



Tahıllarda Kuraklık Stresi

İmren Kutlu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 26100, Eskişehir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar

e-posta: ikutlu@ogu.edu.tr

Özet

Kuraklık dünyanın birçok ülkesinde bitkisel üretimi sınırlayan en önemli çevresel stres faktörlerinden biridir. Yıl içindeki yetersiz ve/veya düzensiz yağış ile yüksek sıcaklık kuraklığa neden olan temel faktörlerdir. Kuraklığın etkilerini en aza indirmek için yapılan araştırma çalışmaları (sulama ve diğer kültürel işlemler) arasında en önemlilerinden birisi de kuraklığa dayanıklı çeşit ıslahıdır. Ancak kuraklığa dayanıklılığın mekanizması ve bunun göstergesi olan parametreler iyi anlaşılmadıkça bu konuda yapılan çalışmaları geliştirmek zor olmaktadır. Bu derlemede, kuraklığın farklı çevrelerde ve değişik bitki gelişim dönemlerindeki etkileri ve tahılların kuraklığa tolerans ıslahında kullanılan seleksiyon kriterleri ile kuraklık zararının etkilerini azaltabilecek kültürel önlemler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, tahıllar, kültürel işlemler, ıslah.

Drought Stress in Cereals

Abstract

Drought is one of the most important environmental factors limiting agricultural production in many countries of the world. Insufficient and/or irregular rainfall and high temperature through year are the main factors causing drought. Among all research efforts (irrigation and other agronomic practices) to minimize the drought, breeding is one of the most important way to increase drought resistant varieties. However unless its parameters are better understood, it is difficult to improve the effectiveness of these efforts. In this review, the effects of drought at different locations and at different plant growth stages, and the selection criteria used in breeding of cereals for drought tolerance and agronomic process reduces the drought damage, were discussed.

Keywords: Drought, cereals, agronomic practices, breeding.

GİRİŞ

Kuraklık, dünya tarım alanlarının büyük bir bölümünde bitkisel üretimi sınırlandıran önemli bir faktördür. Dünya üzerindeki ekilebilir alanlarda görülen stres faktörleri içinde kuraklık stresi % 26'lık payla en büyük dilimi almaktadır [4]. Kuraklık stresi bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler olaya sebep olmakta ve buna bağlı olarak bitkiler, sınırlı çevresel koşullara adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedirler [1,12].

Genel anlamda meteorolojik bir olgu olan kuraklık; toprağın sahip olduğu suyun bitkilerin gelişiminde yetersiz kalmasına ve gelişmelerinde gözle görülür bir azalmaya neden olacak kadar uzun süren, yağışsız dönemdir. Yağışsız dönemin kuraklık oluşturmaya; toprağın su tutma kapasitesi ve evapotranspirasyon hızına bağlıdır [14]. Yetiştiricilere göre kuraklık, topraktaki nem miktarının solma

noktasında bulunmasıdır. Kuraklık genel ilkeler içerisinde, ağır kuraklık (ivegen, akut), sürekli kuraklık (kronik) ve fizyolojik kuraklık şeklinde üçe ayrılabilir [9].

BİTKİLERDE KURAKLIK STRESİNİN ETKİLERİ

Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri; mekanik, metabolik ve oksidatif etkiler olarak görülmektedir.

Mekanik Etki: Bitki hücrelerinden belirgin bir su kaybı gerçekleştiği zaman, bitkide oluşan turgor kaybı sonucu kendini gösterir [9]. Hücreden su kaybıyla birlikte, membran yapısı değişikliğe uğramakta ve bu yeni yapıda membran lipidleri sıvı-katı fazında olduğundan daha az kinetik enerji ile lateral ve rotasyonel hareket göstermektedir. Su kaybına bağlı olarak hücrede hacim azalmakta

ve plazma membranı hücre duvarından ayrılarak yalnız plazmodezmler aracılığıyla ilişkisini sürdürmektedir (plazmoliz). Gerilim altındaki plazma membranı ve tonoplastta çökme ve yırtılmalar oluşabilmekte [16] ve bu zarar, normal hücre metabolizmasını kalıcı olarak bozabilmektedir.

Metabolik Etki: Hücre içeriğinin büyük bir kısmını oluşturması, taşıyıcı olması, hücresel reaksiyonlar ve işlevler için çözücü rolü oynaması gibi fonksiyonel özelliklerinden dolayı suyun, hücreden kaybı durumunda, normal işleyiş devam edememekte ve metabolizma bozulmaktadır. Su kaybına bağlı olarak gerçekleşen iyon-birikimi, membran bütünlüğünün ve proteinlerin yapısının bozulmasına yol açarak hücreye zarar verebilmektedir. Su kaybı sonucunda; proteinlerin yapısında bulunan hidrofobik ve hidrofilik amino asitlerin su ile etkileşimleri bozulmaktadır [12]. Bu durum protein denatürasyonlarına ve enzimlerin yavaşlamasına neden olmaktadır. Kuraklık stresi sırasındaki hasarda, bir başka etken de, DNA ve RNA gibi nükleik asitlerin bozulmasıdır.

Oksidatif Etki: Suyun kısıtlı olduğu dönemlerde vejetatif bitki dokularında oksidatif stresin en yaygın nedeni, kloroplastta gerçekleşen ışık-klorofil etkileşimleri diye düşünülmektedir. Su kısıtlı hale gelirken, bitki daha fazla su kaybetmemek için, genelde, stomalarını kapatır, bu da fotosentezle fiksasyon için gerekli CO₂'nin alınmasını kısıtlanmasına neden olur [12]. Birçok türde, kuraklık stresi altında artan O₂ oluşum hızı; lipid peroksidasyonuna, yağ asidi doymunluğuna ve sonuçta membranların bütünüyle zarar görmesine neden olur.

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 emmeye yöneliktir. Kuraklık stresi altında ilk olarak kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Kurak şartlarda fotosentez yavaşlar ve bunun sonucu olarak fide gelişimi zayıflar. Kısa süreli kurak periyotlarda bile yaprak büyümesi yavaşlar. Kuraklık stresi bir tepki olarak bazı bitkilerde yaprakların üzeri sık tüylerle kaplanır. Bu tüyler, alttaki hücrelerin

sıcaklığını 1–2 °C düşürerek, transpirasyon hızını azaltır. Ayrıca yaprak üzerinde mumsu bir tabaka oluşur, bu kütikula tabakası güneş ışınlarını yansıtarak sıcaklığın etkisini azaltır ve böylece transpirasyon hızı kesilir [10].

Kuraklığın Bitki Fizyolojisi Üzerine Etkileri

1. Osmotik Düzenleme: Kuraklık stresi maruz kalan bitkiler, turgorlarını koruyabilmek için, hücreleri içinde bazı organik çözeltileri biriktirmek suretiyle osmotik potansiyellerini düzenlemeye çalışırlar. Kuraklık stresi altında çözelti artışının başlıca kaynağı olarak, çözünebilir karbonhidratlar ortaya çıkar. Özellikle glikoz, sakkaroz gibi çözümlü şekerler ve malat birikmesi görülür. Bunlar dışında potasyum (K), şeker alkoller ve bazı organik asitler de osmotik düzenleyici olarak biriktirmektedir. Osmotik düzenlemenin derecesi üzerine bitkilerin yaşı, özellikle de generatif gelişme dönemi etkili olmaktadır. Çiçeklenme öncesinde bitkide, yavaş seyreden osmotik düzenleme, çiçeklenmeden sonra hızlanmaktadır [8].

2. Stoma Hareketleri: 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. Kuraklık stresi uğrayan bitkilerde stoma hücrelerinde absisik asit (ABA) miktarı artmakta, bunun sonucu olarak suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve K iyonu azalmaktadır. Böylece osmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanmaktadır. Bu mekanizma, hormonal bir kontrol olarak kabul edilmektedir. Stoma hücrelerindeki K iyonu miktarı da stoma hareketleri üzerine etkide bulunmaktadır. Bitki turgor durumunda iken stoma hücrelerine bitişik hücrelerden K iyonları alınır. Böylece osmotik basıncı artan stomalar açılır. Bitkide turgor sona erdiğinde ise stoma hücrelerindeki K iyonları tekrar bitişik hücrelere geçer ve bu şekilde osmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanır. Bu mekanizma iyon kontrolü olarak adlandırılır [13].

3. Protein Metabolizmasındaki Bozukluk: Kuraklık zararı sadece su kaybindan değil, aynı

zamanda protein kaybından da meydana gelir. Kuraklık stresi ile bitkinin protein metabolizmasında bir bozukluk meydana gelmektedir. Bu bozukluk proteinlerin parçalanması ve protein sentezinin azalması şeklinde görülmektedir. Proteinlerin parçalanmasıyla dokularda aminoasitler birikir, enzim kayıpları ortaya çıkar, ABA artar ve en önemlisi amonyak (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 stresiyle 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 bitkide NA sentezinin azaldığı belirlenmiştir. Nükleik asit metabolizmasındaki bu gibi bozukluklar sonucu protein sentezi azalmaktadır. Kuraklık stresi ile oluşan protein kayıpları Ribulosa Bifosfat Karboksilas (RuBPCase) enziminin parçalanmasıyla başlar. Bu enzim, yaprakların başlıca çözünür proteini olup, CO_2 fiksasyonunda anahtar bir enzimdir [13].

4. Nitrat İndirgenme Aktivitesi: Bitkiler topraktan azotu amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) formlarında almaktadırlar. Nitrat (NO_3^-) ve Amonyum (NH_4^+) formlarındaki azot, bitki bünyesinde indirgenerek amin (NH_2) formuna dönüştürülür. Daha sonra indirgenmiş azot yağ asitleriyle birleşerek, aminoasitleri oluşturur. Aminoasitlerin birleşmesiyle de proteinler meydana gelir. Kuraklık stresiyle, NO_3^- halindeki azotun bitkiler için yararlı formaya dönüştürülmesi engellenir. Nitrat indirgenme aktivitesinin azalması, nitratı indirgeyen enzim aktivitesinin azalmasıyla olur.

5. Hormonal Dengenin Değişmesi: Kuraklık stresi altındaki bitkilerde hormonal dengelerde bazı değişiklikler meydana gelir. Hormonlardan ABA, stomaların kapanmasını sağlar, ayrıca protein, RNA ve DNA'nın çeşitli aşamalarda sentezlenmesini önler. Etilen, olgunlaşma üzerine etkili bir hormondur. Bu iki hormon gelişmeyi önledikleri gibi, yaprakların yaşlanmasına da sebep olurlar. Kuraklık stresi durumunda bu iki hormonun seviyesi yükselir ve bitkide yaşlanma başlar.

Sitokininler ise yaprakların yaşlanmasını önleyen hormonlardır. Gibberellik asit (GA) büyüme ve olgunlaşma üzerine etkili olup, stomaların geç kapanmasında rol oynar. İndol asetik asit (IAA) hücre uzamasında etkilidir, ayrıca yeni RNA ve protein sentezini de sağlamaktadır. Kuraklık stresi altında sitokininler, GA ve IAA miktarları azalmaktadır.

6. Fotosentezin Azalması: Kurak şartlarda bitkide fotosentez büyük oranda azalmaktadır. Fotosentez yeteneği o bitkideki toplam yaprak alanı ve her yaprağın fotosentez aktivitesi ile belirlenir. Kuraklık stresi ile toplam yaprak alanı azalmakta ve dolayısıyla fotosentez yavaşlamaktadır. Kuraklık stresi altında fotosentezin duraklaması; fotosentezin stomalar tarafından kontrolü ve stomalar dışındaki faktörlerle kontrolü olarak iki şekilde olur. Kuraklık stresi altında fotosentezdeki ilk azalma stomaların kapanması ve CO_2 absorpsiyonunun azalmasıyla ortaya çıkar. Bitki, su kaybını önlemek amacıyla stomalarını kapattığında fotosentez için gerekli CO_2 'in alımı da önlenmiş olur. Ayrıca kuraklık stresi durumunda, hücreler arası boşluk direnci de artarak buralarda CO_2 birikimine engel olunur. Yaprakların bu iki farklı tepkisi, fotosenteze karşı yaprak direnci olarak adlandırılır.

Fotosentez stomalar dışındaki bazı faktörler tarafından da azaltılabilir. Bu da çoğunlukla kroloplast ile ilgili faktörlerdir. Kroloplastların özellikle stroma adı verilen bölgesinde CO_2 'i fiske eden ve indirgeyerek organik bileşiklere dönüşmesini sağlayan rübuloz bifosfat karboksilas (RuBPCase) gibi enzimler bulunmaktadır. Su kaybı ile biyo-kimyasal reaksiyonlar sonucu RuBPCase enzimi azalmakta, dolayısıyla CO_2 fiksasyonu sekteye uğramaktadır. Başlangıçta, fotosentez, stoma faktörleri 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 duvarlarının difüzyon direnci artmakta ve böylece mezofil hücrelerine CO_2 girişi önlenmektedir. Fotosenteze karşı kroloplastlardaki bir takım metabolik bozukluklar ve mezofil hücrelerinin hücre duvarlarında oluşan değişim sonucu meydana gelen direnç de, mezofil direnci olarak adlandırılmaktadır.

TAHILLARIN KURAKLIĞA DAYANIMI

Tahıllar, kuraklığa dayanımlarına göre; çavdar, tritikale (aldığı gene göre değişir), arpa(su isteği fazladır, ancak erkenciliği sayesinde kuraklıktan kaçır), buğday ve yulaf şeklinde sıralanır. Serin iklim tahıllarında kuraklığa dayanım, bitkilerin köklerini derine indirebilmeleriyle doğru orantılıdır. Yulafta derin kök sistemi bulunması genetik bir özellik olmasına rağmen, fazla su tüketmesi, kuraklığa dayanımını azaltmaktadır. Her bitkinin kuraklığa tepkisi büyüme devrelerine göre değişmektedir. Erken gelişme dönemlerindeki kuraklık, bitki boyunda, yaprak alanında ve fertil kardeş sayısında azalmaya; sapa kalkma ile çiçeklenme dönemleri arasındaki kuraklık, fertil başak, başakta fertil başakçık ve başakçıkta fertil çiçek sayısının azalmasına; başak oluşumu dönemindeki kuraklık, başaktaki tane sayısının azalmasına; çiçeklenmeden sonraki kuraklık, tanede ağırlık düşüşüne neden olmakta, tane dolum dönemindeki kuraklık ise yetersiz kalan asimilatların paylaşımı yönünden başak içi rekabeti artırma yoluyla, başağın uç ve dip kısımlarında tane kaybına yol açmaktadır.

Yapılan çalışmalar, erken gelişme dönemlerindeki kuraklığın verim üzerindeki olumsuz etkisi, geç kuraklığa göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Erken kuraklık birim alandaki tane sayısını azaltırken, geç kuraklık tane ağırlığını sınırlamıştır. Başaklanmadan 10 gün önce veya çiçeklenmeye yakın dönemde meydana gelen kuraklık stresi, tane verimini diğer gelişme dönemlerdeki kuraklık stresine göre daha olumsuz etkilemektedir. Ülkemiz tahıl üretim alanlarında, çiçeklenme sonrası kuraklık, daha sık karşılaşılan bir durumdur [17]. Bitkiler çiçeklenme döneminin hemen öncesinde ve çiçeklenme sırasında, su stresine çok hassas durumdadırlar. Bu dönemde meydana gelen kuraklık, metrekarede fertil başak sayısı, başakta tane sayısı veya tane ağırlığını azaltarak verimi olumsuz olarak etkilemektedir. Bu kuraklık biçiminde, kuraklıktan kaçış mekanizması olarak erkencilikten yararlanılmaktadır [19]. Sonbahar aylarında oluşan kuraklık, yeterli çimlenme ve çıkış olmadan veya kardeşlenme dönemine ulaşmadan kışa girmeye neden olduğundan, soğuk zararının dolaylı sonucu olan, fizyolojik kuraklık da görülebilmektedir. Kış ayları ve ilkbaharda uzun süreli olarak gerçekleşen kuraklıklar, zamanında ve uygun bir çıkış gerçekleşse bile kardeşlenme, sapa kalkma ve başaklanma dönemini de içine alacağı için, kardeş

sayısında azalma, hücre büyüme ve bölünmesindeki azalmaya bağlı olarak bitki boyunda kısıllama, başakçık ve çiçek sayısında azalma meydana getirir. Kış ve ilkbahar aylarını kapsayan bir kuraklık ortaya çıktığında, erkencilik, kuraklıktan kaçış mekanizması olmaktan çıkıp, kuraklıktan daha fazla etkilenmeye neden olmaktadır.

Geniş adaptasyonu ve insan beslenmesindeki yeri nedeniyle, dünyanın en önemli bitkilerden biri olan buğdayın kuraklığa bağlı olarak veriminin azalması, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği ve dünya besin güvencesini tehdit etmektedir. Bu yüzden kurağa dayanımla ilgili çalışmalar buğday üzerinde oldukça yoğundur.

Kuraklığa dayanımı iyi olan genotiplerin seçimi ve kuraklığa dayanımı iyi olan çeşitlerin geliştirilmesi çalışmalarında etkili seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi, üzerinde çok durulan bir konu haline gelmiş olup, çeşitlerin sulu ve kuru koşullar altındaki performanslarının belirlenmesi, kuraklığa toleransı yüksek çeşitlerin ortaya çıkarılmasında bir başlangıç noktası olarak görülmektedir [7].

Mardeh ve ark. [15], değişen çevre koşulları altında kuraklığa dayanıklı genotipleri belirlemede kuraklık duyarlılık indeksi (SSI), stres tolerans indeksi (STI), ortalama verimlilik (MP), geometrik ortalama verimlilik (GMP), verim indeksi (YI), verim stabilite indeksi (YSI), tolerans (TOL) gibi seleksiyon indekslerinin kullanılabilirlik düzeyini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. 11 ekmeclik buğday hattını, 2 farklı lokasyonda, 2 yıl yetiştirmişler ve yıllar, lokasyonlar ve uygulamalar arasında önemli farklılıklar bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre; ılımlı stres koşulları altında, MP, GMP ve STI daha etkili birer seleksiyon kriteri olarak bulunurken, şiddetli stres koşulları altında SSI, dayanımı yüksek genotipleri ayırmada daha etkili bulunmuştur.

Kurak koşullar altında sadece verim bakımından yapılacak seleksiyonun başarısı, tane veriminin kalıtım derecesinin düşük olması nedeniyle yetersiz olacaktır [5]. Bu nedenle stres koşulları altında verim azalmalarını engelleyen belirli bazı özelliklerin, tane verimiyle kombine edilmesi gerektiği ileri sürülmüştür [22].

Başer ve ark. [3], 1999 ve 2000 yıllarında, 8 ekmeclik buğday çeşidi ve 19 ileri ekmeclik buğday hattı ile, genotiplerin kurağa dayanım özelliklerindeki değişimleri ve bunların tane verimiyle olan basit ve çoklu ilişkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada; başaklanma

gün sayısı, tane dolum süresi, bitki boyu, bayrak yaprak alanı, mumsuluk oranı, stoma sayısı, yaprak su tutma yeteneği gibi özellikleri incelemiştir. Yapılan korelasyon ve path analizi sonucunda; yaprak su tutma yeteneği, tane dolum süresi ve bayrak yaprak alanının önemli seleksiyon ölçütleri olduğu belirlenmiş, mumsuluğun tane verimi üzerine olumlu bir etkisi görülmemiştir.

Kuraklığa dayanımı yüksek çeşit arayışlarının yanı sıra, kuraklığa dayanımı yüksek yeni bitki türleri ortaya çıkarmak için de çalışmalar yapılmıştır. Tritikale, bu çalışmaların bir sonucudur. Buğdayın kalitesiyle, çavdarın kötü koşullara dayanımının bir araya getirilmeye çalışıldığı tritikalenin, dünyanın gıda ihtiyacını karşılamak için buğdaya bir destek olarak görülmesi, bu bitki üzerindeki çalışmaları yoğunlaştırmıştır. Her ne kadar, bir ölçüde, çavdarın kötü koşullara dayanıklılık özelliğine sahip olsa da, kuraklığa dayanımı yüksek olan tritikale çeşitlerini ortaya çıkarmak da önemli bir ıslah amacı olarak görülmektedir.

Grzesiak ve ark. [11], 2000–2001 üretim sezonunda, 4 tritikale hattı ve 7 tritikale çeşidi ile bir çalışma yürütmüşlerdir. Kuru ve sulanan koşullarda yetiştirilen tritikalelerde, günlük büyüme derecesi ve tane verimi ölçülmüş, elde edilen verilerden kuraklık duyarlılık indeksi (DSI) hesaplanmış ve gaz değişim parametreleri, yaprak su potansiyeli, klorofil içeriği, yaprak hasarı gibi laboratuvar testleriyle, korelasyon yapılarak kıyaslanmıştır. Tritikalede kuraklığa dayanım için en uygun testlere karar vermek amacıyla yürütülen bu çalışmada, DSI değeri ve laboratuvar testleri sonuçları, kuraklığa tolerans derecesinde, genetik varyans bulunduğunu göstermiştir. Yapılan laboratuvar testleri, bitkilerin vejetatif büyüme evresinde farklı kuraklık tolerans gruplarına ayrılabilceğini göstermiştir. Yaprak su içeriği ve yaprak hasarı, kuraklığa toleransı tahmin etmede en uygun teknikler olarak belirlenirken, bu ölçümler, arazi koşullarında yapılan ölçümlerden hesaplanan DSI değeriyle ilişkili bulunmuştur. Gaz değişim parametrelerinin, kuraklığa toleransı tahmin etmede kullanışlı testler olmadığı sonucuna varılmıştır.

Benzer çalışmalar arpada da yapılmıştır. Arpa erkenci olması sayesinde kuraklıktan kaçabilmektedir. Ancak sapa kalkma ve kardeşlenme dönemlerinde meydana gelebilecek bir kuraklık durumunda, arpanın erkenciliği onu kurtarmaya yetmeyebilmektedir. Kuraklık durumunda, fotosentez önemli ölçüde

etkilenmektedir ve durum sonuçta yine tane veriminde azalmayla sonuçlanmaktadır. Kuraklık stresi altında klorofil içeriğinin değişimi hakkında yeterince bilgi yoktur. Bu nedenle Rong-hua ve ark. [18], 4 arpa genotipiyle yaptıkları bir çalışmada, fotosentetik özelliklerle, kuraklığa dayanım arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmışlardır. Klorofil içeriği olumsuz etkilenen genotiplerin, kuraklık durumunda daha az verime sahip olduğunu bulmuşlar ve bu özelliklerin bir seleksiyon kriteri olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

KURAKLIK ZARARINI ENGELLEMEK İÇİN YAPILABİLECEKLER

Toprak işleme yöntemleri, toprağın organik maddece zenginleştirilmesi, nadas etkinliğinin artırılması: Pulluk işleme derinliğinin altında oluşan taban taşı, nadas etkinliğini düşürmekte veya tamamen ortadan kaldırmaktadır. Tahıllarda 80–90 cm'ye ulaşabilen etkili kök derinliği, bu tabaka ile sınırlandırıldığından, kök ve dolayısıyla toprak üstü gelişimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu tabakanın kırılması için toprağın kuru olduğu zamanlarda “dipkazan” çekilmesi önerilmektedir. Toprağı yırtarak ve alttan işleyen ekipmanların seçimi ve ekim derinliğine yakın işleme derinliğinin seçilmesi nadas etkinliğini yükseltecek uygulamalar olarak önerilmektedir.

Organik maddenin yetersiz olması, nadas etkinliğini düşürmektedir. Yapılan araştırmalarda, toprağın su tutma kapasitesinin artırılması ve toprağın diğer fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyi olabilmesi için %3-5'ler düzeyinde olması gereken organik maddenin çoğunlukla %1'ler düzeyinde olduğu ortaya koyulmuştur. Bu sorunun çözülüp, nadas etkinliğinin artırılması için organik madde düzeyini artırıcı (çiftlik gübresi uygulanması, yeşil gübreleme vb.) uygulamalar önerilmektedir.

Yabancı otlarla mücadele: Yabancı otlar su için kültür bitkileriyle rekabet ederler. Bunun için yabancı otların uzaklaştırılması önem taşımaktadır.

Gübreleme: Özellikle kuru tarım alanlarında tohum ve gübrenin aynı yere bırakılmasının doğurduğu sorunlar, verim kayıplarına neden olmaktadır. Tahıl ekiminde kullanılan mibzerler ya tek gözlü olup, tohumla gübre karıştırılarak ya da tohum ve gübre gözleri ayrı, olmakla beraber tohum ve gübreyi birlikte aynı banda bırakarak eken makinelerdir. Bu ekim makineleri ile yapılan ekimlerde, özellikle toprakta rutubetin

yetersiz olduğu durumlarda çeşitli problemler yaşanmaktadır. Bunlardan bazıları;

— Gübre taneciklerinin tohumla birlikte tohum yatağında bulunmaları, su çekici özelliğe sahip taneciklerin suyu hızla çekerek, tohumun çimlenmesi için gerekli suyun azalması,

— Eriyen gübre taneciklerinin tohumun çevresindeki toprak çözeltisinin ozmotik basıncını artırması nedeniyle tohumun su alımının güçleşmesi,

— Azotlu gübrelerin hidrolizi sonucu oluşan serbest amonyağın çimlenmekte olan genç fidelere toksik etkide bulunması olarak bilinmektedir [20].

Bütün bunların sonucu olarak, atılan tohumların önemli bir kısmı zarar görmekte ve verim kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü büyük önem taşımakta olup, tohum ve gübreyi farklı derinliğe ve ayrı bantlara verecek sistemlerin geliştirilmesi üzerinde durulmalıdır [21].

Ekim zamanının iyi ayarlanması: Yağışların beklenmesi suretiyle ekimin geciktirilmesi sıkça karşılaşılan bir durumdur. Bu durum yağışlar geciktiğinde toprağın tava gelmesi beklenecek ekimin gecikmesine, bitkilerin sonbaharda cılız gelişmesine, kış ve soğuk zararından daha fazla etkilenmesine ve kuraklık zararının daha belirgin olmasına neden olmaktadır. Bu nedenlerle yağışlar beklenmeden 20 Ekim kadar ekimin yapılması, kış ve soğuk zararından ve kuraklıktan daha az etkilenmesi bakımından tavsiye edilmektedir [20].

Destekleme Sulaması: Bitkinin ihtiyacı olduğu zamanda verilecek bir destekleme sulaması kuraklığın vereceği zararı azaltmaktadır.

Çeşit seçimi ve dayanıklı çeşit geliştirme: Sinha ve ark. [23], kurak koşullar için bir tahıl genotipinin; az kardeşlenme özelliğine sahip, başlangıç büyümesi hızlı, çiçeklenmeye kadar yaklaşık 500 g /m² kuru madde üretebilen, çiçeklenme safhasında yeterli yaprak alanına sahip, çiçeklenmeden sonra 300 g/m² den daha fazla kuru madde üretebilen, metre karede 250 – 300 başağa sahip, her bir tanenin ağırlığı 40 mg olacak şekilde her başakta ortalama 35–40 tane içeren, erkenci ya da orta olum süresine ve orta-uzun ve uzun bitki boyuna sahip olmasının iyi sonuç vereceğini ileri sürmüşlerdir. Koleoptil uzunluğu fazla, tüylü ve mumlu bir yapıya sahip olan, yapraklarının alanı küçük, kök uzunluğu ve derinliği fazla, yaprağın gövde ile yaptığı açığı ve yaprağın şekli ışıktan daha iyi yararlanacak şekilde olan, kutikular direnci yüksek, çiçek sapı (pedinkula) uzun çeşitlerin stres şartlarında daha verimli olduğu bildirilmektedir.

Biyoteknoloji: Son yıllarda kuraklık stresinde başarılı şekilde yetiştirilebileceği düşünülen transgenik bitkilerin geliştirildiği ve bu çalışmaların hızla devam ettiği belirtilmektedir [6]. DREBs/CBFs; ABF3, SNAC1, OsCDPK7, Farnesyl-transferase (ERA1) ve ERECTA genlerinin bitkilerde bu stresi azaltıcı ya da önleyici genler olduğu belirlenmiş ve gelecekte kuraklığa tolerans ıslahında başarılı olacağı ileri sürülmektedir [6].

SONUÇ

Bitkilerde su stresi durumunda üç faktör önemlidir; birincisi; bitkinin su durumunu koruması ve solgunluk gibi su noksanlığının tipik semptomlarının geciktirilmesi, ikincisi; bitkide su durumu düşük olduğunda bile, fonksiyonlarının devam etmesi, üçüncüsü; stresten sonra bitki fonksiyonlarının ve bitki su durumunun eski haline dönmesidir. Kuraklık stresine bitkilerin uyumu, zamana bağlıdır. [2]. Kuraklığa dayanımı iyi olan genotip seçimi ve kuraklığa dayanımı iyi çeşit geliştirme çalışmalarında etkili seleksiyon kriterlerinin belirlenmesi üzerinde çok durulan bir konu olmuştur. Stres koşulları altında verim azalmalarını engelleyen bazı özelliklerin, tane verimiyle kombine edilmesi, seleksiyonun başarısını artıracaktır. Kuraklığa dayanımı iyi olan çeşit geliştirme çalışmalarının yanı sıra uygun toprak işleme yöntemleri, toprağın organik maddece zenginleştirilmesi, yabancı ot mücadelesi, uygun gübreleme tekniklerinin belirlenmesi, ekim zamanının iyi ayarlanması ve destekleme sulama yapılması gibi kültürel önlemler kullanılarak da kuraklık zararının etkileri azaltılabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1]. Arora A, Sairam RK, Srivastava GC, 2002. Oxidative Stress and Antioxidative Systems in Plants, Curr. Sci., 82:1227–1238.
- [2]. Babu CR, Pathan MS, Blum A, Nguyen HT,1999. Comparison of Measurement Methods of Osmotic Adjustment in Rice Cultivars. Crop Sci. 39: 150-158.
- [3]. Başer İ, Korkut KZ, Bilgin O, 2005. Ekmeklik Buğdayda (Triticum aestivum L.) Kurağa Dayanıklılıkla İlgili Özellikler Arasındaki İlişkiler, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,2(3): 253- 259.
- [4]. Blum A, 1986. Breeding Crop Varieties for Stress Environments, Critical Reviews in Plant

- [5]. Blum A,1988. Plant Breeding for Stress Environments. Boca Raton, FL.CRF Press.
- [6]. Cattivelli L, Rizza F, Badeck FW, Mazzucotelli E, Mastrangelo AM, Francia E, Mare C, Tondelli A, Stance, AM, 2008. Drought Tolerance Improvement in Crop Plants: An İntegrated View From Breeding to Genomics, Field Crops Research 105: 1–14.
- [7]. Clarke, J.M., De Pauw R.M. and Townley-Smith T.M., 1992. Evaluation of Methods for Quantification of Drought Tolerance in Wheat, Crop Sci., 32, 728–732.
- [8]. Çırak C, Esenal E, 2006. Soyada Kuraklık Stresi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 2006,21(2):231 237.
- [9]. Eriş A (1990) Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. U.Ü.Z.F. Yay.Ders Notları No: 11, Bursa.
- [10]. Göksoy AT, Turan Z.M (1991) Kuraklığın Bitki Fizyolojisi ve Morfolojisi Üzerine Etkileri. U.Ü.Z.F. Dergisi, No: 8, s. 189-199, Bursa.
- [11]. Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Filek, W. and Stabryla, J., 2003, Evaluation of Physiological Screening Tests for Breeding Drought Resistant Triticale, Acta Physiologiae Plantarum, Vol. 25, No. 1, 29–37.
- [12]. Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y (2005) Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri ve Dayanıklılık Mekanizmaları, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Derg. 18(4): 723-740.
- [13]. Lang V, Mantyla E, Welin B, Sundberg B and Palva ET (1994) Alterations in Water Status, Endogenous Abscisic Acid Content, and Expression of Rab18 Gene During The Development of Freezing Tolerance in Arabidopsis Thaliana. Plant Physio.L 104: 1341-1349
- [14]. Levitt J (1980) Response of Plants to Environmental Stresses. Academic Pres. Orlando.
- [15]. Mardeh, A. S., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi, 2006. Evaluation of Drought Resistance İndices Under Various Enviromental Conditions. Field Crop Research, 98 (2006), 222-229.
- [16]. McKersie BD, Leshem Y (1994) Stress and Stress Coping in Cultivated Plants, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- [17]. Öztürk, A. 1999. Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişmesi ve Verimine Etkisi. Tr. J. of Agric. and Forestry Sciences, 2: 199-237.
- [18]. Rong-hua LI, Pei-guo GUO, Baum M, Grando S and Ceccarelli S. 2006. Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley, Agricultural Sciences in China, 5(10): 751-757.
- [19]. Sade B (1999) Tahıl İslahı (Buğday ve Mısır). Selçuk Üniv. Ziraat Fak Yay. No:31.
- [20]. Sade B ve Soyulu S, 2001. Kuru tarımda serin iklim tahılları ekimi. Konya Ticaret Borsası Dergisi. 10: 14-21.
- [21]. Sade B, 2008. Yeni Boyutlarıyla Kuraklık ve Nadas, Ülkesel Tahıl Sempozyumu, 2-5 Haziran 2008, 230-235.
- [22]. Sharma, S.C. and Thakur, K.S. 2004. Selection Criteria for Drought Tolerance in Spring Wheat (*T. aestivum L.*). 26 September-1 October 2004, Proceed. Of 4 th Int. Crop Sci. Congress. Brisbane, Australia.
- [23]. Sinha SK (1987) Drought Resistance in Crop Plants: A Critical Physiological and Biochemical Assessment. Drought Tolerance in Winter Cereals. S: 349-264, ICARDA, 23: 531–540.