

## BUĞDAY VE KURAKLIK STRESİ

Ali ÖZTÜRK<sup>(1)</sup>

Şahin AKTEN<sup>(1)</sup>

**ÖZET:** *Dünyada buğday üretim ve verimliliğini sınırlayan en önemli faktörün kuraklık olduğu kabul edilmektedir. Kuraklığa maruz kalan bir bitkinin yaşamını devam ettirebilmesi ve ürün verebilmesi, fizyolojik ve genetik esasları henüz yeterince anlayamamış olan çok karmaşık mekanizmalar sayesinde gerçekleşebilmektedir. Bu mekanizmalar kuraklıktan kaçma, kuraklıktan korunma ve kuraklığa tolerans şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kuraklıktan kaçma, kurak dönemin başlangıcından önce çiçeklenme ve döllenme gibi hassas dönemlerin atlatılması veya bitkinin hayat devresini tamamlamasıdır. Kuraklıktan korunma, toprakta nem yetersizliği durumunda bitkide yüksek su potansiyelinin devam ettirilmesine yardımcı olan bir mekanizmadır. Kuraklığa tolerans ise, bitki bünyesinde su stresi bulunması durumunda bitkinin yaşamını sürdürmesi ve ürün vermesini sağlayan mekanizmadır.*

*Genellikle çiçeklenmeye yakın dönemde başlayıp tane dolum döneminde etkisini artıran kuraklık stresi, tane sayısı ve tane ağırlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı buğday verimini sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte, farklı fizyolojik ve morfolojik karakterlere sahip bazı buğday genotipleri, kurak şartlara daha iyi adapte olabilmekte ve yüksek verim sağlayabilmektedirler. Bu makalede, ilgili araştırma sonuçlarından yararlanarak, kurak koşullarda dahi buğdayın gelişmesini ve ürün sağlamasını etkileyen mekanizmalar; kuraklıktan kaçma, kuraklıktan korunma ve kuraklığa tolerans olmak üzere üç başlık altında incelenerek, kuraklık stresinin buğday gelişmesi ve verimi üzerindeki etkileri açıklanmaya çalışılmıştır.*

### GİRİŞ

Gerek mevcut tarım alanlarındaki verimin artırılması ve gerekse ekim alanlarının genişletilmesi yolu ile bitkisel üretimin artırılmasında, çevresel streslere mukavemet çok önemli bir özelliktir. Bitki büyüme ve gelişmesini azaltan veya olumsuz yönde etkileyen çevre faktörlerindeki değişimler olarak tanımlanabilen stres; fiziksel, kimyasal veya biyolojik kaynaklı olabilmektedir. Fiziksel ve kimyasal stres kaynakları abiotik stres faktörleri olarak da isimlendirilmekte olup, bunlar arasında kuraklık stresi dün-yada bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktör durumundadır. Dünya topraklarının 1/3' ünden fazlasını yakından ilgilendiren kuraklık stresi, kuru tarım alanlarındaki buğday üretiminde sık sık ciddi problemlere neden olmaktadır (Monti,1987; Schonfeld ve ark.,1988).

<sup>(1)</sup> Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü-Erzurum.

Bitki büyüme ve gelişmesinin hemen hemen her dönemi su noksanlığından etkilenmektedir. Bu bakımdan, suyun bitki hayatındaki rolünün aşağıdaki gibi özetlenmesi yararlı olacaktır (Özdengiz,1972).

- a. Hücre ve organların turgorunu ve stomaların açılıp-kapanmasını sağlar.
- b. Hücreyi ani sıcaklık değişimlerine karşı korur.
- c. Fotosentez için  $H^+$  kaynağı olup, katalizator görevi yapar.
- d. Toprakтан alınan erimiş bitki besin maddelerini kullanım yerlerine, sentez maddelerini de eriterek depo yerlerine taşır.
- e. Hücre içinde mineraller ve diğer iyonların eriticisidir.
- f. Enzim hidratasyonu ve dolayısı ile hücre organlarındaki metabolizma aktivitesi suyun varlığına bağlıdır.

Kurak koşullarda önce toprağın, daha sonrada bitkinin su potansiyeli azalmaktadır. Daha ileriki safhalarda ise düşük turgor basıncı, stomalarda kapanma, yaprak büyümesinde azalma ve fotosentez oranında düşüş meydana gelmektedir. Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde gelişmenin sınırlanması, daha düşük kuru madde üretimi, hastalık ve zararlılara hassasiyet artışı, ürün kalitesi ve miktarında azalma söz konusudur (Monti,1987).

Toprak suyunun kısıtlı olması durumunda bitkinin verim yeteneğini esas olarak, o bitkinin kurağa mukavemeti tayin etmektedir. Kurağa mukavemet, topraktaki kullanılabilir nemin yetersizliği halinde minimum verim azalması yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Clarke ve ark.,1984).

## **1. Buğdayda Kurağa Mukavemet Mekanizmaları**

Bitki ıslahının esas amaçlarından birisi de kurağa mukavemeti geliştirmektir. Buğday genotipleri, kurağa karşı farklı tepkiler gösterebilmekte ve geliştirdikleri çeşitli koruyucu mekanizmalarla su noksanlığına dayanabilmektedirler. Bu mekanizmaları Tablo 1'de gösterildiği gibi, kuraklıktan kaçma, kuraklıktan korunma ve kuraklığa tolerans olmak üzere 3 başlık altında incelemek mümkündür.

### **1.1. Kuraklıktan Kaçma**

Bazı buğday genotipleri,vejetatif dönemin kısalması veya erken gelişme yolu ile çiçeklenme, döllenme ve tane dolumu gibi hassas dönemlerinde stres şartlarından kaçabilmektedirler. Kaçma mekanizması, özellikle sürekli kurak mevsimlere sahip coğrafi alanlar veya kuraklık periyodunun önceden bilinebildiği bölgelerde geçerli olmaktadır (Monti,1987).

Tablo 1. Buğdayda Kurağa Mukavemet Mekanizmaları

Kuraklıktan Kaçma	Kuraklıktan Korunma	Kuraklığa Tolerans
-Erkencilik	-Su kaybının kontrolü Stoma büyüklüğü, Stoma sayısı, Yaprak alanı, Yaprak yaşı, Yaprak mum tabakası, Yaprak dürülmesi, Glaucous tabakası. -Topraktan alınan su miktarındaki artış Kök derinliği, Kök dağılımı, Dokuların osmotik regülasyonu.	-Hücre zarı stabilitesi -Bazı eriyebilir maddelerin asimilasyonu

Vejetasyon dönemi sonunda sık sık kuraklığın meydana geldiği çevre şartlarında, erkenci buğday varyetelerinin geçici varyetelere göre daha verimli oldukları çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Fischer ve Wood,1979; Steduto ve ark.,1987; Yang ve ark.,1991). Söz konusu çevre şartlarında erken çiçeklenme ve erken olgunlaşma, önemli bir kuraklıktan kaçış özelliği olarak kabul edilmektedir. Ancak karşı bir görüş olarak, buğdayda kuraklıktan kaçma veya erken çiçeklenme ile verimin dengelenmesinin mümkün olamayacağı, çünkü çiçeklenmedeki hızlanmanın kuraklıktan kaynaklandığı savunulmaktadır (Fischer ve Maurer,1978). Ayrıca, ekim tarihlerindeki farklılıklar yanında kuraklık periyotlarının da düzenli olmaması (Fischer ve Maurer,1978; Monti,1987) ve erkencilığe göre yapılan seleksiyonun yeterli nem koşullarında verim azalmasına neden olabilmesi (Planchon, 1987; Borghi ve ark.,1992), erkencilik karakterini kurağa mukavemette etkin bir faktör olmaktan çıkarmaktadır.

Kuraklıktan kaçma veya kuraklık tehlikesinin atlatılması; çiçeklenme gibi hassas dönemlerde kuraklık stresinin hafif oluşuna bağlanmakta olup, kuraklığın çiçeklenme öncesi atlatıldığı durumlarda erkenci buğday genotipleri geçici genotiplere göre daha fazla etkilenmektedirler (Fischer ve Maurer,1978). Ayrıca, daha geç çiçeklenen ve geç olgunlaşan genotipler, erkenci genotiplere göre kuraklık stresinden sonra normal hallerini daha iyi kazanabilmektedirler (Yang ve ark.,1991).

## 1.2. Kuraklıktan Korunma

Kuraklıktan korunma, atmosfer veya toprak neminin giderek önemli miktarda azalmasına karşılık, bitkinin doku su potansiyelinde daha küçük azalma sağlaması yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık döneminde buharlaşma ile toprak ve bitki yüzeyinden kaybolan su miktarı, toprağa sağlanan su miktarından fazla olduğu zaman, bitki kendi su kaybını kısıtlamaktadır. Yüksek yaprak su potansiyelinin sürdürülmesi, ya stomal kontrol yoluyla veya kökler vasıtasıyla yeterli su alımının devam ettirilmesi ile sağlanmaktadır (Planchon, 1987).

### 1.2.1. Su Kaybının Kontrolü

Bitki yüzeyinden su kaybının kısıtlanması, transpirasyon alanının azaltılması ve transpirasyon oranının düşürülmesi ile sağlanabilmektedir. Su kaybının kontrolü, Tablo 1'de gösterilen stoma ve yapraklarla ilgili özelliklere bağlıdır.

Su noksanlığı döneminde, stoma muhafaza hücrelerinin turgor kaybının bir sonucu olarak stomalar kapanmakta ve buharlaşma azalmaktadır. Arpa çeşitleri üzerinde yapılan bir araştırmada, stomal mukavemetin geliştirilmesiyle, stres şartlarında su kullanım etkinliğinin artırılacağı belirlenmiştir (Miskin ve ark.,1972). Ancak, buğdayda yapraklardaki stoma sayısının azaltılmasına yönelik seleksiyonlarla, düşük stomal geçirgenliğe sahip genotiplerin elde edilmesi sınırlı bir etkiye sahip olmuştur. Çünkü, yapraktaki stoma sayısında azalma, stoma büyüklüğünde bir artışla sonuçlanmıştır (Planchon,1987). Aynı araştırmada, buğdayda gaz değişiminin büyük bir kısmının yaprak üst yüzeyinden yapıldığı ortaya konmuş, yaprak üst yüzeyinin stomal mukavemet değeri ve transpirasyon oranının genotipler arasında düşük bir varyasyon gösterdiği belirlenmiştir.

Bitkilerin kuraklığa tepkisi, çeşitli şekillerde olmakla birlikte en bariz olanı, daha az sayıda ve daha küçük yaprak oluşturulması ve bunun sonucunda yaprak alanının azaltılmasıdır (Rawson ve ark.,1977). Transpirasyonun kontrolü amacıyla, yaprak büyüklüğünün azalması veya yaprak dökülmesi yoluyla yaprak alanının sınırlanması tarımsal açıdan elverişli olmamaktadır (Clarke ve ark.,1984; Karamanos ve Papatheohari,1987). Çünkü yaprak alanındaki kayıpların, tane dolumu için gerekli asimilat kaynağını sınırlamak suretiyle, potansiyel verimde önemli azalmalara neden olduğu bildirilmektedir (Steduto ve ark.,1987).

Kuraklık stresinin bir fonksiyonu olarak yaprak dürülmesi, yaprak üst epidermisinin motor ve bulliform hücrelerinin turgor kaybının bir sonucudur. Bir araştırma sonucunda, kuraklık stresine bir tepki olarak yaprak dürülmesinin, yaprak transpirasyon alanında %46-83 oranında azalma sağladığı belirlenmiştir (Karamanos ve Papatheohari,1987). Ayrıca, kurağa

çok dayanıklı makarnalık buğday çeşitlerinde yaprakların, daha az dayanıklı çeşitlerin yapraklarına göre, daha fazla ve daha kolay dürüldüğü gözlenmiştir. Yaprak dürülmesine rağmen, fotosentezin delili olarak buğdayda tane dolununun devam etmesi, ilginç bir olay olarak karşılanmakta ve bu konuda ilave bilgilere ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir.

Fischer ve Wood (1979), yazlık buğday çeşitlerinde verim ile morfofizyolojik özellikler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırmacılar kurak şartlarda, erken gelişme ile kombine edilmiş çiçeklenme öncesi yeterli yaprak alanı süresinin (leaf area duration) ve yaprak mum tabakasının varlığının verim ile olumlu ve önemli ilişki gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Bitki boyunun kurağa mukavemetle ilgisinin araştırıldığı bazı çalışmalarda, eski ve uzun boylu buğday çeşitlerinin, modern ve kısa boylu buğday çeşitlerine göre kurağa daha mukavim oldukları belirlenmiştir (Fischer ve Wood,1979; Yang ve ark.,1991). Diğer bir araştırma sonucunda ise, yarı bodur buğday çeşitlerinin sınırlı nem koşullarında yeterli nem koşulları kadar verimli oldukları ifade edilmiştir (Laig ve Fischer,1977).

Dünya makarnalık buğday koleksiyonundan 3430 genotip üzerinde yürütülen çalışmalar sonucunda glaucous tabakası (bitki üzerinin toz gibi beyaz bir madde ile kaplı olması), bitki boyu, klorotik lekesiz yapraklılık, geç çiçeklenme ve geç olgunlaşma kurağa mukavemet indikatörleri olarak belirlenmiş ve bu özellikler yönünden üstün olan genotiplerin daha verimli oldukları tespit edilmiştir (Yang ve ark.,1991). Araştırmacılar, glaucous tabakasının yaprak sıcaklığı ve buna bağlı olarak stomal ve kutikular transpirasyonu düşürerek su kaybını azalttığını ifade etmişlerdir.

### 1.2.2. Topraktan Alınan Su Miktarındaki Artış

Kurak koşullarda bitki tarafından topraktan alınan suyun miktarını; kök derinliği, kök dağılımı ve dokuların osmotik regülasyonu etkilemektedir.

Daha iyi yayılmış ve daha derinlere inebilen bir kök sistemi, kurağa daha fazla mukavemetle ilgili olmakta ve köklerini toprağın alt kısımlarına doğru yeterince uzatabilen genotipler aralıksız olarak su temin edebilmektedirler. Eğer köklerin toprak derinliklerine doğru gelişmesi sınırlı ve çoğu tahıl türlerinde olduğu gibi kök gelişmesi çiçeklenme döneminde son buluyor ise, kök yoğunluğunun bulunduğu toprak katmanlarındaki suyun çoğu önceden kullanıldığından, tane dolununun ilerleyen dönemlerinde su stresi ortaya çıkmaktadır (Gregory ve Brown,1987). Bu bakımdan, kökleri daha iyi yayılma gösteren, yeterince derinlere inebilen ve kök gelişmesini tane dolununun ileriki dönemlerinde de sürdürebilen genotipler kuraklığı daha az zararlı atlatabilmektedirler. Ayrıca kök/toprak üstü ağırlık oranı bakımından buğday genotipleri arasında önemli farklılıklar bulunmakta ve bu oranın kurağa mukavemetle olumlu ilişki gösterdiği bildirilmektedir (Planchon, 1987; Winter ve ark.,1988).

Kurağa mukavemet sağlayan çeşitli biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik süreç mekanizmaları hücre turgoru tarafından kontrol edilmektedir. Osmotik regülasyon (ayarlama), stres koşullarında osmotik potansiyeli düşüren bazı eriyik maddelerin birikmesine bağlı olarak, su potansiyelindeki azalmaya rağmen turgorun devam ettirilmesidir. Osmotik regülasyon şekerler, organik asitler ve iyonlar (özellikle K<sup>+</sup>) gibi eriyiklerin konsantrasyonlarındaki artışlardan kaynaklanmakta ve bitki topraktaki küçük parçacıklar tarafından sıkıca tutulan sudan yararlanabilmektedir (Morgon, 1984). Buğday, kuraklık stresine karşı osmotik regülasyon gösterebilmektedir. Nitekim, kuraklığa maruz kalan buğday bitkisinin yapraklarında şeker ve amino asitlerin biriktiği tespit edilmiştir (Munns ve ark., 1979).

### 1.3. Kuraklığa Tolerans

Kuraklığa tolerans, bitki bünyesindeki su potansiyelinin azalması durumunda, bitki dokusunun fizyolojik ve metabolik aktivitelerindeki azalmaları daha küçük seviyelerde tutma yeteneğidir (Blum ve Ebercon, 1981). Kuraklığa toleransın sağlanmasında hücre zarı stabilitesi ve hücrede bazı eriyebilir maddelerin asimilasyonu etkili olmaktadır.

#### 1.3.1. Hücre Zarı Stabilitesi

Buğday çeşitleri üzerinde yürütülen bir araştırma sonucunda, hücre zarı elastikiyetinin hücrenin nispi su içeriğini etkilediği belirlenmiştir (Schonfeld ve ark., 1988). Araştırmacılar, hücre zarı elastikiyeti fazla olan Tam W-101 çeşidinin yaprağının, stres koşullarında daha fazla su içerdiğini ve bunun dokularda klorofilin daha uzun süre tutulmasıyla, yani dokuların daha uzun süre yeşil kalmasıyla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise, buğday genotiplerinin stres koşullarında hücre zarı stabilitesi bakımından önemli farklılıklar gösterdikleri, hücre zarı stabilitesinin dokuların yaşlanmsı ile birlikte azaldığı ve kuraklığa toleransta önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir (Blum ve Ebercon, 1981). Buna karşılık 92 buğday genotipinin incelendiği başka bir çalışmada, hücre zarı stabilitesi bakımından genetik bir varyabilite belirlenmiş olmasına rağmen, bu karakterin kurak koşullarda verimle bir ilişkisi bulunamamıştır (Borghì, 1987).

#### 1.3.2. Bazı Eriyebilir Maddelerin Asimilasyonu

Stres koşullarında absisik asit (ABA), prolin ve glycinebetaine gibi eriyiklerin asimilasyonu kuraklığa tolerans sağlayabilmektedir. Özellikle ABA asimilasyonu, tahıllarda kurağa mukavemet ıslahında seleksiyon kriteri olarak kullanılmaktadır (Monti, 1987). Konuyla ilgili bir çalışmada, stres koşullarında ABA asimilasyonu bakımından buğday genotiplerinin önemli farklılık gösterdikleri belirlenmiş ve yüksek ABA asimilasyonuna göre seçilmiş

genotiplerin, çiçeklenme sonrası stres koşullarında %5-6 oranında verim artışı sağladığı bildirilmiştir (Quarrie,1987). Ayrıca, yüksek ABA asimilasyonuna sahip genotipler, daha iyi su kullanım etkinliğine ve daha düşük stomal geçirgenliğe de sahip olmuşlardır.

Yüksek ABA asimilasyonu kurak koşullarda her zaman avantajlı olmamaktadır. Nitekim Quarrie (1987), yüksek ABA seviyesinin buğdayda başaktaki başakçık sayısı ve yaprak büyüklüğünde azalmaya neden olabildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde başka bir çalışmada da, kuraklık stresi koşullarında buğdayda tane setindeki azalmaların başaktaki ABA birikimi ile ilgili olabileceği ifade edilmiştir (Robertson ve Giunta,1994). Bu sonuçlardan, stres koşullarında başaktaki tane sayısının asimilat sağlanmasından daha çok, başağın hormonal yapısı tarafından kontrol edildiği ortaya çıkmaktadır. Demek ki, kurak koşullarda maksimum verimin elde edilebilmesi için, her genotip ve çevre için bitki bünyesinde farklı seviyede ABA asimilasyonuna ihtiyaç bulunmaktadır.

Kurak koşullarda buğday çeşitlerinin verim yetenekleri arasında farklılığın görülmesinde, buraya kadar bahsedilen mukavemet mekanizmaları dışında, bazı morfolojik ve fizyolojik karakterler de etkili olmaktadır. Aşırı kardeşlenme ve kardeşlenme periyodunun uzun sürmesi, toprak neminin gereksiz yere harcanmasına neden olduğundan istenen bir özellik değildir. Toprak neminin kısıtlı olduğu durumlarda, daha erken ve eş zamanlı kardeşlenen genotipler daha verimli olmaktadır (Roy ve Murty,1970). Kardeşlenmenin aynı zamanda meydana gelmesi daha az sayıda, ancak fertil kardeş oluşumunu teşvik etmektedir. Bununla birlikte, olgunlaşma döneminde birim alandaki başak sayısı verim farklılıklarının ortaya çıkmasında önemli bir unsurdur. Bu bakımdan, yüksek fertil kardeş sayısını olgunlaşmaya kadar sürdürebilme yeteneği, kurak koşullarda verime katkıda bulunan önemli bir özellik olarak kabul edilmektedir (Keim ve Kronstad,1981).

Kuraklığa maruz kalan buğday çeşitlerinde, kılçıklı başaklardaki fotosentez etkinliği önemli bir karakter olarak dikkat çekmektedir. Daha yoğun kılçıklı başağa sahip çeşitlerin tane dolum döneminde daha yüksek net asimilasyon oranlarına sahip olmaları, kurak koşullarda kılçıkların fotosentez kaynağı olarak kuru madde üretimine katkısı ile açıklanmaktadır (Kaul,1974; Keim ve Kronstad,1981).

Döllenme öncesinde yüksek seviyede yapısal olmayan karbonhidrat rezervlerinin asimilasyonu ve bu rezervlerin tane dolum döneminde gelişmekte olan tanelere taşınma etkinliği, kurak koşullarda buğdayda yüksek verimin gerçekleşmesini sağlayabilmektedir (Clarke ve ark.,1984). Birim alanda yüksek tane sayısı ve kısmen yüksek hasat indeksi karakterleri, bu genotiplerdeki etkin asimilat dağılımının bir sonucu olarak avantaj sağlamaktadır (Fischer ve Wood,1979). Araştırmalar, sap ve yaprakların kuru ağırlıklarının tane dolum döneminde genellikle azaldığını göstermektedir (Austin ve ark., 1977; Lal ve ark.,1978). Bu

ağırlık kaybının bir kısmı solunum harcamalarından kaynaklanırken, bir kısmı da asimilatların yeniden taneye taşınmasına bağlanmaktadır (Rawson ve Evans, 1971). Nitekim konuyla ilgili bir araştırmada, yeniden taşınan asimilatların tane verimindeki payının sulu koşullarda %13 iken, kuraklığa maruz kalan buğdayda %27 olduğu tespit edilmiştir (Bidinger ve ark., 1977).

## 2. Kuraklığın Buğdayın Gelişmesi ve Verimine Etkisi

Kuraklık stresinin buğdayın gelişmesi ve verimi üzerindeki etkileri; strese maruz kalan bitkinin gelişme dönemi, stresin şiddeti ve stresin süresi ile yakından ilgilidir.

Yapılan araştırmalar, kuraklık stresinin başak çıkışından 10 gün önce (Keim ve Kronstad,1981) veya çiçeklenmeye yakın (Cooper ve ark.,1994) meydana gelmesi durumunda, buğdayın tane verimini diğer dönemlerdeki kuraklık stresine göre daha fazla olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Diğer bir araştırmada, vejetatif dönemlerinde kuraklığa maruz kalan bitkilerin, çiçeklenme sonrası kuraklığa maruz kalan bitkilere göre, tane üretimi için daha az suya ihtiyaç duyduğu ve olgunlaşmaya kadarki kurak koşullara daha iyi uyum sağladıkları belirlenmiştir (Rawson ve ark.,1977).

Farklı dönemlerdeki kuraklığın yazlık buğdayın verimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir araştırma yapılmıştır (Innes ve Blackwel, 1981). Çiçeklenmeden 4 hafta önce başlayıp çiçeklenmeye kadar devam eden erken kuraklık, esas olarak başaktaki tane sayısını azaltmak suretiyle verimin düşmesine neden olmuştur. Tane sayısındaki bu azalma (kontrole göre %31), hem başaktaki fertil başakcık hem de başakcıkta tane sayısındaki azalmadan kaynaklanmıştır. Çiçeklenmeden hasada kadarki geç kuraklık uygulamasında, verimdeki düşüşün esas nedeninin ise tane ağırlığındaki azalma (kontrole göre %20) olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, düşük tane ağırlığına ve başakta daha yüksek tane sayısına sahip çeşitlerin ıslah edilmesi ile çiçeklenme sonrası kuraklığa hassasiyetin azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Çiçeklenme öncesi kuraklık stresine Yecora yazlık buğday çeşidinin tepkisini belirlemek amacıyla Michigan'da bir araştırma yapılmıştır (Robertson ve Guinta,1994). Çiçeklenme öncesi erken, orta ve geç dönemlerde bitkiler kuraklığa maruz bırakılmış, çıkış-çiçeklenme arasında yeterli sulamanın yapıldığı kontrol parsellerine yer verilmiştir. Uygulamaların etkisi Tablo 2'de gösterilmiştir. Çiçeklenme ve olgunlaşma süreleri en çok erken ve orta dönemdeki kuraklık stresinden etkilenmiştir. Erken stres, kontrole göre çiçeklenme süresinin 3 gün kısalmasına neden olmuştur. Erken stres sonrası oluşan çok sayıda kardeşin gelişmesindeki gecikme yüzünden olgunlaşma süresi 10 gün uzamışken, orta dönemdeki stres uygulaması olgunlaşmayı hızlandırmıştır. Çiçeklenmedeki biomas en çok orta ve erken stres



uygulamalarından etkilenmiştir. En küçük bayrak yaprak alanı erken strese maruz bırakılan bitkilerde ölçülmüştür. Özellikle orta dönemdeki stres olmak üzere bütün uygulamalar fertil başak sayısı, başakta tane sayısı ve tane veriminin azalmasına neden olmuştur.

Arizona'da yürütülen bir araştırmada (Day ve Intalap,1970), Maricopa yazlık buğday çeşidi farklı dönemlerde kuraklığa maruz bırakılmış ve araştırmadan elde edilen bulguların bazıları Tablo 3'de gösterilmiştir. Sapa kalkma döneminde strese maruz kalan bitkiler daha erken çiçeklenirken, çiçeklenme ve sarı olum döneminde strese maruz kalan bitkiler daha erken olgunlaşmışlardır. Sapa kalkma döneminde stres uygulanan bitkiler, daha az su ve besin maddesi almı ve azalan fotosentez sonucunda diğer uygulamalara göre daha kısa boylu olmuşlar ve daha fazla yatma göstermişlerdir. Sapa kalkma dönemindeki stres uygulaması, birim alanda en düşük başak ve başakta en düşük tane sayısı oluşumuna neden olarak tane verimini daha fazla olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Birçok araştırmacı kurak koşullarda buğday verimindeki azalmanın esas nedenini, kuraklığın başak oluşumu ve çiçeklenme sonrası yaprak alanı ömrü üzerindeki olumsuz etkisine bağlamaktadır (Fischer ve Wood, 1979; Steduto ve ark., 1987; Borghi ve ark., 1992). Başak oluşumu dönemindeki kuraklık stresi başaktaki tane sayısının azalmasına neden olurken, çiçeklenme sonrası kuraklık yaprak alanı süresini olumsuz etkilemekte ve tanede ağırlık artışı sınırlamaktadır. Nitekim 5 buğday genotipinin kuraklığa tepkisinin araştırıldığı bir çalışmada, genotiplerin kurak koşullarda sulu koşullardakinin yaklaşık 1/3'ü kadar yaprak alanı süresine sahip olması, tane dolum döneminde, asimilatların kaynağının kuraklık tarafından ne derece kısıtlandığını göstermektedir. Tane dolum dönemindeki kuraklık stresi yetersiz olan asimilatların paylaşımı bakımından başak için rekabeti artırmak suretiyle, ayrıca başağın uç ve taban kısımlarında tane seti kaybına da neden olmaktadır (Steduto ve ark.,1987).

Kuraklığın görüldüğü dönem yanında, şiddeti ve süresi de gelişmeyi etkilemektedir. Farklı seviyelerdeki su stresinin buğdayın fenolojik gelişmesi üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada (Angus ve Mancur, 1977), çiçeklenme öncesi hafif su stresinin (yaprak su potansiyeli = -10 bar) gelişmeyi hızlandırdığı belirlenmiştir. Bu sonucun açıklanmasının zor olduğunu belirten araştırmacılar, iki ihtimalin geçerli olabileceğini ifade etmişlerdir. Birinci görüşe göre; su stresiyile birlikte yaprak ve çevre sıcaklığındaki artış gelişmeyi hızlandırmaktadır. İkinci görüşe göre; çiçeklenme öncesinde daha az hücre bölünmesine ihtiyaç olduğundan, muhtemelen bitki normal gelişme seyrini değiştirerek strese adaptasyon sağlamaktadır. Aynı araştırmada çiçeklenme öncesi şiddetli strese (yaprak su potansiyeli = -34 bar) maruz bırakılan bitkilerde, 1 ve 8 gün süren stres uygulamalarında, çiçeklenme süresi

Tablo 2. Çiçeklenme Öncesi Su Stresi Uygulamalarının Vecora Yazlık Çeşidinin Bazı Karakterleri Üzerine Etkisi.

Uygulama	Çiçek Süresi (Gün)	Olgun. Süresi (Gün)	Çiçek Biyomas (g/m <sup>2</sup> )	Tutulmuş Radyas. (MJ/m <sup>2</sup> )	Çiçek Bay.Yap. Al. (cm <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup> 'de Fertil Başak Sayısı	Başakta Tane Sayısı	Tane Ağırlığı (mg)	Tane Verimi (g/m <sup>2</sup> )
Kontrol (Çıkış-Çiçeklenme Yeterli Su)	71	105	763 a	241 a	18.0 a	498 a	38.0 a	26.7 b	506 a
Erken Stres (Ekim sonrası 22-50. günler)	68	115	448 b	150 c	5.3 c	360 b	31.0 b	27.8 b	298 b
Orta Dönemde Stres (Ek.Son.42-74, Gün)	69	100	405 b	150 c	16.1 b	306 b	14.7 c	35.2 a	158 c
Geç.Dön.Stres Ekim Son. 50-74,Gün)	70	105	537 b	203 b	18.8 a	357 b	24.8 b	29.2 b	248 b

Tablo 3. Farklı Dönemlerdeki Su Stresi Uygulamalarının Maricopa Yazlık Buğday Çeşidinin Tane Verimi ve Diğer Bazı Özelliklerine Etkisi.

Uygulama	Tane Verimi (kg/da)	Çiçek Süresi (Gün)	Olgunlaşma Süresi (Gün)	Bitki Boyu (cm)	Olgun.Dön. Yatma (%)	M <sup>2</sup> 'de Başak Sayısı	Başakta Tane Sayısı	1000 Tane Ağırlığı (g)
Optimum Sulama	630.7 d	116.b	176 b	111. c	6 a	610 b	31 b	42 b
Sapa Kalkma Döneminde Su Stresi	330.8 a	110 a	177 b	85 a	26 c	458 a	26 a	40 ab
Çiçeklenme Döneminde Su Stresi	362.9 b	116 b	169 a	98 b	11 b	625 b	28 ab	33 ab
Sarı Olum Döneminde Su Stresi	400.0 c	117 b	168 a	99 b	11 b	590 b	31 b	33 a

kontrole göre sırasıyla 5.6 ve 11.4 gün gecikmiştir. Çiçeklenmedeki bu gecikme, sürgün apexinin gelişmesinin engellenmesi ve hücre bölünmesinin tamamen durması ile açıklanmıştır. Konuyla ilgili başka bir çalışmada (Kaul,1974), orta dereceli stres şatlarında (yaprak su potansiyeli = -20 bar) alt yapraklar doğrudan veya dolaylı yollarla tane dolumuna katkıda

bulunabilirken, şiddetli stres şartlarında (yaprak su potansiyeli = -40 bar) tane dolununun büyük oranda bayrak yaprak fotosentezine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, şiddetli stres şartlarında daha alt yaprakların asimilasyon yeteneklerini hızlı bir şekilde ve tamamen kaybederek ölmesi ile açıklanmıştır.

## SONUÇ

Buraya kadar özetlenmeye çalışılan bilgilerden anlaşılacağı gibi, toprak suyunun sınırlı olması durumunda bitkinin verim yeteneğini esas olarak kurağa mukavemeti tayin etmektedir.

Kuraklık stresi buğdayın gelişme dönemine bağlı olarak; bir yandan birim alandaki fertil başak sayısı, başaktaki başakçık sayısı ve başakçıkta tane bağlayan çiçek sayısı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı birim alandaki tane sayısını azaltırken, diğer yandan da fotosentez alanı, fotosentez alanı süresi ve fotosentez oranı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı tane ağırlığını düşürmekte ve sonuçta verimin azalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte bazı genotipler, sahip oldukları farklı fizyolojik ve morfolojik karakterler sayesinde, kurak koşullarda diğer genotiplere göre yüksek verim yeteneğine sahip olabilmektedirler. Araştırma sonuçları, kurak koşullarda yüksek verimin gerçekleşmesinde genotiplerin aşağıda belirtilen özelliklerinin etkili olduğunu göstermektedir.

a. Kuraklık stresinin buğdayın vejetasyon döneminin sonuna doğru etkili olduğu çevre şartlarında, erken çiçeklenme ve erken olgunlaşma karakterleri ile kuraklığın olumsuz etkisinden kaçmak mümkündür.

b. Toprakta etkin su alımı sağlayan kök karakterleri ile bitki yüzeyinden su kaybını minimum seviyede tutabilen stoma ve yaprak karakterlerini iyi kombine eden genotipler, kuraç şartlara daha iyi adapte olabilmektedirler.

c. Bünyesel su stresine tolerans gösteren veya stomal kapanma olmaksızın yüksek yaprak su potansiyelini devam ettirebilen genotipler, kurak şartlarda daha verimli olabilmektedir.

d. Daha az kardeşlenen ve kardeşlenme dönemi kısa süren genotipler, toprak suyunu daha ekonomik kullandıklarından, kurak şartlarda daha yüksek verim sağlayabilirler.

e. Döllenen önceki dönemlerde yüksek seviyede yapısal olmayan karbonhidrat asimile ederek depolayabilen ve bu depo maddelerini sonradan geliştirmekte olan tanelere etkin bir şekilde taşıyabilen genotipler, kurak şartlarda yüksek verim gerçekleştirebilmektedirler.

f. Nispeten uzun bitki boyu ve çiçeklenme sonrası yeterli yaprak alanı süresine sahip genotipler, tane ağırlığı ve dolayısı ile tane verimi bakımından avantajlı olabilmektedirler.

Buğdayın, yeterli nem koşullarında kurak koşullara göre çok daha verimli olduğu bir gerçektir. Ülkemizde ve dünyada buğday tarımı yapılan alanların büyük bir kısmı nem bakımından yetersizdir. Bu uygun olmayan koşullarda daha yüksek verim sağlayabilecek yeni ıslah varyetelerinin gerekliliği bilim adamlarınca bilinmekte ve bu yöndeki çalışmalar yoğun şekilde devam etmektedir. Ancak, tarla şartlarında kuraklığın şiddet ve zamanının değişken bir özellik göstermesi yanında, kuraklığa mukavemetin fizyolojik mekanizmalarının ve genetik esasının yeterince anlaşılammış olması yüzünden bu sahada istenen başarıya henüz ulaşılamamıştır. Bununla birlikte, yukarıda sıralanan karakterlere sahip genotiplere yönelmek suretiyle, kurak koşullarda verim kayıplarının daha düşük seviyelerde tutulması sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Angus, J.F.,M.W.Moncur,1977. Water Stress and Phenology in Wheat. Aust.J. Agric.Res.28:177-181.
- Austin, R.R.,J.T.Edrich,M.A.Ford,R.D.Blackwell,1977. The Fate of Dry Matter, Carbonhydrates and C<sup>14</sup> Lost From the Leaves and Stems of Wheat During Grain Filling. Ann.Bot.41: 1309-1321.
- Bidinger, F., R.B.Musgrave, R.A.Fischer,1977. Contribution of Stored Preanthesis Assimilate to Grain Yield in Wheat and Barley. Nature, 270:431-433.
- Blum, A.,A.Ebercon,1981. Cell Membrane Stability as a Measure of Drought and Heat Tolerance in Wheat.Crop Sci.21:43-47.
- Borghì, B.,1987. Identification of Genetical Variability of Heat and Drought Tolerance in Bread Wheat.Drought Resistance in Plants:319-330, Meeting Held in Amalfi,19 to 23 October 1986, Belgium.
- Borghì, B.,M.Guiducci,M.Corbellini,M.Monotti,1992. Attempts at Avoiding the Yield Constraints of Bread Wheat in Mediterranean Environments. J.Agron. and Crop Sci.168:49-60.
- Clarke, J.M.,T.F.T.Smith,T.N.McCaig,D.G.Green,1984. Analysis of Spring Wheat Cultivars Of Varying Drought Resistance.Crop Sci.24:537-541.
- Cooper, M.,D.E.Byth,D.R.Woodruff,1994. An Investigation of the Grain Yield Adaptation of Advanced CIMMYT Wheat Lines to Water Stress Environments in Queensland. I.Crop Physiological Analysis. Aust.J. Agric. Res.45: 965-984.
- Day, A.D.,S.Intalap,1970. Some effects of Soil Moisture on the Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). Agron.J.62:27-29.
- Fischer, R.A.,R.Maurer,1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. I.Grain Yield Responses. Aust.J.Agric.Res.29:897-912.
- Fischer, R.A.,J.T.Wood,1979. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. III.Yield Associations With Morphophysiological Traits. Aust.J. Agric.Res.30:1001-1020.

- Gregory, P.J.,S.C.Brown,1987. Roots and Their Role in Water Uptake and Drought Resistance.Drought Resistance in Plants:165-178, Meeting Held in Amalfi,19 to 23 October 1986, Belgium.
- Innes, P.,R.D.Blackwell,1981.The Effects of Drought on the Water Use and Yield of Two Spring Wheat Genotypes. *J.Agric.Sci. Camb.*96: 603-610.
- Karamanos, A.J.,C.Y.Papatheohari,1987. Understanding the Mechanisms of Drought Resistance of Some Crop Plants. Drought Resistance in Plants: 95-109, Meeting Held in Amalfi,19 to 23 October 1986, Belgium.
- Kaul, R.,1974. Potential Net Photosynthesis in Flag Leaves of Severely Drought Stressed Wheat Cultivars and Its Relationship to Grain Yield. *Can. J.Plant Sci.*54:811-815.
- Keim, D.L.,W.E.Kronstad,1981. Drought Response of Winter Wheat Cultivars Grown Under Field Stress Conditions. *Crop Sci.*21:11-15.
- Laig, D.R.,R.A.Fischer,1977. Adaptation of Semidwarf Wheat Cultivars to Rainfed Conditions. *Euphytica*, 26:126-139.
- Lal,P., G.G.Reddy,M.S.Modi,1978. Accumulation and Redistribution Patterns of Dry Matter and N in Triticale and Wheat Varieties Under Water Stress Condition. *Agron. J.*70:623-626.
- Miskin, K.E.,D.C.Rasmusson,D.N.Moss.1972. Inheritance and Physiological Effects of Stomal Frequency in Barley. *Crop Sci.*12:780-783.
- Monti, L.M.,1987. Breeding Plants for Drought Resistance; the Problem and Its Relevance. Drought Resistance in Plants:1-8. Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium.
- Morgon, T.M.,1984. Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 35:299-348.
- Munns, R.,C.R.J.Brady,E.W.R.Barlow,1979. Solute Accumulation in the Apex and Leaves of Wheat During Water Stress. *Aust.J.Plant Physiol.*6:379- 389.
- Özdengiz, A.,1972. Bitki Hayaunda Suyun Önemi ve Sulamada Dikkat Edilecek Bazı Önemli Hususlar. Atatürk Üni. Zir.Fak.Derg. 3:219-229.
- Plancon, C.,1987. Drought Avoidance and Drought Tolerance in Crop Plants Inter and Intraspecific Variability. Drought Resistance in Plants:79-94. Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium.
- Quarrie, S.A.,1987. Evaluation of the Influence of Metabolic Character on Drought Resistance Exemplified by Studies on Abscisic Acid in Wheat and Maize. Drought Resistance in Plants:111-129, Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium.
- Rawson, H.M.,L.T.Evans,1971. The Contribution of Stem Reserves to Grain Development in a Range of Wheat Cultivars of Different Height. *Aust. J.Agric.Res.*22:851-863.
- Rawson, H.M.,A.K.Bagga,P.M.Bremner,1977. Aspects of Adaptation by Wheat and Barley to Soil Moisture Deficits. *Aust. J. Plant Physiol* 4:389-401.

- Robertson, M.J., M.J. Giunta, 1994. Responses of Spring Wheat Exposed to Preanthesis Water Stress. *Aust. J. Agric. Res.* 45:19-35.
- Roy, N.N., B.R. Murty, 1970. A Selection Procedure in Wheat for Stress Environment. *Euphytica*, 19: 509-521.
- Schonfeld, M.A., R.L. Johnson, B.F. Carver, D.W. Mornhinweg, 1988. Water Relations in Winter Wheat as Drought Resistance Indicators. *Crop Sci.* 28:526-531.
- Steduto, P., A. Alvino, V. Magliulo, L. Sisto, 1987. Analysis of the Physiological and Reproductive Responses of Five Wheat Varieties Under Rainfed and Irrigated Conditions in Southern Italy. *Drought Resistance in Plants: 131-149*, Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium.
- Yang, R.C., S. Jana, J.M. Clarke, 1991. Phenotypic Diversity and Associations of Some Potentially Drought Responsive Characters in Durum Wheat. *Crop Sci.* 31:1484-1491.
- Winter, S.R., J.T. Musick, K.B. Porter, 1988. Evaluation of Screening Techniques for Breeding Drought Resistance in Winter Wheat. *Crop Sci.* 28:512-526.