

## Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişmesi ve Verimine Etkisi

Ali ÖZTÜRK

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 25240 Erzurum-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 23.11.1998

**Özet:** Parsel örtülerinin kullanıldığı bu tarla denemesinde, kuraklığın "Doğu-88" kışlık buğday çeşidinin gelişmesi ve verimine etkisi incelenmiştir. Sulu koşullar (SK), kuru koşullar (KK), erken kuraklık (EK), geç kuraklık (GK) ve tam kuraklık (TK) uygulamalarını içeren araştırma, Erzurum koşullarında yürütülmüştür.

EK; SK'a göre birim alandaki tane sayısının % 44.4, 1000 tane ağırlığının % 6.9, tane veriminin ise % 40.6 oranında azalmasına neden olmuştur. GK'ın yeşil dokulardaki yaşlanmayı hızlandırması; daha kısa yeşil alan süresi (27.5 gün), daha düşük 1000 tane ağırlığı (3.8 g) ve tane veriminde azalma (% 24.0) ile sonuçlanmıştır. TK, SK'a göre birim alandaki tane sayısını % 54.9, tane ağırlığını % 19.9, tane verimini ise % 65.6 oranında azaltmıştır. Tane verimindeki varyasyon esas olarak uygulamaların birim alandaki tane sayısı üzerindeki etkisinden kaynaklanmıştır. EK başlıca birim alandaki tane sayısını, GK ise tane ağırlığını sınırlamıştır. EK'in tane verimine olumsuz etkisi GK'a göre daha fazla olmuştur.

### The Effect of Drought on the Growth and Yield of Winter Wheat

**Abstract:** The effect of drought on the growth and yield of "Doğu-88" winter wheat variety was investigated in this field experiment using plot covers. Fully irrigated (FI), rainfed (R), early drought (ED), late drought (LD) and continuous drought (CD) treatments were studied under Erzurum conditions.

ED decreased grain number per unit area by 44.4 %, 1000 kernel weight by 6.9 % and grain yield by 40.6 % compared with FI. A rapid senescence of green tissues in LD treatment also led to shorter green area duration (27.5 days), lighter 1000 kernel weight (3.8 g) and lower grain yield (24.0 %). CD treatment decreased grain number per unit area by 54.9 %, 1000 kernel weight by 19.9 % and grain yield by 65.6 % compared with FI. Variations in grain yield depended mainly on the effects of treatments on grain number per unit area. ED limited primarily grain number per unit area while LD affected kernel weight. The negative effect of ED on grain yield was more significant than that of LD.

### Giriş

Çevresel streslerden kuraklık, dünyadaki tarım alanlarının büyük bir bölümünde bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktördür. Buğday üretimi genellikle kuru tarım alanlarında yapılmakta ve kuraklık bu alanlardaki buğday üretiminde sık sık ciddi problemlere neden olmaktadır. Kuru tarım alanlarındaki yıllık yağışın önemli bir kısmı kasım-nisan ayları arasında düşmektedir. Yağışların yetersiz ve düzensiz dağılımı yüzünden farklı gelişme dönemlerinde kurak periyotlar yaşanmakta ise de, genellikle çiçeklenmeye yakın dönemde başlayan kuraklık stresi, tane dolum döneminde etkisini artırmaktadır. Kurak koşullarda önce toprağın, ardından bitkinin su potansiyeli azalır ve daha ileri safhalarda turgor basıncında düşme, stomalarda kapanma, yaprak büyümesinde azalma ve fotosentez oranında düşüş meydana gelir (1).

Kuraklık stresinin buğdayın gelişmesi ve verimi

üzerindeki etkisi; stresin meydana geldiği gelişme dönemi ile stresin şiddeti ve süresine bağlıdır. Verimdeki azalmanın temel nedeni, kuraklığın başak oluşumu ve çiçeklenme sonrası yaprak alanı süresi üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklanmaktadır. Başak oluşumu dönemindeki kuraklık stresi başaktaki tane sayısının azalmasına neden olurken, çiçeklenmeden sonraki kuraklık tanedeki ağırlık artışını sınırlamaktadır (2,3). Başaklanmadan 10 gün önce veya çiçeklenmeye yakın dönemde meydana gelen kuraklık stresi, buğdayın tane verimini, diğer gelişme dönemlerindeki kuraklık stresine göre daha fazla olumsuz etkilemektedir (4,5). Erken gelişme dönemlerindeki kuraklık; daha erken çiçeklenmeye, bitki boyu, yaprak alanı ve fertil kardeş sayısında azalmaya neden olurken (6,7), sapa kalkma ile çiçeklenme dönemleri arasındaki kuraklık; fertil başak, başaktaki fertil başakçık ve başakçıktaki fertil çiçek sayısının (8,9), çiçeklenme sonrası kuraklık stresi ise esas olarak yaprak alanı süresini kısıtlamak suretiyle tane

ağırlığının azalmasına neden olmaktadır (2). Tane dolun dönemindeki kuraklık stresi, yetersiz kalan asimilatların paylaşımı yönünden başak içi rekabeti artırmak suretiyle, ayrıca başağın uç ve dip kısımlarında tane seti kaybına da yol açmaktadır (3).

Buğday verimlerinde yıllara göre belirgin farkların ortaya çıkmasının en önemli nedeni kuraklıktır. Farklı gelişme dönemlerindeki kuraklığın, buğdayın verim strüktürünü nasıl ve ne ölçüde etkilediğinin daha iyi anlaşılması, ekolojik koşulları belli olan bir bölgeye daha iyi adapte olabilecek ve daha yüksek verimli genotiplerin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Bu araştırmada, farklı gelişme dönemlerindeki kuraklığın "Doğu-88" kışlık buğday çeşidinde bitki gelişmesi ve verim üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezi'nin 4 nolu kuyu deneme alanında, 1995-96 ve 1996-97 ürün yıllarında yürütülmüştür. Denemede, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından bölgenin kuru tarım alanları için geliştirilen kılçıklı, kırmızı taneli ve kurağa dayanıklı "Doğu-88" kışlık buğday çeşidi kullanılmıştır. Sabit konumlu polietilen parsel örtüleri (0.25 mm kalınlıkta ve fotosentetik ışığın % 95'ini geçirebilir) kullanılarak, farklı dönemlerde yapay kuraklık oluşturulmuş ve aşağıdaki uygulamaların bitki gelişmesi ve verim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Uygulamalarda "Feekes" gelişme dönemleri ıskalası esas alınmıştır (8). Bütün parsellerde sapa kalkma başlangıcından (Feekes 6.00) hasat dönemine kadar (Feekes 11.4) birer haftalık aralıklarla toprağın 60 cm derinliğindeki kullanılabilir nem içeriği gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

**1. Sulu koşullar (SK) :** Bitkiler, sapa kalkma başlangıcından hasat dönemine kadar, topraktaki kullanılabilir suyun yaklaşık % 40'ı tüketildiğinde yüzey sulama yöntemi ile sulanmıştır (9).

**2. Kuru koşullar (KK) :** Bitkiler doğal koşullarda yetiştirilmiş, sulama ve örtüleme işlemleri uygulanmamıştır.

**3. Erken kuraklık (EK) :** Parsel üzeri, fide tabanında 2. boğumun görüldüğü dönemden (Feekes 7.00) süt olum dönemi başlangıcına kadar (Feekes 10.54) örtülmüş ve bitkilerin yağmur alması engellenmiştir. Örtüler, toprak yüzeyinden 1.5 m yükseklikte ve parsel kenarlarından 2 m etrafa taşacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu bitkiler, süt olum dönemi başlangıcından hasat dönemine kadar sulu koşullarda olduğu gibi sulanmıştır.

**4. Geç kuraklık (GK) :** Bu bitkiler, süt olum dönemi başlangıcına kadar sulu koşullarda yetiştirilmiş, süt olum dönemi başlangıcından hasat dönemine kadar aynı özelliklerdeki parsel örtüleri ile örtülmüştür.

**5. Tam kuraklık (TK) :** Fide tabanında 2. boğumun görüldüğü dönemden hasat dönemine kadar parsel üzeri örtülmüş ve bitkilerin yağmur alması engellenmiştir.

Parseller tava haline getirildikten sonra sulanmıştır. Bütün parseller, diğer uygulamaların etkilerinden korunmak için sulama ve örtülerin uygulanmadığı ilave parseller ile izole edilmiştir. Ayrıca, kuraklık uygulanan parsellerde, örtülerden akan yağmur suları, açılan yollar ile parsellerden uzaklaştırılmıştır.

Araştırma, Tesadüf Blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Parseller 1.2 x 6.0 m ebatlarında olmak üzere, 20 cm aralıkla 6 bitki sırası içermiştir. Ekim işlemi, parsel mibzeri ile ve 475 tohum/m<sup>2</sup> olacak şekilde yapılmıştır. Bütün parseller 6 kg N/da ve 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/da hesabıyla gübrenmiştir. Azotun yarısı ile fosforun tamamı ekimle birlikte, azotun diğer yarısı ise sapa kalkma başlangıcında uygulanmıştır. Olum döneminde her parselin merkezi 2.4 m<sup>2</sup>'sindeki bitkiler toprak seviyesinden orakla hasat edilmiştir.

Ekim işlemi birinci yıl 20 Eylül 1995, ikinci yıl ise 24 Eylül 1996 tarihinde yapılmıştır. Tam ve erken kuraklık uygulanan parseller ürün yıllarına göre sırasıyla 25 Mayıs 1996 ve 27 Mayıs 1997; geç kuraklık uygulanan parseller ise 24 Haziran 1996 ve 27 Haziran 1997 tarihlerinde örtülmüştür. Tam kuraklık uygulamasında ürün yıllarına göre sırasıyla 32.7 ve 43.2 mm; erken kuraklık uygulamasında 20.3 ve 33.6 mm; geç kuraklık uygulamasında ise 12.4 ve 10.0 mm yağış elemine edilmiştir. Thermohygrograph cihazı ile yapılan ölçümlerde, örtülerin kuraklık uygulanan parsellerde havanın nispi nemi ve sıcaklığını değiştirmediği belirlenmiştir. İki ürün yılında da bitkilerde yatma ve hastalık problemi görülmemiştir.

Öteki araştırmacıların (10, 11, 12, 13, 14) uyguladıkları yöntemler esas alınarak, her parsel için aşağıda sıralanan ölçümler ve hesaplamalar yapılmıştır. Fotosentez organları, çiçeklenme başlangıcında ve çiçeklenmeden 15 gün sonra olmak üzere, hasat alanındaki en az 3 yeşil yapraklı şansa bağlı 10 sap üzerinde ölçülmüştür. Uzunluk ölçümlerinde milimetrik cetvel, genişlik ve çap ölçümlerinde ise kumpas kullanılmıştır. Yüzeyinin % 50'sinden fazlası sararmış veya kurumuş olan organlar dikkate alınmamıştır. Fotosentez organlarının alanları aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

Başak alanı (cm<sup>2</sup>): Dipten 2. başakçığının genişliği x

Uzunluğu x Başakçık sayısı x 2

Yaprak ayası alanı (cm<sup>2</sup>): Uzunluk x Maksimum genişlik x 0.835

Silindirik organların (yaprak kını, boğum arası) alanı (cm<sup>2</sup>): (Uzunluk x Çevre) / 2

**1. Yaprak alanı (cm<sup>2</sup>)** : Yaprak ayalarının alanları ilgili formül yardımıyla hesaplanmış ve sap başına toplam yaprak alanı bulunmuştur.

**2. Yeşil alan (cm<sup>2</sup>)** : Başak, yaprak ayaları, yaprak kınları ve boğum aralarının alanları hesaplanıp toplanmış ve sap başına yeşil alan değeri bulunmuştur.

**3. m<sup>2</sup>'deki sap sayısı**: Başaklanma döneminde, hasat alanı içerisindeki 1 sıranın 1 m'lik kısmındaki saplar (en az 3 yeşil yapraklı) sayılmış ve bu değerler m<sup>2</sup>'deki sap sayısına çevrilmiştir.

**4. Yaprak alanı indeksi**: Sap başına toplam yaprak alanı (m<sup>2</sup>) x m<sup>2</sup>'deki sap sayısı (13)

**5. Yaprak alanı süresi (gün)**: Yaprak alanı indeksi x Tane dolun süresi (Tane dolun süresi: % 50 çiçeklenmeden % 50 fizyolojik olgunluğa kadar geçen gün sayısı)

**6. Yeşil alan indeksi**: Sap başına toplam yeşil alan x m<sup>2</sup>'deki sap sayısı (13)

**7. Yeşil alan süresi (gün)**: Yeşil alan indeksi x Tane dolun süresi

**8. Çiçeklenme sonrası yeşil alan (cm<sup>2</sup>)**: Çiçeklenme tarihinden 15 gün sonra, her parsel için sap başına yeşil alan değeri ayrıca belirlenmiştir.

**9. m<sup>2</sup>'deki başak sayısı**: Olgunluk döneminde, her parselin hasat alanı içerisindeki 1 sıranın 1 m'lik kısmındaki başaklar sayılmış ve bu değerler m<sup>2</sup>'deki başak sayısına çevrilmiştir.

**10. Fertil sap oranı (%)**: (m<sup>2</sup>'deki başak sayısı x 100) / m<sup>2</sup>'deki sap sayısı

**11. Bitki boyu (cm)**: Olgunluk döneminde, hasat alanı içerisindeki şansa bağlı 10 başaklı sapın, toprak seviyesinden en üst başakçık ucuna kadar olan kısmı ölçülmüştür.

**12. Başaktaki başakçık sayısı**: Olgunluk döneminde, şansa bağlı 10 başaktaki taneli başakçıklar sayılarak ortalaması alınmıştır.

**13. Başaktaki tane sayısı**: Başakçık sayımı amacıyla örneklenen başaklardaki taneler sayılarak ortalaması alınmıştır.

**14. Bin tane ağırlığı (g)**: Parsel tane ürününden 4x100 tane sayılarak tartılmış ve ortalaması 10 ile çarpılmıştır.

**15. Toplam verim (kg/da)**: Hasat edilen bitkiler tarlada 3 gün kurutulmuş ve tartılmıştır.

**16. Tane verimi (kg/da)**: Hasat edilen bitkiler harman edildikten sonra elde edilen tane ürünü temizlenip tartılmıştır.

**17. Hasat indeksi (%)**: (Tane verimi x 100) / Toplam verim

**18. Yeşil alanın fotosentez etkinliği (g/m<sup>2</sup>/gün)**: Tane verimi (g/m<sup>2</sup>) / Yeşil alan süresi (gün)

#### Deneme Yerinin İklim ve Toprak Özellikleri

Ürün yıllarına ilişkin aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 1'de verilmiştir. 1995-96 ve 1996-97 ürün yıllarındaki yıllık toplam yağışlar sırasıyla 278.9 ve 385.1 mm dir. Özellikle birinci ürün yılı olmak üzere, her iki ürün yılına ait yağış toplamı uzun yıllar ortalamasından düşüktür. İkinci ürün yılının Eylül-Ekim ve Mayıs-Haziran aylarındaki yeterli yağışlar çimlenme, çıkış, kardeşlenme ve tane dolun süresini olumlu yönde etkilemiştir. Birinci ürün yılının Temmuz ayındaki yüksek sıcaklıklar olumu hızlandırmak suretiyle tane dolun süresini kısaltmıştır.

Deneme alanı topraklarının tekstür sınıfının killi-tın, organik madde içeriğinin % 1.8, elverişli P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O miktarının sırasıyla 3.7 ve 59.2 kg/da, pH'sının ise 7.7 olduğu belirlenmiştir. Toprakların nem içeriği tarla kapasitesinde % 21.2, sürekli solma noktasında ise % 11.7'dir. Topraktaki minimum nem içeriğinin ürün yıllarına göre sırasıyla sulu koşullarda % 16.9 ve 17.2; kuru koşullarda % 13.7 ve 14.9; erken kuraklıkta % 13.7 ve 14.4; geç kuraklıkta % 14.8 ve 15.6; tam kuraklıkta ise % 11.0 ve 12.2 olduğu belirlenmiştir.

#### Bulgular ve Tartışma

##### Sap Sayısı, Yaprak Alanı ve Yeşil Alan Karakterleri

Sap sayısı, yaprak alanı ve yeşil alan karakterlerinin varyans analizi sonuçları ile bu karakterlerin uygulamalara ve ürün yıllarına göre ortalama değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Ürün yılları ve uygulamaların bu karakterler üzerindeki etkileri önemli olmuştur.

1995-96 ve 1996-97 ürün yıllarında m<sup>2</sup>'deki sap sayısı sırasıyla 660.7 ve 676.3, sap başına yaprak alanı 29.3 ve 27.4 cm<sup>2</sup>, yeşil alan ise 67.2 ve 61.1 cm<sup>2</sup>'dir. Mayıs ve Haziran aylarındaki yağış yönünden ikinci ürün yılı daha elverişli olmuştur. Buna karşılık, birinci ürün yılındaki yaprak ve yeşil alan değerlerinin daha yüksek bulunması, ikinci ürün yılındaki yüksek bitki sıklığının olumsuz etkisi ile birinci ürün yılının Haziran ayındaki

nispeten düşük sıcaklıklardan kaynaklanmış olabilir. Yüksek bitki sıklıklarında artan rekabet yüzünden fotosentez organlarındaki gelişmenin daha zayıf olduğu ve çiçeklenme öncesi dönemdeki düşük sıcaklıkların fotosentez alanını artırdığı diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (10, 15). Sap sayısının azlığına karşılık, geniş fotosentez alanı nedeniyle birinci ürün yılındaki

yaprak alanı indeksi ve yeşil alan indeksi değerleri daha yüksek olmuştur. Çiçeklenmeden 15 gün sonraki yeşil alanın 1995-96 ürün yılında daha düşük oluşu, bu ürün yılının çiçeklenme sonrası günlerindeki daha yüksek sıcaklıkların yeşil dokulardaki yaşlanmayı hızlandırmasından kaynaklanmış olabilir (15).

Tablo 1. Erzurum İlinin Ürün Yılları İle Uzun Yıllar Ortalamasına Ait Toplam Yağış ve Ortalama Sıcaklık Değerleri

YILLAR	AYLAR												Toplam
	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	
	Toplam Yağış (mm)												Toplam
1995-96	15.0	17.0	36.0	44.1	5.7	16.9	13.9	18.5	30.6	39.7	17.2	24.3	278.9
1996-97	16.7	32.5	77.8	52.8	2.6	3.5	31.3	25.4	40.7	66.1	32.0	3.7	385.1
1929-94	18.7	24.2	43.3	36.1	23.4	25.0	29.2	36.3	53.9	73.1	52.8	28.9	444.9
	Ortalama Sıcaklık (°C)												Ortalama
1995-96	18.8	13.6	5.7	-1.4	-11.5	-7.7	-9.1	-0.8	3.8	11.6	13.8	20.1	4.7
1996-97	19.3	12.3	6.3	1.8	-0.5	-5.3	-9.6	-10.2	3.1	11.7	14.7	18.3	5.2
1929-94	19.5	14.9	8.4	1.5	-5.1	-8.3	-7.0	-2.6	5.3	10.8	15.4	19.2	6.0

Tablo 2. Kuraklığın Doğu-88 Kışlık Buğday Çeşidinde m<sup>2</sup>'deki Sap Sayısı ile Yaprak Alanı ve Yeşil Alan Karakterlerine Etkisi\*

Uygulamalar	Başaklanma döneminde m <sup>2</sup> 'deki sap sayısı	Çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı (cm <sup>2</sup> )	Çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi	Çiçeklenme dönemindeki yeşil alan (cm <sup>2</sup> )	Çiçeklenme dönemindeki yeşil alan indeksi	Çiçeklenmeden 15 gün sonraki yeşil alan (cm <sup>2</sup> )
Sulu koşullar	698.3a	33.3 a	2.32 a	74.7 a	5.21 a	63.9 a
Kuru koşullar	665.0 b	29.8 b	1.98 b	65.8 b	4.37 b	47.2 c
Erken kuraklık	645.0 bc	22.7 c	1.47 c	53.6 c	3.46 c	42.9 d
Geç kuraklık	709.2 a	33.1 a	2.35 a	73.7 a	5.22 a	55.1 b
Tam kuraklık	625.0 c	23.0 c	1.44 c	53.0 c	3.31 c	34.6 e
L.S.D.	21.40	1.59	0.09	2.03	0.20	3.33
1995-96	660.7	29.3	1.95	67.2	4.46	42.7
1996-97	676.3	27.4	1.87	61.1	4.17	54.8
Ortalama	668.5	28.4	1.91	64.1	4.32	48.7
Yıl (Y)	P<0.01	P<0.001	P<0.01	P<0.001	P<0.001	P<0.001
Uygulama (U)	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
YxU	P<0.05	Önemsiz	P<0.05	P<0.05	P<0.01	P<0.001

\*Aynı harf ile işaretlenen ortalamalar birbirinden farksızdır (P<0.01).

Erken dönemde kuraklık uygulanan "Doğu-88" kışlık buğday çeşidinde sulanan koşullara göre m<sup>2</sup>'deki sap sayısı % 7.6, çiçeklenme başlangıcındaki yaprak alanı % 31.8, yeşil alan % 28.2, yaprak alanı indeksi % 36.6, yeşil alan indeksi ise % 33.6 oranında azalmıştır. Sapa kalkma ile çiçeklenme dönemleri arasındaki kuraklığın, tane verimi ile olumlu ilişkili olan ve potansiyel fotosentez kaynağı olarak kabul edilen yaprak ve yeşil alan indekslerini (13, 16, 17) önemli oranda azalttığı ve yaprak alanını diğer organların alanlarına göre daha fazla sınırladığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, çiçeklenme öncesi kuraklığa buğdayın en bariz tepkisinin, daha küçük ve daha az sayıda yaprak oluşumu nedeniyle yaprak alanındaki azalma olduğunu (18), ayrıca kardeş ölümleri nedeniyle de yaprak alanı indeksinin azaldığını bildiren öteki araştırma bulgularıyla benzerlik göstermiştir (4, 7, 19). Çiçeklenmeden 15 gün sonraki yeşil alan, erken kuraklık ve tam kuraklık uygulamalarında sulu koşullara göre sırasıyla % 32.9 ve 45.9 oranında azalmıştır. Kuraklığın çiçeklenmeden 15 gün sonraki yeşil alanı, çiçeklenme dönemindeki yeşil alana göre daha fazla sınırlaması, kuraklığın özellikle alt yapraklarda olmak üzere, yeşil dokulardaki yaşlanmayı hızlandırıcı etkisinin bir sonucudur (9, 20). Sulama, yaprak alanı ve yeşil alan değerlerini kuru koşullara göre sırasıyla % 11.7 ve 13.5, m<sup>2</sup>'deki sap sayısını % 5.0, yaprak alanı indeksi ve yeşil alan indeksini % 17.2 ve 19.2, çiçeklenmeden 15 gün sonraki yeşil alanı ise % 35.4 oranında artırmıştır. Konuyla ilgili başka araştırmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (9, 19).

#### **Yaprak Alanı Süresi, Yeşil Alan Süresi ve Bazı Agronomik Karakterler**

1995-96 ürün yılındaki yüksek yaprak ve yeşil alan indekslerine karşılık, tane dolum süresinin 1996-97 ürün yılında daha uzun oluşu (uygulamaların ortalaması olarak sırasıyla 29.9 ve 32.9 gün), bu ürün yılındaki yaprak alanı süresi ve yeşil alan süresini artırmıştır (Tablo 3). Çimlenme, çıkış ve kardeşlenme dönemlerindeki uygun iklim koşulları nedeniyle, 1996-97 ürün yılındaki başak sayısı daha yüksek olmuştur. Bitki boyu ve başaktaki başakçık sayısı değerleri ikinci ürün yılında önemli derecede düşük bulunmuştur.

Çiçeklenmedeki yeşil alan ile bu alanın çiçeklenme sonrası aktif fotosentez süresi, verim farklılıklarının açıklanmasında temel öğeler olarak kabul edilmektedir (13, 14, 15). Kuraklığın fotosentez alanı üzerindeki olumsuz etkisi yanında, yeşil dokulardaki yaşlanma ve kurumayı da hızlandırması; yaprak ve yeşil alan sürelerini sulu koşullara göre sırasıyla tam kuraklıkta % 53.5 ve 52.1, erken kuraklıkta % 41.7 ve 38.8, geç kuraklıkta

ise % 14.2 ve 14.9 oranında azaltmıştır. Tam kuraklık parsellerindeki yeşil alan süresinin, sulu koşulların yarısından bile az olması, tane dolumu için gerekli asimilat kaynağının kuraklık tarafından ne derece kısıtlandığının açık bir delili olmuştur (3). Erken kuraklık, yaprak ve yeşil alan sürelerini geç kuraklığa göre daha fazla sınırlamıştır. Bu durum, çiçeklenme öncesi kuraklığın neden olduğu asimilat kaynağı kaybının, çiçeklenme sonrası yeterli sulama ile telafi edilemeyeceğini göstermektedir. Sulama, yaprak ve yeşil alan sürelerini kuru koşullara göre sırasıyla % 31.8 ve 34.1 oranında artırmıştır.

Tam, erken ve geç kuraklık uygulamalarında bitki boyu sulu koşullara göre sırasıyla 18.8, 14.1 ve 5.6 cm kısalmıştır. Bu sonuçlar, özellikle sapa kalkma başlangıcı ile çiçeklenme arasındaki kuraklık stresinin boğum aralarında kıalmaya neden olduğu yönündeki öteki araştırma bulgularıyla desteklenmektedir (6, 7, 21). Uygulamaların m<sup>2</sup>'deki başak sayısı üzerindeki etkisi bitki boyu ile benzerlik göstermiştir. Yani, erken gelişme dönemlerindeki kuraklığın olumsuz etkisi geç kuraklığa göre daha fazla olmuştur. Tam, erken ve geç kuraklık uygulamalarında başak sayısının sulu koşullara göre sırasıyla % 29.2, 21.3 ve 3.1 oranında azaldığı saptanmıştır (Tablo 3). Erken gelişme dönemlerindeki kuraklık stresinin kardeşlenme kapasitesini sınırlaması yanında kardeş ölümlerine de neden olmasının başak sayısını sınırladığı öteki araştırmacılar tarafında da belirlenmiştir (7, 19, 22). Fertil sap oranı sulu koşullarda % 75.7 iken, erken ve tam kuraklık uygulamalarında sırasıyla % 64.5 ve 59.9'a düşmüştür. Buna karşılık, geç kuraklık parsellerinin sulu koşullarınkine yakın değere sahip olması, fertil başak sayısının çiçeklenme öncesi toprak nemi tarafından belirlendiğinin bir göstergesidir.

Başaktaki başakçık sayısı kuru koşullarda 11.9 iken, sulanan koşullarda 13.8 adet olmuştur. Tam, erken ve geç kuraklık uygulamaları başaktaki başakçık sayısını sulu koşullara göre sırasıyla 3.2, 2.8 ve 0.2 adet azaltmıştır. Çiçeklenme sonrası kuraklığın asimilatlar yönünden başak içi rekabeti artırmak suretiyle başakçık kayıplarına neden olduğu yönündeki bulguların aksine (3), bu çalışmada geç kuraklığın başakçık sayısı üzerindeki etkisi önemsiz olmuştur. Buna karşılık, erken kuraklığın belirleyici etkisi başakçık sayısı üzerinde de görülmüştür. Erken kuraklığın çiçeklenme öncesi kaynak kapasitesini sınırlamak suretiyle bir yandan yetersiz asimilat teminine bağlı olarak başak gelişme süresi ve başakçık üretim oranını sınırlarken, diğer yandan başakçık ölümlerine de neden olması başaktaki başakçık sayısındaki azalma ile sonuçlanmaktadır (19, 23).

Tablo 3. Kuraklığın Doğu-88 Kışlık Buğday Çeşidinin Bazı Agronomik Karakterlerine Etkisi\*

Uygulamalar	Yaprak alanı süresi (gün)	Yeşil alan süresi (gün)	Bitki boyu (cm)	m <sup>2</sup> 'deki başak sayısı	Fertil sap oranı %	Başaktaki başakçık sayısı
Sulu koşullar	82.5 a	185.0 a	80.4 a	528.3 a	75.7 a	13.8 a
Kuru koşullar	62.6 c	138.0 c	72.2 c	448.3 c	67.4 c	11.9 b
Erken kuraklık	48.1 d	113.2 d	66.3 d	415.8 d	64.5 d	11.0 c
Geç kuraklık	70.8 b	157.5 b	74.8 b	511.7 b	72.2 b	13.6 a
Tam kuraklık	38.4 e	88.7 e	61.6 e	374.2 e	59.9 e	10.6 c
L.S.D.	3.32	7.82	2.40	12.90	2.63	0.69
1995-96	58.8	134.5	74.4	447.0	67.5	12.6
1996-97	62.2	138.4	67.7	464.3	68.4	11.7
Ortalama	60.5	136.5	71.1	455.7	67.9	12.2
Yıl (Y)	P<0.001	P<0.05	P<0.001	P<0.001	Önemsiz	P<0.001
Uygulama (U)	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
YxU	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.05	Önemsiz	Önemsiz

\*Aynı harf ile işaretlenen ortalamalar birbirinden farksızdır (P<0.01).

### Verim Öğeleri ve Tane Verimi

Kuraklığın bazı verim öğeleri ve tane verimi üzerindeki etkileri Tablo 4'de verilmiştir. Biyolojik verim yönünden ürün yılları arasındaki fark önemsiz olmuştur. İkinci ürün yılındaki elverişli iklim koşulları; uygulamaların ortalaması olarak başaktaki tane sayısı, 1000 tane ağırlığı, tane verimi, hasat indeksi ve yeşil alanın fotosentez etkinliğini önemli derecede artırmıştır. Başaktaki başakçık sayısının aksine, tane sayısının 1996-97 ürün yılında daha yüksek olması, tane sayısı yönünden ürün yılları arasındaki varyasyonun, çiçeklenme sonrası iklim koşullarından kaynaklandığı göstermektedir. 1996-97 ürün yılının çiçeklenme sonrası döneminde toprak nemi ve hava sıcaklığının daha elverişli olması, başakçık içerisinde tane tutan çiçek sayısının daha fazla olmasına olanak sağlamış olabilir. Çiçeklenme sonrası kuraklık ve yüksek sıcaklıkların, başak merkezinden uzak başakçıklardaki fertil çiçek sayısını azalttığını öteki araştırmacılar da rapor etmiştir (15, 24).

Kuraklık uygulamaları başaktaki tane sayısının önemli oranda azalmasına neden olmuştur. Tam, erken ve geç kuraklık uygulamalarında başaktaki tane sayısı sulu koşullara göre sırasıyla 9.5, 7.7 ve 2.9 adet azalmıştır. Kuraklık, hem başaktaki başakçık ve başakçıktaki çiçek sayısını azaltarak, hem de tozlanan çiçeklerin ölümüne neden olmak suretiyle tane sayısını sınırlamaktadır (15, 19, 23, 24). Erken kuraklığın başaktaki tane sayısı üzerindeki olumsuz etkisi, geç kuraklığa göre çok daha belirgin olmuştur. Bu sonuç, başaktaki tane sayısının esas

olarak çiçeklenme öncesi gelişme süreçleri ve çevre koşulları tarafından belirlendiği yönündeki başka araştırma bulgularıyla desteklenmektedir (15, 25). Sulanan bitkilerin başaktaki tane sayısı kuru koşullara göre 3.2 adet fazla olmuştur.

Tam kuraklığın hem çiçeklenme öncesi kaynak kapasitesini (yeşil alan), hem de çiçeklenme sonrası aktif fotosentez süresini sınırlaması, 1000 tane ağırlığını sulanan koşullara göre 7.5 g azaltmıştır. Tane sayısının aksine, 1000 tane ağırlığı üzerine geç kuraklığın olumsuz etkisi, erken kuraklığa göre daha fazla olmuştur. Sulamanın yeşil alan süresi üzerindeki olumlu etkisi, tane ağırlığını artırmıştır. Sonuçlar, çiçeklenme sonrası kuraklıkta tane verimindeki azalmanın esas olarak tanedeki ağırlık artışının sınırlanmasından kaynaklandığı yönündeki araştırma bulgularıyla paralellik göstermiştir (2, 3, 6, 19). Ayrıca, tane ağırlığının büyük ölçüde çiçeklenme sonrası gelişme süreçleri ve çevre koşullarına bağlı olması da bu sonucu desteklemektedir (26, 27).

Kuraklık uygulamaları biyolojik verimi de önemli derecede azaltmıştır. Tam, erken ve geç kuraklık uygulamalarındaki biyolojik verim sulu koşullara göre sırasıyla 529.0, 331.3 ve 146.4 kg/da daha az olmuştur. Bu sonuç; kuraklığın öncelikle vejetatif gelişme olmak üzere, generatif gelişme ve kuru madde üretimini sınırlayıcı etkisinin bir sonucudur (9). Erken kuraklığın biyolojik verim üzerindeki olumsuz etkisinin geç kuraklığa göre daha belirgin oluşu, birim alandaki toplam kuru madde üretiminin başlıca çiçeklenme öncesi gelişme

Tablo 4. Kuraklığın Doğu-88 Kışlık Buğday Çeşidinde Verim Unsurları ve Tane Verimine Etkisi\*

Uygulamalar	Başaktaki tane sayısı	1000 tane ağırlığı (g)	Biyolojik verim (kg/da)	Tane verimi (kg/da)	Hasat indeksi (%)	Yeşil alanın fotosentez etkinliği (g/m <sup>2</sup> /gün)
Sulu koşullar	26.2 a	37.6 a	1246.8 a	445.9 a	35.7 a	2.408 a
Kuru koşullar	23.0 b	35.4 b	971.3 c	310.1 c	32.0 b	2.250 ab
Erken kuraklık	18.5 c	35.0 b	915.5 d	264.8 d	29.0 c	2.350 a
Geç kuraklık	23.3 b	33.8 c	1100.4 b	339.1 b	30.8 b	2.157 b
Tam kuraklık	16.7 d	30.1 d	717.8 e	153.3 e	21.4 d	1.730 c
L.S.D.	0.59	0.57	49.33	12.13	1.36	0.182
1995-96	20.8	33.7	983.9	287.4	28.5	2.091
1996-97	22.2	35.1	996.9	317.9	31.1	2.267
Ortalama	21.5	34.4	990.4	302.6	29.8	2.179
Yıl (Y)	P<0.001	P<0.001	Önemsiz	P<0.001	P<0.001	P<0.001
Uygulama (U)	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
YxU	P<0.01	Önemsiz	P<0.05	P<0.001	P<0.05	P<0.05

\*Aynı harf ile işaretlenen ortalamalar birbirinden farklıdır (P<0.01).

Tablo 5. Kuru Koşullar, Erken Kuraklık, Geç Kuraklık ve Tam Kuraklık Uygulamalarının İncelenen Karakterlerde Sulu Koşullara Göre Meydana Getirdiği % Azalmalar\*

Karakterler	Kuru koşullar	Erken kuraklık	Geç kuraklık	Tam kuraklık
m <sup>2</sup> 'deki sap sayısı	4.8	7.6	1.6*	10.5
Yaprak alanı	10.5	31.8	0.6	30.9
Yaprak alanı indeksi	14.7	36.6	1.3*	37.9
Yeşil alan	11.9	28.2	1.3	29.0
Yeşil alan indeksi	16.1	33.6	0.2*	36.5
Çiçeklenmeden 15 gün sonraki yeşil alan	26.1	32.9	13.8	45.9
Yaprak alanı süresi	24.1	41.7	14.2	53.5
Yeşil alan süresi	25.4	38.8	14.9	52.1
Bitki boyu	10.2	17.5	7.0	23.4
m <sup>2</sup> 'deki başak sayısı	15.1	21.3	3.1	29.2
Fertil sap oranı	11.0	14.8	4.6	20.9
Başaktaki başakçık sayısı	13.8	20.3	1.4	23.2
Başaktaki tane sayısı	12.2	29.4	11.1	36.3
1000 tane ağırlığı	5.9	6.9	10.1	19.9
Biyolojik verim	22.1	26.6	11.7	42.4
Tane verimi	30.5	40.6	24.0	65.6
Hasat indeksi	10.4	18.8	13.7	40.1
Yeşil alanın fotosentez etkinliği	6.6	2.4	10.4	28.2

\* İşaretli değerler sulu koşullara göre % artışı göstermektedir.

süreçleri ve çevre koşullarına bağlı olduğunu göstermektedir. Sulamanın kuru madde üretimi üzerindeki olumlu etkisi, biyolojik verimi kuru koşullara göre 275.5 kg/da artırmıştır (9).

En yüksek tane verimi sulanan parsellerden elde edilmiştir (445.9 kg/da). Tam, erken ve geç kuraklık uygulamaları tane verimini sulu koşullara göre sırasıyla % 65.6, 40.6 ve 24.0 oranında azaltmıştır. Tam kuraklık uygulamasında tane verimindeki azalma, başaktaki tane sayısı ile birim alandaki başak sayısı ve tane ağırlığındaki azalmanın (sırasıyla % 36.3, 29.2 ve 19.9) ortak bir fonksiyonu olmuştur. Erken kuraklığın verim üzerinde olumsuz etkisi, başlıca başaktaki tane sayısı ve başak sayısı olmak üzere üç verim ögesindeki azalmadan (sırasıyla % 29.4, 21.3 ve 6.9); geç kuraklığın olumsuz etkisi ise başlıca başaktaki tane sayısı ve tane ağırlığındaki azalmadan (sırasıyla % 11.1 ve 10.1) kaynaklanmıştır. Sulama, başak sayısını % 17.8, başaktaki tane sayısını % 13.9, tane ağırlığını ise % 6.2 artırmak suretiyle tane veriminin kuru koşullara göre % 43.8 oranında yüksek olmasını sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, kuraklığın tane verimi üzerindeki etkisine ilişkin öteki araştırma bulgularıyla uygunluk göstermiştir (2, 3, 6, 19). Başaktaki tane sayısının kuraklıktan en fazla etkilenen verim ögesi olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuçlar, birim alandaki tane sayısının ( $m^2$ 'deki başak sayısı x başaktaki tane sayısı) erken kuraklık, tane ağırlığının ise geç kuraklık tarafından daha fazla sınırlandırıldığını göstermiştir. Buna karşılık tane ağırlığı, hem kuraklık uygulamalardan en az etkilenen, hem de sulamaya karşı en düşük reaksiyon gösteren verim ögesi olarak dikkat çekmiştir. Sulama ile kuru koşullara göre sağlanan verim artışı, sulamanın birim alandaki tane sayısı üzerindeki olumlu etkisinden kaynaklanmıştır.

Bu çalışmada, tam kuraklık uygulamasından elde edilen verim (153.3 kg/da) dahi yüksek olarak kabul edilebilir. Zira, çiftçi koşullarında Erzurum ortalaması buğday verimi yıllara göre 100-125 kg/da arasında değişmektedir. Bu durum; toprak hazırlığı, çeşit seçimi, ekim zamanı ve ekim yöntemi gibi uygun kültürel uygulamalar ile toprağın su depolama kapasitesinin kombinasyonunun ortak bir fonksiyonudur. Sonuçlar, kışlık buğday üretiminde bu kültürel uygulamaların önemi yanında, sonbahar ve ilkbahar yağışlarının da ürünün sigortası olduğunu göstermektedir.

Kuraklık uygulamaları hasat indeksini azaltmıştır. Hasat indeksi sulu koşullarda % 35.7 iken; tam, erken ve geç kuraklık uygulamalarında sırasıyla % 21.4, 29.0 ve 30.8 olmuştur. Sulama, kuru koşullara göre (% 32.0) hasat indeksini artırmıştır. Kuraklığın tane verimi

üzerindeki olumsuz etkisinin sap verimi üzerindeki etkisinden daha fazla olması nedeniyle hasat indeksini azalttığı yönündeki öteki araştırma bulguları, sonuçlarımızla benzerlik göstermiştir (19, 24).

Birim alanda, birim yeşil alan süresi başına üretilen tane miktarını ifade eden fotosentez etkinliğinin; sulanan parsellerde en yüksek, tam kuraklık parsellerinde ise en düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 4). Geç kuraklık uygulamasındaki yeşil alanın fotosentez etkinliği, erken kuraklık ve kuru koşullara göre daha düşük olmuştur. Özellikle geç kuraklıktaki fotosentez etkinliği değerinin erken kuraklığa göre daha düşük çıkması, çiçeklenmedeki etkinliğinin nem yetersizliğine bağlı olarak azaldığını göstermektedir. Nitekim, tane dolum süresindeki kuraklığın hem fotosentez oranını azaltarak, hem de solunum kayıplarını artırmak suretiyle birim yeşil alan süresi başına elde edilen tane verimini azalttığı bildirilmektedir (9, 28). Ayrıca, böylesi koşullarda alt yaprakların asimilasyon yeteneklerini hızla kaybettiklerinden tane verimine çok az veya hiç katkıda bulunmadıkları yönündeki bulgular da (20) elde edilen sonuçları desteklemektedir.

## Sonuç

Erzurum koşullarında yürütülen bu çalışmada, farklı gelişme dönemlerindeki kuraklığın kışlık buğdayda bitki gelişmesi ve verim üzerindeki etkisi incelenmiştir.

1. Uygulamalara göre tane veriminde meydana gelen varyasyon, esas olarak birim alandaki tane sayısından ( $m^2$ 'deki başak sayısı x başaktaki tane sayısı) kaynaklanmıştır. Tane ağırlığının, tane sayısına göre daha stabil bir karakter olduğu ortaya çıkmıştır.

2. Erken gelişme dönemlerindeki kuraklığın verim üzerindeki olumsuz etkisi geç kuraklığa göre daha fazla olmuştur. Erken kuraklık başlıca birim alandaki tane sayısını, geç kuraklık ise tane ağırlığını sınırlamıştır.

3. Yeterli sulama, kuru koşullara göre yeşil alan süresini % 34.1, birim alandaki tane sayısını % 34.2, tane ağırlığını % 6.2, tane verimini ise % 43.8 oranında artırmıştır.

4. Erken kuraklık; birim alandaki tane sayısını % 44.4, tane ağırlığını ise % 6.9 azaltarak tane veriminin sulu koşullara göre % 40.6 oranında azalmasına neden olmuştur.

5. Geç kuraklık, yeşil dokulardaki yaşlanmayı hızlandırmak suretiyle yeşil alan süresini sulu koşullara göre % 14.9 azaltmıştır. Asimilat kaynağındaki bu



azalmanın bir sonucu olarak 1000 tane ağırlığı 37.6 g'dan 33.8 g'a düşmüştür. Birim alandaki tane sayısı % 13.9, tane verimi ise % 24.0 azalmıştır.

6. Gerek depo kapasitesi (birim alandaki tane sayısı), gerekse oluşan taneler için kaynak kapasitesi (yeşil alan süresi) üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle, tane verimi en çok tam kuraklık uygulamasından etkilenmiştir. Birim alandaki tane sayısının % 54.9, tane ağırlığının ise % 19.9 azalması, tane veriminde % 65.6 oranında azalma ile sonuçlanmıştır.

Buğday üretim alanlarında, çiçeklenme sonrası kuraklık daha sık karşılaşılan bir durumdur. Çiçeklenme sonrası kuraklığın verim üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılmasında aşağıdaki özelliklerin etkili olabileceği anlaşılmaktadır.

a. Çiçeklenmedeki yüksek yeşil alan indeksinin, tane dolum süresince toprak suyundaki azalma oranını hızlandırması, tane ağırlığında azalma ile sonuçlanmaktadır. Birim alandaki tane sayısında azalmaya neden olmamak koşuluyla, kardeşlenmenin azaltılarak fertil sap oranının yükseltilmesi, su kaybındaki azalmaya bağlı olarak verimi artırabilir.

b. Birim alandaki tane sayısı daha yüksek, ancak nispeten küçük tanelere sahip genotiplerin geliştirilmesi ile çiçeklenme sonrası kuraklığın olumsuz etkisi azaltılabilir.

## Kaynaklar

- Monti, L. M., Breeding Plants for Drought Resistance: The Problem and its Relevance. Drought Resistance in Plants. Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium, 1-8, 1986.
- Fischer, R. A., Wood, J. T., Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. III. Yield Associations With Morphophysiological Traits, Aust. J. Agric. Res. 30, 1001-1020, 1979.
- Steduto, P., Alvino, A., Magliulo, V., Sisto, L., Analysis of the Physiological and Reproductive of Five Wheat Varieties Under Rainfed and Irrigated Conditions in Southern Italy. Drought Resistance in Plants. Meeting Held in Amalfi, 19 to 23 October 1986, Belgium, 131-149, 1986.
- Keim, D. L., Kronstad, W. E., Drought Response of Winter Wheat Cultivars Grown Under Field Stress Conditions, Crop Sci. 21, 11-15, 1981.
- Cooper, M., Byth, D. E., Woodruff, D. R., An Investigation of the Grain Yield Adaptation of Advanced CIMMYT Wheat Lines Stress Environments in Queensland. I. Crop Physiological Analysis, Aust. J. Agric. Res. 45, 965-984, 1994.
- Day, A. D., Intalap, S., Some Effects of Soil Moisture on the Growth of Wheat, Agron. J., 62, 27-29, 1970.
- Robertson, M. J., Giunta, M. J., Responses of Spring Wheat Exposed to Preanthesis Water Stress, Aust. J. Agric. Res. 45, 19-35, 1994.
- Harrell, D. M., Wilhelm, W. W., McMaster, G. S., Scales: A Computer Program to Convert Among Three Developmental Stage Scales for Wheat, Agron. J. 85, 758-763, 1993.
- Giunta, F., Motzo, R., Deidda, M., Effects of Drought on Leaf Area Development, Biomass Production and Nitrogen Uptake of Durum Wheat Grown in a Mediterranean Environment, Aust. J. Agric. Res. 46, 99-111, 1995.
- Spiertz, J. H. J., Hag, B. A., Kupers, L. J. P., Relation Between Green Area Duration and Grain Yield in Some Varieties of Spring Wheat, Neth. J. Agric. Sci. 19, 211-222, 1971.
- Nass, H. G., Determination of Characters for Yield Selection in Spring Wheat, Can. J. Plant Sci. 53, 755-762, 1973.
- Gebeyehou, G., Knott, D. R., Baker, R. J., Relationships Among Durations of Vegetative and Grain Filling Phases, Yield Components, and Grain Yield in Durum Wheat Cultivars, Crop Sci. 22, 287-290, 1982.

13. Borojevic, S., Williams, W. A., Genotype x Environment Interactions for Leaf Area Parameters and Yield Components and Their Effects on Wheat Yield, *Crop Sci.* 22, 1020-1025, 1982.
14. Slafer, G. A., Miralles, D. J., Green Area Duration During the Grain Filling Period of an Argentine Wheat Cultivar as Uninfluenced by Sowing Date, Temperature and Sink Strength, *J. Agron. and Crop Sci.* 168, 191-200, 1992.
15. Warrington, I. J., Dunstone, R. L., Green, L. M., Temperature Effects at Three Development Stages on the Yield of the Wheat Ear, *Aust. J. Agric. Res.* 28, 11-27, 1977.
16. Richards, R. A., Manipulation of Leaf Area and its Effect on Grain Yield in Droughted Wheat, *Aust. J. Agric. Res.* 34, 23-31, 1983.
17. Karimi, M. M., Siddique, K. H. M., Crop Growth and Relative Growth and Relative Growth Rates of Old and Modern Wheat Cultivars, *Aust. J. Agric. Res.* 42, 13-20, 1991.
18. Rawson, H. M., Bagga, A. K., Bremmer, P. M., Aspects of Adaption by Wheat and Barley to Soil Moisture Deficits, *Aust. J. Plant Physiol.* 4, 389-401, 1977.
19. Innes, P., Blackwell, R. D., The Effects of Drought on the Water Use and Yield of Two Spring Wheat Genotypes, *J. Agric. Sci. Camb.* 96, 603-610, 1981.
20. Kaul, R., 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, 1974.
21. Salem, A. H., Kamel, N. H., Increasing Drought Tolerance in Wheat Plants, 5<sup>th</sup> International Wheat Conference, June 10-14 1996, Ankara, Turkey, 171, 1996.
22. Abdala, I., Sheikh, M., Evaluation of Wheat Genotypes Under Water Stress Conditions in Northern Sudan, 5<sup>th</sup> International Wheat Conference, June 10-14 1996, Ankara, Turkey, 171, 1996.
23. Puckridge, D. W., Photosynthesis of Wheat Under Field Conditions: Seasonal Trends in Carbondioxide Uptake of Crop Communities, *Aust. J. Agric. Res.* 22, 1-9, 1971.
24. Fischer, R. A., Maurer, R., Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. I. Grain Yield Responses, *Aust. J. Agric. Res.* 29, 897-912, 1978.
25. Frederick, J. R., Camberato, J. J., Water and Nitrogen Effects on Winter Wheat in the Southeastern Coastal Plain: I. Grain Yield and Kernel Traits, *Agron. J.* 87, 521-526, 1995.
26. Wiegand, C. L., Gebermann, A. H., Guellar, J. A., Development and Yield of Hard Red Winter Wheats Under Semitropical Conditions, *Agron. J.* 73, 29-37, 1981.
27. Gebeyehou, G., Knott, D. R., Baker, B. J., Rate and Duration of Grain Filling in Durum Wheat Cultivars, *Crop Sci.* 22, 337-340, 1982.
28. Spiertz, J. H. J., Vos, J., Grain Growth of Wheat its Limitation by Carbonhydrate and Nitrogen Supply, In *Wheat Growth and Modelling*, Plenum Press, New York, p 407, 1985.