepki olarak bitkide yaprakların üzeri sık tüylerle kaplanır. Bu tüyler, alttaki hücrelerin sıcaklığını 1-2 °C düşürerek, transpirasyon hızını azaltır. Ayrıca yaprak üzerinde mum üretimi artar, kütikula tabakası güneş ışınlarını yansıtarak sıcaklığın etkisini azaltır ve böylece transpirasyon hızı kesilir (Göksoy ve Turan, 1991). Kurak periyotta bazı otsu bitkiler yapraklarını kurdela şeklinde kıvrır. Böylece transpirasyon yapan yüzey azaltılmış olur.

3.2 Kuraklığın Bitki Fizyolojisi Üzerine Etkileri

3.2.1. Ozmotik Düzenleme

Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler, hücre turgorlarını koruyabilmek için hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirmek suretiyle ozmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar. Kuraklık stresi altında çözelti artışının başlıca kaynağı olarak çözünebilir karbonhidratlar ortaya çıkar, özellikle glikoz, sakkaroz gibi çözünür şekerler ve malate birikir. Bunlar dışında K, şeker alkoller ve bazı organik asitler de ozmotik düzenleyici olarak birikir. Bu şekilde çözelti birikimi ozmotik düzenleme olarak adlandırılmaktadır.

Ozmotik düzenlemenin derecesi üzerine bitkilerin yaşı, özellikle generatif gelişme dönemi etkili olmaktadır. Çiçeklenme öncesine kadar bitkide, ozmotik düzenleme yavaş seyretmekte, çiçeklenmeden sonra ise hızlanmaktadır.

3.2.2. Stomatal Hareket

Kuraklık stresi bitkide stoma hareketleri üzerine de etkide bulunmaktadır. Stomaların bitki

fizyolojisindeki önemi yaprağın hücreler arası boşluğu ile atmosfer arasındaki gaz alışverişinin sağlanmasından ve su buharı çıkışına izin vermesinden kaynaklanır. Kuraklık stresi altında bitkilerde stomaların kapanmasını kontrol eden iki mekanizma gelişmiştir. Bunlar, hormonal kontrol ve iyon kontrolü mekanizmalarıdır.

Kuraklığa maruz kalan bitkilerin hücrelerinde absizikasit (ABA) miktarının arttığı bilinmektedir. ABA kurak şartlarda stomaların kapanmasını sağlayan bir hormondur. Kuraklık stresine uğrayan bitkilerde stoma hücrelerinde ABA miktarı artmakta, bunun sonucu olarak suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve K iyonu azalmaktadır. Böylece ozmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanmaktadır. Bu mekanizma, hormonal kontrol olarak adlandırılır.

Stoma hücrelerindeki K iyonu miktarı da stoma hareketleri üzerine etkide bulunmaktadır. Bitki turgor durumunda iken stoma hücrelerine bitişik hücrelerden K iyonları alınır. Böylece ozmotik basıncı artan stomalar açılır. Bitkide turgor sona erdiğinde ise stoma hücrelerindeki K iyonları tekrar bitişik hücrelere geçer ve bu şekilde ozmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanır. Bu mekanizma da iyon kontrolü olarak adlandırılır.

3.2.3 Protein Metabolizmasındaki Bozukluk

Kuraklık zararı sadece su kaybından değil, aynı zamanda protein kaybından da meydana gelir. Kuraklık stresi ile bitkide protein metabolizmasında bir bozukluk meydana gelmektedir. Bu bozukluk proteinlerin parçalanması ve protein sentezinin azalması şeklinde görülür.

Proteinlerin parçalanmasıyla dokularda aminoasitler birikir, enzim kayıpları ortaya çıkar, ABA artar ve en önemlisi NH_3 gibi toksik bir bileşik ortaya çıkar. NH_3 bitkide metabolik dengenin bozulmasına neden olduğu gibi, suyun yukarı doğru taşınmasına da engel olarak iki yönlü zarar verir.

Protein metabolizmasındaki bozukluk, öncelikle nükleik asit (NA) metabolizmasındaki bozukluğa bağlıdır. Kuraklık stresıyla artan RNase enzim aktivitesi NA parçalanmasına neden olduğu gibi ribozomları tutan messenger RNA'yı da tahrip ederek poliribozom içeriğini azaltır. Ayrıca kuraklık stresi altında pek çok bitki de NA sentezinin azaldığı belirlenmiştir. İşte, nükleik asit metabolizmasındaki bu gibi bozukluklar sonucu protein sentezi azalmaktadır.

Kuraklık stresi ile protein kayıplarının ilki ribulos bifosfat karboksilas (RuBPCase) enziminin parçalanmasıyla ortaya çıkar. Bu enzim yaprakların başlıca çözünür proteini olup, CO_2 fiksasyonunda anahtar bir enzimdir.

3.2.4. Nitrat İndirgenme Aktivitesi

Bilindiği gibi bitkiler topraktan azotu NH_4 ve NHO_3 formlarında alırlar. Nitrat (NH_3) ve Amonyum (NH_4) formlarındaki azot, bitki bünyesinde indirgenerek NH_2 formuna dönüştürülür. Daha sonra

indirgenmiş azot yağ asitleriyle birleşerek aminoasitleri oluşturur. Aminoasitlerin birleşmesiyle de proteinler meydana gelir. Kuraklık stresıyla NO_3 halindeki azotun bitkiler için yararlı forma dönüştürülmesi engellenir. Nitrat indirgenme aktivitesinin azalması Nitratı indirgeyen enzim aktivitesinin azalmasıyla olur.

3.2.5. Hormonal Dengenin Değişmesi

Kuraklık stresi altında bitkilerde hormonal dengelerde bir takım değişiklikler meydana gelir. Hormonların işlevleri kısaca şöyledir: ABA, stomaların kapanmasını sağlayan bir hormondur. Ayrıca protein, RNA ve DNA'nın çeşitli aşamalarda sentezlenmesini önler. Etilen ise olgunlaşma üzerine etkili olan bir hormondur. Bu hormonlar gelişmeyi önledikleri gibi, yaprakların yaşlanmasına da sebep olurlar. Kuraklık stresi durumunda bu iki hormonun seviyesi yükselir ve bitki de yaşlanma başlar. Sitokininler yaprakların yaşlanmasını önleyen hormonlardır. Gibberellik asit (GA) büyüme ve olgunlaşma üzerine etkin olup stomaların geç kapanmasında rol oynar. İndol asetik asit (IAA)'ın kesin olarak hücre uzamasında etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca IAA yeni RNA ve protein sentezini de sağlamaktadır. Kuraklık stresi altında sitokininlerin, GA'nın ve IAA'nın miktarları azalmaktadır.

3.2.6. Fotosentezin Azalması

Kurak şartlarda bitkide fotosentez büyük oranda azalmaktadır. Fotosentez kabiliyeti o bitkideki total yaprak alanı ve her yaprağın fotosentez aktivitesi ile belirlenir. Kuraklık stresi ile total yaprak alanı azalmakta ve dolayısıyla fotosentez yavaşlamaktadır. Kuraklık stresi altında fotosentezin duraklaması iki şekilde olur: fotosentezin stomalar tarafından kontrolü ve stomalar dışındaki faktörlerce kontrolü.

Kuraklık stresi altında fotosentezdeki ilk azalma stomaların kapanması ve CO_2 absorpsiyonunun azalmasıyla ortaya çıkar. Bitki, su kaybını önlemek amacıyla stomalarını kapadığında fotosentez için gerekli CO_2 'nin alımı da önlenmiş olur. Ayrıca kuraklık stresi durumunda hücreler arası boşluk direnci de artarak buralarda CO_2 birikimine mani olunur. Yaprakların bu iki farklı tepkisi fotosenteze karşı yaprak direnci olarak adlandırılır.

Fotosentez stomalar dışındaki bazı faktörler tarafından da azaltılır. Bu faktörler çoğunlukla kroloplastik faktörlerdir. Fotosentez olayı baştan sona kadar kroloplastlarda cereyan eder. Kroloplastların özellikle stroma adı verilen bölgesinde CO_2 'yi fikse eden ve indirgeyerek organik bileşiklere dönüşmesini sağlayan rübuloz bifosfat karboksilas (RuBPCase) gibi enzimler bulunmaktadır. Su kaybı ile biyokimyasal reaksiyonlar sonucu RuBPCase enzimi azalmakta, dolayısıyla CO_2 fiksasyonu sekteye uğramaktadır. Başlangıçta fotosentez stomatal fatörler tarafından azaltılmakta ise de, kuraklık stresinin devam etmesi veya şiddetinin artmasıyla kroloplast ve

enzim aktivitesi depresyona uğramakta, bundan dolayı fotosentez stomalar dışındaki faktörler tarafından azaltılmaktadır. Ayrıca kuraklığın ileri safhalarında mezofil hücrelerinin hücre duvarının difizyon direnci artmakta ve böylece mezofil hücrelerine CO₂ girişi önlenmektedir. Fotosenteze karşı kromoplastlardaki bir takım metabolik bozukluklar ve mezofil hücrelerinin hücre duvarlarında oluşan değişim sonucu meydana gelen direnç de mezofil direnci olarak adlandırılır.

4. SOYANIN KURAKLIĞA DAYANIMI VE BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Soya, su gereksinimi bakımından pek çok kültür bitkisi gibi mezofit bir bitkidir. Yani, suyun ne eksik ne fazla olduğu alanlarda gelişimini sürdürebilmektedir.

Soyanın mevsimlik su ihtiyacı yörenin iklimine, toprak ve çeşit özelliklerine bağlı olarak çok farklılıklar göstermekle beraber 450-700 mm arasında değişmektedir (Korukçu ve Evsahipoğlu, 1981). Soya en iyi gelişmesini yağışlı iklim kuşağında gerçekleştirmektedir. Büyüme devresi içinde suya mutlak ihtiyaç göstermesine karşın, olgunluk döneminde de mutlak kuru hava istemektedir. Soya çimlenme devresinde tohum yatağının uzun süre yaş olmasından hoşlanmadığı gibi, bu devrede uzun süren kuraklıktan da etkilenmektedir. Büyüme ve gelişme devrelerinde muntazam dağılım gösteren sulama ve yağış istemektedir (Bayrak, 1989).

Tohumların çimlenebilmesi için ağırlıkların % 50'si kadar suyu topraktan alması gerekmektedir. Bu dönemde oluşacak su eksikliği veya aşırı nem gelişmeyi geciktirmektedir. Vejetasyon ilerledikçe bitkinin su ihtiyacı da artmakta ve çiçeklenme dönemiyle bakla doldurma döneminde maksimuma ulaşmaktadır (Şimşek ve ark., 2001). Bu dönemlerde oluşan su eksikliği aşırı çiçeklenmeye ve meyve dökümlerine sebep olmaktadır (Arioğlu, 1999).

Simiciklas ve Ark. (1989) farklı generatif devrelerde kuraklık stresinin soyada bitki gelişimine ve verimine etkilerini inceledikleri saksı denemelerinde, bitkileri çiçeklenme döneminde 6 saat, bakla oluşumu döneminde 8 saat, tohum oluşu başlangıcında 9 saat ve tohum oluşumunun sonunda 11 saat süreyle kuraklık stresine maruz bırakmışlardır. Bu çalışmanın sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, meydana getirilen yapay kuraklık stresi farklı devrelerde farklı etki yapmış, bitki en fazla tohum oluşumu devresinin başında ve sonunda etkilenmiştir. Bu devreler, bitkinin diğer organlarındaki besin maddelerinin tohuma taşındığı devredir. Su eksikliği nedeniyle besin taşınımı engellenmekte, böylece tohum verimi ve bindane ağırlığı düşmektedir. Benzer şekilde, tohum oluşum devresi başlangıcında meydana gelen kuraklık stresi tohumun çimlenme oranında önemli oranda düşmelere sebep olmaktadır. Araştırmacılar bunu tohumda kalsiyum içeriğinin azalmasına bağlamışlardır.

Muandemele ve Ark. (1988) Tanzanya'nın Magora eyaletinde yaptıkları tarla çalışmalarında benzer sonuçlara varmışlardır. Yapay kuraklık stresine maruz bıraktıkları 30 soya hattında kuraklığın bakla/bitki, tohum/bakla oranlarını dane verimini ve pişirilebilirliğini (yarım saat piştikten sonraki sertlik) azalttığını, kurağa maruz kalmış hatların danelerinin daha küçük olduğunu ve çimlenme oranlarının azaldığını bildirmişlerdir.

Aynı şekilde Shou ve Ark. (1991) yaptıkları saksı denemelerinde 8 soya çeşidini çiçeklenme başlangıcı ve bakla doldurma döneminde yapay kuraklığa tabi tutmuşlar ve soyada kuraklık stresinin yaprak/kök, bakla/kök oranlarını tohumların bindane ağırlığını ve çimlenme oranlarını azalttığını bildirmişlerdir.

Soyanın kuraklık stresine toleransında bitkinin gövde formu da bir noktaya kadar önemlidir. Genelde indeterminate formlar kurak şartlarda daha iyi bakla bağlayabilmekte ve kurağa daha iyi dayanım göstermektedirler (Blanchet, 1990).

Soyada kuraklık stresi altında meydana gelen verim kayıplarını ve benzeri olumsuzlukları önlemek için, ekimden önce toprağa 0-90 cm derinliği doyuracak şekilde tav suyu verilmeli ve bu işlem en geç 15 Haziran'a kadar yapılmalıdır. İlk sulama ise, ekimden 30 gün sonra, ikinci sulama 18-20 gün sonra diğer sulamalar ise gerektiğinde 10'ar gün aralarla yapılmalıdır. Kritik dönemler olan, çiçeklenme ve bakla doldurma dönemlerinde yapılan bir ya da daha çok sayıdaki sulamalar, verimi önemli ölçüde artırmaktadır. Şayet bir kere sulama imkânı varsa çiçeklenme dönemi sonlarında, iki defa sulama imkânı varsa ekim sonrası ve bakla doldurma dönemi başlarında yapılmalıdır. Sulamalara bakla doldurma dönemi bittikten sonra son verilmelidir (Tülücü, 1983).

Kuraklık stresi soya yağını meydana getiren yağ asitlerinin terkbine de etkili olmaktadır ve kurak şartlar altında yağın doymamışlık değeri artmaktadır. Nitekim Liu ve Ark. (1991) kurağa duyarlı ve dirençli tipler üzerinde kuraklığın yapraklara ve plazma membranlarındaki yağ asitlerine etkisini araştırdıkları çalışmada membran lipidinin myristic acid (14:0) stearic acid (16:0), palmitic acid (18:0), oleic acid (18:1), linoleic acid (18:3) ile az miktarda lauric acid (12:0), arachidonic acid (20:3) ve diğer bazı yağ asitlerinden ibaret olduğunu görmüşlerdir. Kuraklık stresi boyunca bu yağ asitlerinin bileşiminin değişmediğini, ancak özellikle linoleic acid (18:3) miktarının arttığını ve kurağa dirençli tiplerin daha fazla doymamış yağ asidi ve linoleic acid (18:2) içerdiğini bildirmişlerdir.

Benzer şekilde Yin ve Ark. (1989) Çinde tarla şartlarında yaptıkları tarla çalışmasında kuraklığın soya yağında doymamış yağ asidi içeriğini ve özellikle palmitic acid (18:0) ve linoleic acid (18:3) oranını artırdığını, tohumların yağ oranını ise kuraklık stresi altında nispeten arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1.Yetişme dönemi boyunca farklı zamanlarda kuraklık stresinin soyada bazı özelliklere etkisi (Smiciklas ve Ark., 1989).

Uygulama	Tohum Verimi (gr/bitki)	Tohum ağırlığı (gr)	Tohum sayısı (bitki)	Çimlenme(%)	Tohumun Ca içeriği
Stressiz	9.4	61.8	54	95.6	15.3
Çiçeklenme Döneminde stres (6 saat)	8.4	61.8	49	94.4	14.2
Bakla oluşumu döneminde stres (8 saat)	8.3	60.3	47	92.4	13.8
Tohum oluşumu başlangıcında stres (9 saat)	5.6	58.0	32	85.4	7.3
Tohum oluşumu sonunda stres (11 saat)	5.9	81.1	40	8.9	9.5

Soya, kurak şartlar altında bünyesinde ozmotik düzenleme yaparak veya erkencilik özelliğiyle kurak mevsimden kaçarak dayanım göstermeye çalışmaktadır.

Daha evvel de belirtildiği üzere kurağa maruz kalan bitkiler hücre turgorlarını koruyabilmek için hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirmek suretiyle ozmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar.

Zheng ve Wang (1989) Pekin’de kurağa dirençli, yarı dirençli ve duyarlı tipleri temsil eden 6 soya çeşidinin 1985-1986 yılları arasında tarla şartlarında yetiştirerek, kök sistemlerinin fizyolojisini incelemişlerdir. Köklerdeki çözünebilir şeker ve serbest aminoasit içeriği incelenen çeşitlerin tümünde, büyüme evreleriyle beraber değişmiş ve çiçeklenme ve bakla doldurma dönemlerinde maksimuma ulaşmıştır. Köklerin serbest aminoasit ve eriyebilir şeker içeriği ile kökün farklı bölgelerinde bulunan hücrelerdeki ozmotik konsantrasyon ve hücre özsuyu miktarı ile çeşidin kurağa direnci doğru orantılı olarak artmıştır. Anılan özelliklere ilişkin değerler, kurağa dirençli çeşitlerde yüksek, yarı dirençli ve duyarlı tiplerde daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Benzer şekilde Meyer ve Boyer (1981) soya fidelerinden kısıtlı sulamanın başlamasından hemen sonra görülen aminoasit ve şekerlerdeki artışın 12 saat sonra en yüksek değere ulaştığını saptamışlardır. Araştırmacılar doyma noktasında sulananlara göre kısıtlı sulanan fidelerde aminoasit miktarının % 37, glukoz + fruktoz miktarının % 100 ve sakkaroz miktarının % 480 oranında artış gösterdiğini tesbit etmişlerdir. Bu artışın hücrelerdeki su hacminin azalışından kaynaklanmadığını, bunun nedeninin ozmotik potansiyeldeki düşüş olduğunu ve kısıtlı sulamada hipokotil bölgesinde ozmotik düzenlemenin sağlanmasında bu artışın önemli rol oynadığını bildirmişlerdir.

Soyanın kuraklık stresine karşı gösterdiği bir başka dayanım şekli de erkenciliktir. Marjinal yağmur düşen bölgelerde soya tarımının yaygınlaştırılması için erkenci tiplerin seçimi kuraklık stresine karşı

geliştirilebilecek en iyi stratejilerden biridir (Rose ve Ark. 1992).

İster erkenci, ister geç olumlu olsun, soyanın kurağa karşı dayanım gücünü sınırlayan en önemli özelliği, kuraklık stresi altında stomaların açılıp kapanmasını, transpirasyonla su kaybını önleyecek şekilde düzenleyemeyişidir. Bu özelliği ile soya kurağa, bürülmeden daha hassas, fakat fasulyeden daha dayanıklıdır (Gang ve Gao, 1992).

Soyada kurağa dayanım gücünü ortaya koymak amacıyla pek çok araştırmalar yapılmıştır. Nitekim, Liu ve Guo (1987), yüksek, orta ve düşük susuzluk direncine sahip soya tohumlarının su emme katsayılarını sırasıyla 1.16, 1.34 ve 1.38 olarak tespit etmişlerdir. Su emme kat sayılarındaki artış düşük ve orta susuzluk direncine sahip tohumlarda 24 saatte stabil hale gelirken, yüksek dirence sahip tohumlarda 0-72 saatlik periyot boyunca devamlı artmıştır. 3 tipin 48 saatteki çimlenme oranları yüksek dirençlilerde % 37.2, orta dirençlilerde % 22.6 ve düşük dirençlilerde ise % 19 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar bu sonuçlara dayanarak, su emme zamanlarının ve 48 saat içindeki çimlenme oranlarının susuzluk direncinin tespitinde bir belirteç olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yapılan biyokimyasal çalışmalarda kuraklık stresine uyum sağlayan bazı bitkilerin yapraklarında prolin biriktirdikleri gözlenmiş olup, aynı türün kuraklığa dayanıklı ve dayanıksız varyeteleri karşılaştırıldığında, dayanıklı olanların düzenli bir şekilde daha fazla proline sahip oldukları tespit edilmiştir (Singh ve ark., 1972). Kuraklığa dayanıklı soya varyetelerinde de böyle bir durum söz konusudur. Nitekim Guo ve Ark. (1988), 4 yüksek, 2 orta ve 4 zayıf susuzluk direncine sahip toplam 10 soya çeşidini tarla şartlarında, yaprakların serbest prolin içeriği, su tutma kapasitesi, su emme kapasitesi ve su içeriği bakımından karşılaştırmışlardır. Her üç tipte de yaprak su emme kapasitesi ile toprak su içeriği arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Yaprak su emme kapasitesi ve yaprak su içeriği, yüksek susuzluk direncine sahip çeşitlerde fazla iken, diğer iki grup arasında farklılık tespit edilmemiştir.

Kuraklık stresi şartlarında orta dirençli türler, yüksek prolin içeriği ve yüksek su tutma kapasitesi değeri, düşük su emme kapasitesi değeri gösterirken, yüksek dirençli çeşitler, kuraklık stresine düşük prolin içeriği, düşük tutma kapasitesi ve yüksek su emme kapasitesi ile cevap vermişlerdir. Araştırmacılar, bu sonuçlara dayanarak yüksek yaprak su tutma kapasitesi ve düşük prolin içeriğinin susuzluk direnci için yapılacak seçimde ölçü olabileceğini bildirmişlerdir.

Kuraklık stresine toleranslı tipler elde etmede dikkate değer bir diğer husus da azot tesbitinin durumudur. Zira kuraklık stresi altında soyada tespit edilen azot miktarı ve yapraklarda fotosentez oranı düşmektedir (Sun ve Ark. 1991). Kurak şartlarda 3000 çeşit üzerinde yürütülen bir çalışmada, sadece 8 çeşidin azot fiksasyon oranlarının belirgin düşüş göstermediği belirlenmiştir (Thomas ve ark., 2000). Bitkide azot tesbitinin bu şekilde kurağa karşı duyarlı oluşu, bitkideki fizyolojik oluşumların çoğundan daha mükemmeldir. Bu sebeple azot tesbitinin kuraklık stresi altındaki durumun kurağa mukavim soya çeşitleri geliştirilmesinde bir anahtar oluşum sayılabilir. Üreidler, soyadaki azot tesbitinin final ürünlerinden biridir. Silva ve Ark. (1996) kuraklık boyunca nodül aktivitesi ve yaprak saplarındaki üreid konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi tespit etmek ve iyi sulanan bitkilerde üreid konsantrasyonu ile transprasyon oranı arasındaki ilişkiyi bulmak amacıyla yaptıkları çalışmada, bitkileri farklı gelişme dönemlerinde 0,4,5 ve 7 gün susuz bırakarak yapay bir kuraklık oluşturmuşlar ve kuraklık stresi boyunca yaprak saplarındaki üreid miktarının arttığını, buna bağlı olarak azot fiksasyonunun ve transprasyon oranının azaldığını tesbit etmişlerdir. Bu bağlamda kuraklık stresi boyunca yaprak saplarında artan üreid konsantrasyonunun nodül aktivitesinin ve transprasyon miktarının bir belirteci olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir.

Yüksek verimlilik ile kuraklık toleransını bir çeşitte bir araya getirmek soya ıslahında daima arzulanan bir hedef olmuştur. Ancak bugüne kadar geliştirilen yüksek verimli hiçbir çeşit kurağa dayanıklı bulunmamıştır. ABD'nin Nebraska eyaletinde 250 soya hattı üzerinde yürütülen bir çalışmada, bitkilere verilen su miktarı ile birlikte veriminde arttığı görülmüştür. Ancak bazı hatlarda uygulanan su miktarındaki azalmanın verimde daha az bir düşüşe sebep olduğu belirlenmiş ve bunlar kurağa nispeten dayanıklı hatlar olarak tanımlanmıştır. Daha sonra denemede kullanılan hatlarla yapılan laboratuvar çalışmalarında soyanın gen haritası hazırlanmıştır. Bu haritanın yardımıyla elde edilen sonuca göre kurağa dayanıklılık ile yüksek verim potansiyelinin aynı genler tarafından kontrol edildiği gözlenmiştir (Specht ve Gordon, 2000). Dolayısıyla kurağa mukavim olan çeşitler doğal olarak aynı zamanda düşük verimli olmaktadır. Bununla birlikte mısır ve sorgum bitkilerde bulunan ve kurağa mukamevet ile ilgileri deneysel olarak ispatlanan trigonelline (nicotinic acide betaine) soyada da tespit edilmiştir. (Jaehning,

2000). Yapılan sera çalışmalarında suni olarak oluşturulan kuraklık stresinin şiddetine bağlı olarak soya yapraklarında trigonelline birikiminin arttığı gözlenmiştir (Youngkoo ve ark., 2000). Bu maddenin kuraklığa dayanımda anahtar faktör olduğu tahmin edilmektedir.

5. SONUÇ

Bitkisel üretimde süregelen sorunlardan biri su eksikliğidir. Kültür bitkileri gelişimleri için genellikle fazla miktarda suya ihtiyaç duyarlar. Su noksanlığı çoğu zaman verim kayıplarının yanı sıra önemli kalite düşüşlerine de sebep olmaktadır. Kuraklıkla mücadelede geleneksel çözüm sulamadır. Fakat, günümüzde kaliteli su kaynakları azalmakta ve pek çok alanda çiftçiler, sanayiciler ve belediyeler gibi farklı kullanıcılar aynı su için rekabet etmektedirler. Bu yüzden sulama, kuraklık probleminin çözümünde, çiftçiler sulama suyu masraflarını ve gerekli ekipmanın yüksek masraflarını karşılayabilseler bile, pek ümitvar bir tercih olarak görülmemektedir. Bu kanaat giderek yaygınlaşmaktadır ve kurak koşullar altında iyi verim sağlayabilme kapasitesine sahip bitkilere karşı artan bir ilgi bulunmaktadır. Soya kurağa orta derecede dayanım gösteren bir bitkidir. Ancak soyada kuraklık toleransı ve yüksek verim potansiyeli arasında ters bir ilişki vardır (Specht ve Lark, 1998). Dolayısıyla yüksek verimli çeşitler kurak şartlarda yetiştirildiğinde verim kayıpları kaçınılmaz olmaktadır. Bununla birlikte daha önce mısır ve sorgumda varlığı tespit edilen ve kuraklığa dayanımda anahtar faktör olduğu tahmin edilen tirigonelline (nicotinic acide betaine) soyada da rastlanmıştır (Jaehning, 2000). Bu gelişme ümit verici olup konuyla ilgili çalışmalar halen devam etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Arioğlu, H., 1999. Yağ bitkileri yetiştirme ve ıslahı. Çukurova Üniversitesi yayımları. No:212. Adana.
- Bayrak, F., 1989. Bafra Ovasında Soyanın Fosfor-Su İlişkileri ve Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müd. Samsun Arş. Ens. Müd. Yay. , Genel Yay. No: 50, Rapor Seri No: 44, Samsun.
- Blanchet, R., 1990. The Beginnings of Determinate Varieties Bulletin- Cetiom, No: 106, 14-16, 3 Ref.
- Eriş, A., 1990. Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. U.Ü.Z.F. Yay. Ders Notları No: 11, Bursa.
- Gang, G.P., Gao, A.L., 1992. Comparative studies of drought Resistance Between Soybean And Cowpea. Soybean Science. NO:11 , 336-342, 9 ref.
- Gedik, A., 1997. Meteoroloji Ders Kitabı. O.M.Ü.Z.F. Yay. , No: 10, Samsun.
- Göksoy, A.T. ; Turan, Z.M., 1991. Kuraklığın Bitki Fizyolojisi ve Morfolojisi Üzerine Etkileri. U.Ü.Z.F. Dergisi, No: 8, s. 189-199, Bursa.
- Guo, Z.Q. Liu X.Y. ; Zhang, J.R. 1988. Study on Physiological Criteria of Drought Resistance in Soybean. Shanxi-Agricultural Science. No: 4, 6-9, 7 Ref.
- Jaehning, K.C., 2000. Improving drought resistance in soybean. <http://nws.siu.edu>.
- Korukçu, A., Evsahipoğlu, A.M., 1981. Soya ve Sulanması. Tarım ve Mühendislik Dergisi. T.Z.O.B. Zir. Müh. Odası Yay. Sayı 6, 23-26 s., Ankara.

- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to environmental Stresses. Academic Press, Inc. (London).
- Liu, L.J. ; Ying, T.F. ; Meng, L., 1991. Effect of Drought on Fattyacid Composition of Membrane Lipids of Plazma Membranes. No: 100, 17-22, 5 Ref.
- Liu, X.Y; Guo, Z.Q. , 1987. Water Absorbing Characters of Soybean Seeds of Different Drought Resistance at Germination. Oil-Crops of China. No: 4, 30-32, 3 Ref.
- Meyer, R.F. ; Boyer, J.B., 1981. Osmoregulation Solute Distribution and Growth in Soybean seedlings Having Low Water Potential. Planta 151. 482-489.
- Muandemele, O.D. ; Doto, A. , 1988. Evulation of Soybean Lines for Drought Tolerance and the İnfluence of Water Availability on Cookability. Turialba, No: 38, 194-197, 9 Ref.
- Öztürk, M.A. , Seçmen,Ö., 1992. Bitki Ekolojisi, E. Ü. Fen Fak. Yay. No: 141, İzmir.
- Rose, I.A. ; Mcwhirter, K.S. ; Spurway, R.A. , 1992. Identification of Drought Tolerance in Early-maturing İndeterminate Soybean. Australian-Journal- of acricultural- researcha. No: 43. , 645-657. 14 Ref.
- Shou, H.X.; Zhu, D.H.; Zhu, S.L. 1991. A Preliminary Study of The Responce of 8 Soybean cultivars to Drought and Drought Resistance İndices. Zhejiang-Nongye-Kexue. No: 6, 278-281, 4 Ref.
- Silva, M. Purcell, L.C. ; King, C. A. ; De Silva, M. 1996. Soybean petiole Ureide Response To Water Deficits and Decreased Transpiration. Crop-Science. No: 36, 611-616, 28 Ref.
- Singh, T.N., Aspinall, D., Paleg, L.G., 1972. NatureNew Biol. 236, 188-190.
- Smiciklas, R.G. ; Carrillo, S.P. ; Agudelo, D.O. , 1989. Evaluation of Soybean Cultivars With Different Growth Habits Accoting to İrrigation Revel. Acta-Agronomical, Universited-National -de- Colombia No: 38, 7-22, 17 Ref.
- Specht, J.E.,Gordon, L.,2000. A Qtl Analysis Of Soybean Yield Response To Water: Is Drought Sensitivity A Pleiotropic Consequence Of Higher Yield Potential? Plant & Animal Genome VI Conference Town & Country Hotel, San Diego, CA, January 18-22, 2000.
- Sun, G. Y. ; Zou, Q. ; Cheng, B. S. ; Wang, T.C. 1991. Responses of Photosynthetic Rate and Stoamatal Contuctance to Water Stress in Soybean Leaves; Acta-Botanica-Sinica. No: 33, 43-49, 8 Ref.
- Şimşek, M., Boydak, E., Gerçek, S., Halil, K., 2001. Harran ovası koşullarında farklı sulama ve sıra aralıklarında yağmurlama -damla sulama yöntemleriyle sulanan soya fasulyesinin su verim ilişkisinin saptanması. A. Ü. Zir. Fak. Dergisi. 2001, 7 (3) 88-93.
- Thomas, R.,Purcell, L. C., Vadez, V.,Serraj, R.,King, C. A., 2000. Identification Of Soybean Genotypes With N2 Fixation Tolerance To Water Deficit.United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service Publications.
- Tülücü, K. 1983. Soya Sulaması. Çiftçi Eğitim Semineri (27.5.1983). Ç.Ü.Z.F. Kültür Teknik Böl., Adana.
- Yin, T.F. ; Song, Y.S. ; Liu, L. ; Wang, Y.Z. ; Bao, F. ; Xu, W.R., 1989. Effects of Drought on The Constituends of Phospholipit and Fattyacid in Mitochondrial Membrane Lipids of Soybean Leaves. Plant- Phisyology- Communications. No: 4, 16-18. 11 Ref.
- Youngkoo, C., Nijiti, V., Chen, X., Lightfoot, D.A.,Wood, A.,2000. Alteration of trigonelline concentration in *Glycine max* under drought and irrigated field conditions. Plant Biology 2000.Saturday, July 15 - Wednesday, July 19 - San Diego, CA USA.
- Zheng, P.Y.; Wang, F.H., 1989. A Comparative Study of Rood Characters in Soybean Varieties with Different Drought Resistance. II. Phisyological Functions. Oil Crops of China, No: 2, 6-9, 10 Ref.