

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

BUĞDAY FİDELERİNDE BÜYÜME VE PİGMENT İÇERİĞİ ÜZERİNE SICAKLIK VE SU-TUZ STRESLERİNİN BİRLİKTE ETKİLERİ

Yüksel KELEŞ¹, Işıl ÖNCEL²

ÖZ

Değişik çevresel streslerin bitki büyümesi ve pigmentasyonu üzerine etkileri *Triticum aestivum* L. (cv. Bezostaya-1, cv. Seri-82, cv. Kıraç-66) ve *Triticum durum* Desf. (cv. Kızıltan-91, cv. Kunderu 414-44, cv. Ç.1252) çeşitlerinde incelendi. Normal (24/16°C), düşük (5/-5°C) ve yüksek (40/30°C) sıcaklık koşullarında büyütülen fideler altı gün süreyle su basması, kuraklık ve tuzluluk (% 0.7, w/w NaCl) streslerinin etkisinde bırakıldı. Sıcaklık ve su-tuz stresleri arasındaki çapraz etkileşimlere karşı fidelerin tepkileri incelendi. Düşük sıcaklık uygulamaları ile sürgün kuru ağırlığında önemli bir değişim gözlenmezken, yüksek sıcaklık uygulamaları önemli ölçüde kuru ağırlık kaybına yol açmıştır. Su ve tuz stresleri ise düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık koşullarında önemli kuru ağırlık azalmasına neden olmuştur. Nisbi büyüme oranı buğday çeşitleri arasında önemli değişiklikler göstermiştir. Yüksek sıcaklık stresi altında klorofil içeriği önemli ölçüde azalırken, toplam kartenoid içeriği artış göstermiştir. Sonuçlar sıcaklık ve su-tuz stresleri arasındaki çapraz etkileşimlerin bitki büyümesi ve pigmentasyonu üzerinde farklı etkilere yol açtığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık stresi, Kuraklık, Su basması, Tuz stresi, Fide büyümesi, Klorofil, Karotenoid.

COMBINE EFFECTS OF TEMPERATURE AND WATER-SALT STRESSES ON GROWTH AND PIGMENT CONTENT IN WHEAT SEEDLINGS

ABSTRACT

The effects of various environmental stresses on the plant growth and pigmentation were investigated in *Triticum aestivum* L. (cv. Bezostaya-1, cv. Seri-82, cv. Kıraç-66) and *Triticum durum* Desf. (cv. Kızıltan-91, cv. Kunderu 414-44, cv. Ç.1252). The seedlings that grown at normal (24/16°C), low (5/-5°C) and high (40/30°C) temperature conditions were exposed to waterlogging, drought, and salinity (0.7%, w/w NaCl) stresses for six days. Responses of seedlings to cross interactions between heat and water-salt stresses were investigated. While significant alteration was not observed at shoot dry weight under low temperature conditions, high temperature treatment caused dry weight loss. Water and salt stresses caused to significant decrease in dry weight at low and high temperature conditions. Relative growth rate showed significant changes among wheat genotypes. While chlorophyll content was decreased under the high temperature stress, total carotenoid content was increased. Results indicate that heat and water-salt stresses among cross interaction was found to have the different effects on plant growth and pigmentation.

Key Words: Temperature stress, Drought, Waterlogging, Salt stress, Seedling growth, Chlorophyll, Carotenoid.

1. GİRİŞ

Sıcaklık ve su durumu, bitkilerde gen ekspresyonu ve metabolizma üzerinde değişikliklere neden olan çevresel koşullardır (Vierling, 1991). Bitkiler üzerinde yüksek sıcaklığın (YS) yıkıcı etkileri öncelikle fotosentetik

fonksiyonlarda ve tilakoid membranlarda ortaya çıkar. Tilakoid membranlar üzerinde yer alan fotosistem II kompleksleri yüksek sıcaklık stresine en duyarlı bölgelerdir (Santarius ve Weis, 1988). Yüksek sıcaklık koşullarından etkilenen bitkilerde ilk tepki büyüme azalması

¹ Mersin Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Yenişehir Kampüsü, 33161, Mersin.

Faks: 0-324-3412823; E-posta: kelesyüksel@hotmail.com.

² Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara.

Geliş: 19 Mart 2001; Düzeltme: 09 Kasım 2001; Kabul: 19 Kasım 2001.

dır. Yüksek sıcaklık stresinden etkilenme süresi uzarsa büyüme azalmasının yerini hücrelerin tahribi ve ölüm alır (Levitt, 1980). Fotosentez hızı pigment kaybına ve enzim denatürasyonuna bağlı olarak önemli ölçüde azalır (Yordanov ve Vasil'eva, 1976).

Dondurucu olmayan düşük sıcaklık (DS) koşullarında en önemli zararlanma membranlarda ortaya çıkar; membran permeabilitesi artar ve solütlerin sızmasıyla iyon dengesi bozulur (Parkin vd., 1989). Donma zararlarının temel nedeni hücre içinde buz oluşumudur. Hücreler donmaya neden olabilecek serbest su miktarını azaltarak donma toleransı geliştirebilirler (Guy, 1990). Kış çavdarı -20°C nin altındaki sıcaklıklarda bile canlı kalabilir (Brush vd., 1994). Kış çavdarının bu yeteneği önemli ölçüde antifiriz proteinleri üretme yeteneğine bağlıdır (Griffith vd., 1997). Donma toleransının sağlanmasında şekerler, prolin, poliaminler ve betain gibi kryoprotektanların da önemli rolü vardır (Guy, 1990). Cloutier ve Andrews (1984)'e göre kış tahullarında donma dayanıklılığı kuraklık stresi ile uyarılmaktadır.

Bitkiler, soğuk ve tuz stresi koşullarında fizyolojik kuraklık etkisinde kalabilirler ve bu koşullarda canlı hücrelerde su eksikliğine bağlı zarar görülebilir (Ingram ve Bartels, 1996). Bazı angiospermiler protoplazmik kuraklık (Oransal su içeriği $< \%2$) durumunda bile canlı kalabilirler. Bu bitkilerin mRNA ve protein seviyelerinde önemli değişiklikler ortaya çıkar ve sonuçta toleranslı olurlar (Ingram ve Bartels, 1996).

Su basması koşullarında kök uzaması, yüksek etilen konsantrasyonu veya düşük solunum oranları ile artırılabilir (Smith ve Robertson, 1971; Jackson vd., 1984). Su basması stresinden etkilenen toleranslı ve duyarlı türlerin biyokimyasında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır (Drew, 1997). Tarla koşullarında su basmasından kaynaklanan oksijen azlığının redüklenmiş maddelerin birikimi ile birlikte olduğu rapor edilmiştir. Bu maddelerin fitotoksik düzeyde birikimi bitkilerde ortaya çıkan zararın nedenlerinden biri olarak düşünülebilir (Drew ve Lynch, 1980). Su basması koşullarında köklerin zararı ve ölümü anaerobik metabolizmanın toksik son ürünlerinin birikimine, enerji metabolizmasının azalmasına veya solunum sübstratlarının eksikliğine bağlanmaktadır. Frukthanları da içeren şekerlerin anoksiya sırasında birikimi solunum sübstratı fazlalığını gösterebilir, ancak bu maddeler apikal zona taşınamaz (Drew, 1997).

Tuzlu koşullara bitkilerin temel adaptasyonu yüksek iyon alımıdır. Bu iyonlar vakuolde yoğunlaştırılarak zararlı etkileri kısmen tolere edilebilir. Sitoplazmanın su potansiyelinin korunması için nötral solütlerin birikimi gereklidir (Roosens vd., 1999; El Sayed ve Kirkwood, 1992). Tuzlu koşullarda yetişen kültür bitkilerinde büyüme azalmasının nedeni iyon fazlalığı ya da su eksikliği olabilir. Greenway and Munns (1980)'a göre geliş-

mesini tamamlamış yapraklarda iyon fazlalığı, gelişen dokularda ise su eksikliği büyüme azalmasında etkili olmaktadır.

Bu çalışmada, ayrı ayrı sıcaklık ve su-tuz stresleri ile bu stres koşulları arasındaki etkileşimlerin, iki buğday türü ve bu türlere ait çeşitler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışma, tür ve çeşitler arasındaki stres tepkisi farklılıklarının belirlenmesi ve doğal çevresel stresler arasındaki olası etkileşimleri konu alarak, iki doğal çevresel stresin aynı anda varlığı durumunda bitkilerde ortaya çıkacak tepkileri araştırmayı amaçlamıştır.

2. MATERYAL VE METODLAR

2.1. Materyal

Bu çalışmada iki buğday türünün Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen altı kültür varyetesi (cv.) kullanılmıştır. Bunlar *Triticum aestivum* L. cv. Bezostaya-1, cv. Seri-82, cv. Kırış-66 ve *Triticum durum* Desf. cv. Kızıltan-91, cv. Kunduru 414/44, cv. Ç.1252 dir. Bitkilerin yetiştirilmesinde 20 cm çapında plastik saksılar kullanılmıştır. Bu saksılar ham toprak, organik gübre ve kum (2/2/1 v/v/v) karışımından oluşan ve hava kurusu durumdaki toprak ile doldurulmuştur. Her bir saksıya yaklaşık 150 tohum, herhangi bir ön işleme tutulmadan doğrudan toprak yüzeyine ekilmiş ve üzeri yaklaşık 1 cm kalınlığında toprak tabakası ile kapatılmıştır.

Tohumların ekilmesinden hemen sonra tüm saksılar 200 ml su ile sulanmış ve bitki yetiştirme kabineine alınmıştır. 24 / 16°C gündüz / gece sıcaklıkta, %50 nisbi nem ve 14 saat gündüz (toplam 480 W gücünde 8 adet floresan lamba ile aydınlatılmış) 10 saat gece ışık periyodunda bırakılan tohumlar üçüncü günde çimlenmişlerdir. Altıncı günün sonuna kadar aynı koşullarda iki günde bir 100 ml su verilerek büyümeleri sağlanmıştır.

Stres uygulamaları altıncı günün bitiminden itibaren başlatılmış ve on ikinci günün sonunda tamamlanmıştır. Düşük ($5/-5^{\circ}\text{C}$ gün / gece) ve yüksek ($40/30^{\circ}\text{C}$) sıcaklık uygulamaları için bitki yetiştirme kabineinin sıcaklık ayarları altıncı günün bitiminden itibaren değiştirilmiştir. Farklı sıcaklık koşulları altında kuraklık, su basması ve tuz stresleri uygulanmıştır. Kuraklık stresinin oluşturulması için altıncı günden sonra bitkilere su verilmezken, su basması stresi için bitkiler altı gün boyunca kök boğazına kadar su altında tutulmuştur. Bunun için saksılar su geçirmeyen naylon torbalarla desteklenmiştir. Tuz uygulaması yapılacak saksılarda bulunun hava kurusu toprak önceden % 0.7 (w/w) NaCl eklenerek iyice karıştırılmıştır. Tuzdan kaynaklanan çimlenme inhibisyonunu önlemek amacıyla saksının üst kısmında 1 cm kalınlığında tuz içermeyen bir toprak tabakası oluş-

turulmuş ve tohumlar bu toprağa ekilmiştir. Bu bitkiler on ikinci günün sonuna kadar kontrol grubunda olduğu gibi yeterli su ile sulanmıştır.

2.2. Bitki Büyüme Ölçümleri

Hasat edilen fideler yıkanarak temizlendikten sonra her uygulama için rastgele alınan 10 fide tohum kalıntısından kesilerek kök ve sürgün taze ağırlıkları ayrı ayrı ölçülmüştür. Daha sonra, aynı materyal 110°C lik etüvde 24 saat kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tesbit edilmiştir. Kök ve sürgün kuru ağırlıklarından yararlanılarak kök/sürgün oranı hesaplanmıştır.

Nisbi büyüme oranı (NBO)'nın hesaplanmasında fidelerin topraküstü kısımları kullanılmıştır. Bunun için sıcaklık uygulamalarının başlatılmasından hemen önce her saksıdan rastgele 5 fide kesilerek 110°C de 24 saat kurutulmuştur. Bu fidelerin kuru ağırlıklarından her uygulama grubu için ayrı ayrı olmak üzere ortalama başlangıç kuru ağırlığı (OBKA) hesaplanmıştır. Uygulamaların bitiminde her saksıdan rastgele 5 bitki toprak seviyesinden kesilerek kurutulmuş ve son kuru ağırlık (SKA) tesbit edilmiştir. NBO, Snowden ve Wheeler (1993) tarafından verilen, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır. $NBO_{(Gün)} = (SKA - OBKA) / (OBKA \times Uygulama \text{ gün sayısı})$

2.3. Pigmentlerin Analizi

Klorofil ekstraksiyonu; % 80'lik aseton (klorofilin feofitine dönüşümünü minimize etmek için, sodyum fosfat tamponu ile pH=7.8'e ayarlanmış ve soğutulmuş) kullanılarak taze yaprak materyalinden yapılmıştır. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil ölçümleri, 750 nm'ye sıfırlanmış Cecil 5000 spektrofotometre yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Klorofil miktarları Porra vd. (1989)'ne göre hesaplanmıştır.

Karotenoidler; ince tabaka kromatografisi (TLC) ile saflaştırıldıktan sonra spektrofotometrede absorbans ölçümü ile tesbit edilmiştir. Bunun için 0.5 gr taze yaprak örneği aseton ve 0.2 g Na₂SO₄ ile önceden soğutulmuş havan içerisinde ekstrakte edilerek glas fiber filtrelerden (GF/A) süzölmüştür. Süzöntü, rotari evaporatörde 40°C'de buharlaştırılarak yoğunlaştırıldıktan sonra kalıntı 2 ml kloroform içinde çözülmüş ve elde edilen ekstrakt mikropipet yardımı ile 50 µl olacak şekilde, 0.5 mm kalınlığında silika jel ile kaplanmış ince tabakalar üzerine tatbik edilmiştir. Hareketli faz olarak, heksan / dietil eter / aseton (60/30/20, v/v/v) karışımı kullanılmıştır. Ayrım tamamlandıktan sonra beliren β-karoten ve ksantofil lekeleri silika jelden dikkatli bir şekilde kazanarak alınmış ve üzerlerine 5 ml aseton ilave edilerek 5 dk 6000 g'de santrifüjlenmiştir. Berraklaşan süpernatantların 450 nm dalga boyuna ayarlanmış, Cecil 5000

spektrofotometrede absorbans değerleri ölçülmüştür (Moore, 1974). Toplam klorofil değerlerinin, toplam karotenoid değerlerine bölünmesi ile klorofil/karotenoid (klo/kar) oranı hesaplanmıştır.

2.4. İstatistik Değerlendirme

Sonuçlar, tekrarların aritmetik ortalamaları ve standart hatalarının hesaplanması ile değerlendirilmiş ve standart hatalar grafikler üzerinde gösterilmiştir. Deneylerden elde edilen veriler Minitab yazılımının kullanılması ile bilgisayar ortamında, dengelenmiş anova testi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3. SONUÇLAR

Yüksek sıcaklık ortamında kuru ağırlık kaybı geneldir. DS koşullarında, sürgün kuru ağırlığında önemli bir değişme gözlenmemiştir. Ancak kuraklık ve tuzluluk, DS ve YS stresleri altında kuru ağırlık azalmasına neden olmuştur (P<0.01) (Şekil 1). Kök kuru ağırlığı, DS stresi altında artarken YS ortamında önemli ölçüde azalmıştır (P<0.01). Toprak suyunun yetersiz olduğu koşullarda kök kuru ağırlığı sıcaklık değişimlerinden bağımsız olarak yükselmektedir. YS koşullarında su basmasının zararlı etkileri, kök kuru ağırlığında önemli bir kayıp ile de kendini göstermektedir (Şekil 2).

Kök/sürgün oranı, hem sıcaklık stresleri için hem de su stresleri için önemli bir parametre olarak gözlenmiştir. Doğrudan ve tuz stresinin neden olduğu dolaylı kuraklık yüksek kök/sürgün oranına neden olmuştur (P<0.01). Su basması ise normal su koşullarından farklı bir etkiye sahip değildir. DS stresi kök/sürgün oranını belirgin bir biçimde artırmaktadır (Şekil 3).

NBO çeşitlerin stres altında kaldıkları süre içindeki büyüme farklılıklarını oldukça iyi yansıtan bir parametre olarak görülmektedir. Normal sıcaklık ve su koşullarında en iyi büyüyen Kızıltan-91 çeşidi, su stresleri ve özellikle tuz stresi altında büyüme yeteneğini önemli ölçüde kaybetmektedir (P<0.01). Kızıltan-91 hem sıcaklık hem de su değişimlerine duyarlı görülmektedir. Tuzluluk ise bu çeşit için tamamen istenmeyen bir durumdur. Kunduru ise DS ve su-tuz streslerine karşı dirençli fakat yüksek sıcaklığa karşı duyarlı görülmektedir. Kırış-66 ve Ç-1252 çeşitlerinin gerek sıcaklık gerekse su-tuz koşullarındaki büyüme performansı iyi görülmele birlikte aşırı su-YS etkileşimi Kırış-66 çeşidinde önemli ölçüde büyüme inhibisyonuna yol açmaktadır. *T. durum* çeşitleri kuraklık ve su basması stresleri ne daha iyi tepki vermektedir (Şekil 4).

Toplam klorofil içeriği DS ve YS stresine bağlı olarak azalmaktadır (P<0.01). YS ortamında azalma daha ileri düzeydedir. Kuraklık, su basması ve tuz stresleri *T. aestivum* çeşitlerinde klorofil kaybına neden olmazken

T. durum'da önemli miktarda klorofil kaybına neden olmaktadır. Normal sıcaklık koşullarında *T. aestivum* çeşitleri, kuraklık ve tuz stresi altında kontrolden daha yüksek klorofil değerleri göstermektedir. Taze ağırlık bazında hesaplanan klorofil değerleri, stres ve kontrol grubu bitkilerin farklı su içeriği nedeni ile stres koşullarında artmış görülmektedir. Bu durum, kuru ağırlık temelinde hesaplama yapıldığında tersine dönebilir. YS uygulamaları altında klorofil kaybı geneldir (Şekil 5). Klorofil-a ve klorofil-b miktarlarındaki değişiklikler toplam klorofil değişimine benzerlik göstermektedir (Şekil 4.12 ve 4.13). Bu durum, klorofil a/b oranında fazla değişiklik olmamasından da anlaşılabilir. Klorofil a/b oranı kuraklık koşullarında azalma göstermiştir. Bu azalma Kırış-66 ve Kunduru'da DS ile ilerletirken, Seri-82, Kırış-66 ve Kızıltan-91 de YS stresi tarafından ilerletilmektedir. Klo a/b oranı bakımından önemli bir farklılık, su basması-YS etkileşiminde Kırış-66 çeşidinde gözlenen azalmadır. Bu azalma, DS-su basması etkileşiminde tersine dönmektedir (Şekil 6).

En yüksek toplam karotenoid değerleri, YS uygulamalarında elde edilmiştir. YS uygulamalarına ek olarak kuraklık, toplam karotenoid miktarının yükselmesine yol açmaktadır ($P < 0.01$) (Şekil 7). Normal sıcaklık ortamında su basması ve tuz stresleri, toplam karotenoid içeriğinde azalmaya neden olurken kuraklık karotenoid miktarını artırmıştır. Su ve tuz streslerinin bulunmadığı durumlarda YS stresi özellikle *T. aestivum* çeşitlerinde toplam karotenoid miktarını önemli ölçüde artırmıştır (Şekil 7). Klo/kar oranı DS koşullarında %15 ve YS koşullarında %50 oranında azalmıştır (Şekil 8).

4. TARTIŞMA

Sıcaklık ve su streslerinin bitkilerde ortaya çıkardığı metabolik değişiklikler çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Düşük sıcaklık stresi (Guy, 1990; Parkin, 1989; Steponkus, 1984; Alden ve Herman, 1971), yüksek sıcaklık stresi (Vierling, 1991), kuraklık stresi (Ingram ve Bartels, 1996), aşırı su stresi (Jackson, 1985; Drew, 1997) ve tuz stresi (Greenway ve Munns, 1980) altında bitkilerin tepkileri çeşitli yönleri ile derlenmiştir. Son zamanlarda yayınlanan bazı çalışmalarda, çevresel stresler arasındaki etkileşimler ve bitkilerin tepkileri üzerinde durulmaktadır. Sonoike (1998) DS koşullarında ışığın etkisini, Kuznetsov ve Shevyakova (1997) YS ve tuzluluğun birlikte etkisini, Cloutier ve Andrews (1984) ve Irigoyen vd. (1996) DS ve kuraklık streslerinin birlikte etkisini incelemişlerdir. Ayrıca çok sayıda çalışma, doğal çevresel stresler ve çevre kirliliği stresleri arasındaki çapraz toleransı konu almıştır. Bowler vd. (1992) bilinen çapraz tolerans çeşitlerini bir tablo halinde özetlemiştir.

T. aestivum ve *T.durum* türlerine ait dört kültür varyetesinin sıcaklık şokuna (40°C) tepkisini inceleyen

Corbellini vd. (1997), yalnızca büyümenin erken evrelerinde sürgün ağırlığında ve tohum sayısında azalma tesbit etmişlerdir. En yüksek zarar (kontrolün %62 si) uzun süreli sıcaklık şoku (20 gün) etkisinde tesbit edilmiştir. Aynı araştırmacılar sıcaklık şoku zararlarının stres periyoduna, şiddetine ve devamlılığına bağlı olduğunu vurgulamışlardır.

T. aestivum ve *T. durum* türlerine ait 6 kültür varyetesinin kullanıldığı bu çalışmada da benzer büyüme değişiklikleri YS uygulamalarında gözlenmiştir. Denemede kullanılan çeşitlerde, sürgün kuru ağırlığında YS stresi altında önemli azalmalar kaydedilmiştir (Şekil 1). *T. durum* çeşitleri hem normal sıcaklık ortamında hem de YS ortamında, *T. aestivum* çeşitlerinden daha yüksek büyüme değerleri göstermiştir (Şekil 4). Bu durum, Corbellini vd. (1997)'nin sonuçlarına paralellik göstermektedir. Badiani vd., (1993), *T. durum* fidelerinin DS koşullarında (10°C) yaprak alanı, yaprak boyu ve yaprak genişliğinin istatistiksel olarak önemli azalmalar gösterdiğini ancak % kuru ağırlık değerlerinin önemli ölçüde arttığını bulmuşlar ve bu ağırlık artışının yaprak kalınlığı ile spesifik yaprak ağırlığının artmasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. DS koşullarında kök kuru ağırlığında artış bulunması, köklerin DS stresinden çok fazla etkilenmediğini ortaya koymaktadır (Şekil 3). Bu bulgu, DS uygulamalarında gözlenen yüksek kök/sürgün oranları (Şekil 3) ile desteklenmektedir. Düşük sıcaklık koşullarında NBO değişiklikleri ise önemli ölçüde çeşitlere bağlıdır (Şekil 4).

Üşümeye duyarlı bir mısır varyetesinde düşük sıcaklık (5°C), kuraklık ve ikisi arasındaki çapraz toleransı inceleyen Irigoyen vd. (1996), DS stresi ile önemli ölçüde gerileyen büyüme parametrelerinin (NBO, yaprak alanı) önceden kuraklığa maruz kalan fidelerde önemli ölçüde iyileştiğini buldular. Sonuçta üşüme duyarlılığının azaltılmasında, önceden kuraklığa maruz kalmanın önemli olduğunu belirttiler. DS stresi altında yetişen fidelerin kurak koşullara maruz kalması durumunda, kurumadan kaynaklanan büyüme inhibisyonu azalmaktadır (Şekil 4).

Meyer ve Boyer (1981) düşük su potansiyeline sahip soya fidelerinin büyümesini incelediler. Ortamdaki su miktarının % 100 den % 13'e azalması ile hipokotil uzamasının aniden durduğunu fakat solütlerin bu bölgede birikiminden sonra kök büyümesinin arttığını gösterdiler. Kuru topraklardaki yüksek kök/sürgün oranının, hipokotilde solüt birikimine bağlı olarak ortaya çıktığını ileri sürdüler. Meyer ve Boyer (1981)'in sonuçları bu çalışmada kurak koşullarda elde edilen yüksek kök/sürgün oranları ile uyumludur. Bu çalışmada, kuraklıkta olduğu gibi, DS durumunda da yüksek kök/sürgün oranları gözlenmiştir. DS-kuraklık etkileşimi, en yüksek kök/sürgün oranlarının gözlendiği stres koşullarıdır (Şekil 3). Nonami (1998)'ye göre su eksikliği durumunda,

ksilemden uzama bölgesindeki hücelere su akışının kesilmesi ile hücre uzaması inhibe edilir. Ksilem su potansiyelinin artışı ile bu işlem geri dönebilir. Nonami, su potansiyeli ile büyüme arasındaki ilişkiyi "su potansiyeli ile uyarılan büyüme" kavramı ile ifade etmektedir. Bu kavram soğuk stresi, sıcaklık stresi, besin eksiklikleri ve tuz stresi koşullarının neden olduğu büyüme gecikmesi için uygulanabilir.

Ricinus communis bitkileri su basması durumunda %40'ın üzerinde kuru madde kaybı göstermiştir (Gadallah, 1995). Bu kuru madde kaybı kinetin uygulamaları ile ortadan kaldırılabılır. Araştırmacıya göre kinetin bu rolü membranların stabilitesini artırması ile ilgilidir. Su basması durumunda büyüme inhibisyonu normal gelişim ile ilgili metabolik işlemlerin (özellikle fotosentezin) yavaşlamasından ya da sitokin gibi bitki büyüme maddelerinin eksikliğinden kaynaklanabilir (Bishnoi ve Krisnamoorthy, 1992; Bradford, 1983). Su basması durumunda büyüme kaybının temel nedeni, oksijen azlığına bağlı kök zararları ve ölümdür. Oksijenin yetersizliği ile uyarılan anaerobik metabolizmanın oluşturduğu toksik son ürünlerin birikimi ve sitoplazma asitliğindeki artış önemli zararlanma nedenleridir (Drew, 1997).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bitkilerin su basmasına toleransının tür ve çeşitlere göre oldukça değişken olduğunu göstermektedir. *T. aestivum* türüne ait tüm çeşitler, su basmasına oldukça duyarlı görülmektedir. Bu durum NBO azalması ile kendini gösterir (Şekil 4.9). Su basması durumunda kök/sürgün oranında önemli bir değişme ortaya çıkmazken sürgün ve kök kuru ağırlığı azalmıştır (Şekil 1, 2, 3).

Yüksek tuzluluk ve kuraklıktan kaynaklanan şiddetli su stresi koşullarında bitki büyümesi tamamen durur (Nonami, 1998). Bu büyüme azalması hücrelerin turgor kaybı ile bağlantılı değildir (Nonami ve Boyer, 1989). Çünkü mısırdaki hücre genişleme oranları oldukça azalmış turgor durumunda sürdürülebilir (Myers vd., 1992). Zhu ve Boyer (1992)'e göre hücre uzamasının azalması turgordan çok, enerji metabolizmasında ve hücre çeper polimerlerinin sentezinde ortaya çıkan azalma ile ilgilidir.

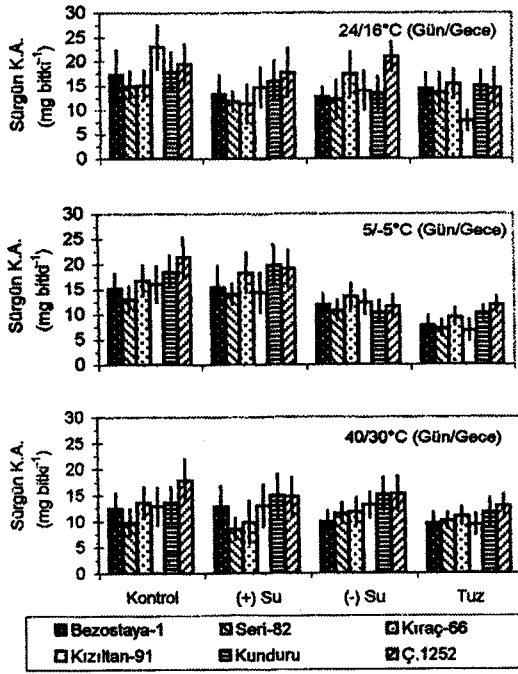
150 mM NaCl konsantrasyonunda büyüyen, tuza duyarlı ve tuza toleranslı pamuk çeşitlerinde, toplam yaprak alanı ve toplam yaprak taze ağırlığı toleranslı çeşitlerde %30 dan az; duyarlı çeşitlerde ise %40 tan fazla azalmıştır (Gosset vd., 1994). 125 mM NaCl içeren ortamda kum kültüründe büyütülen tuza toleranslı buğday yapraklarında taze ağırlık % 30 oranında azalırken, duyarlı çeşitte % 50 oranında azalmıştır. Benzer büyüme azalması yaprak kuru ağırlığında da gözlenmiştir. Kuru ağırlık azalması yaşlı yapraklarda daha ileri düzeydedir (Ashaf ve O'Leary, 1997). Tuzlu ortamda (> 100 mM) yetiştirilen ayçiçeği bitkisinde radikula uzunluğunda ve bitki taze ağırlığında gözlenen azalma, putresin uy-

gulaması ile kısmen engellenebilmektedir (Tekin ve Bozcuk, 1998). Kış buğdayında 100 mM NaCl uygulaması sürgünlerin NBO'nun günlük olarak 0.20 $\mu\text{g}'$ dan 0.17 $\mu\text{g}'$ a azalmasına neden olmuştur. Fakat köklerdeki NBO azalması (0.14 $\mu\text{g}'$ dan 0.12 $\mu\text{g}'$ a) önemli bulunmamıştır (Mansour vd., 1994).

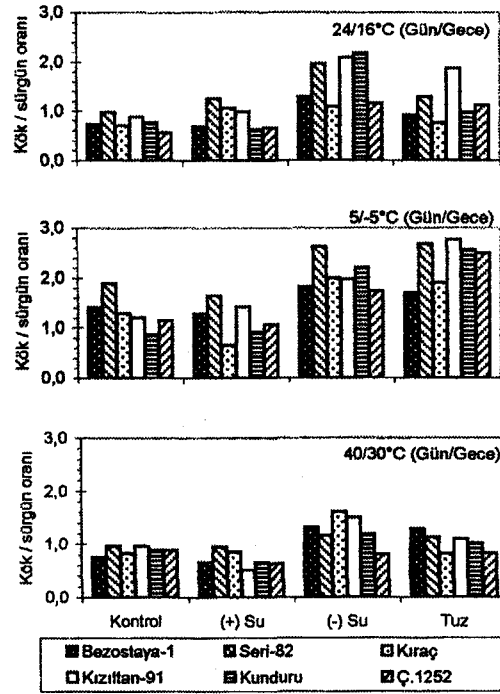
Tuzdan kaynaklanan büyüme azalması, sıcaklık streslerinin varlığında da önemli düzeyde gözlenmiştir. Sürgün taze ve kuru ağırlıklarındaki azalma köklerde gözlenmemiştir. Bu durum kök/sürgün oranının artışına yol açmaktadır. Yüksek tuz ortamında Kızıltan-91'de NBO %85 oranında azalırken diğer çeşitlerde herhangi bir azalma gözlenmemiştir (Şekil 4). Büyüme üzerine tuzluluğun olumsuz etkileri su stresine, iyon toksisitesine, iyon dengesizliğine ya da bu faktörlerin kombinasyonuna bağlanmaktadır (Wang vd., 1997). Yüksek NaCl de stoma iletkenliğinin azalması, fotosentez ve büyüme inhibisyonunun nedeni olarak gösterilmektedir. Ayrıca yüksek NaCl konsantrasyonu, potasyum alımını bloke ederek büyüme azalmasına yol açmaktadır (Bernstein vd., 1995).

DS ortamında (10°C) yetiştirilen *T. durum* fidelelerinde, kuru ağırlık bazında toplam klorofil ve klo a/b oranında artış bulunmuştur (Badiani vd., 1993). Bu sıcaklıkta klo/kar oranında değişme tesbit edilememiştir. Chauhan ve Senboku (1997) 30°C de yetiştirilen ve 37°C de dayanıklılık uygulamasına bırakılan yerfıstığı bitkilerinde cm^2 ye düşen klorofil miktarının biri dışında bütün çeşitlerde arttığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar benzer sonuçları lahana bitkilerinde de elde etmişlerdir. Bu araştırmacılar göre klorofil içeriği YS toleransının bir göstergesi olarak kullanılabilir. Gadallah (1995)'a göre su basması stresi altında *Ricinus* bitkilerinde taze ağırlık, klo-a ve klo-b önemli ölçüde azalma göstermektedir. Bu durum membran stabilize edici kinetin uygulamaları ile ortadan kaldırılabilir. Kuraklık stresi altında ise bezelyede klo-a ve klo-b değerleri önemli ölçüde azalmıştır (Moran vd., 1994). Mısır yapraklarında %2 NaCl uygulaması, toplam klorofil, klo-a ve klo-b miktarlarını önemli ölçüde azaltırken, sentetik bir hormon olan polistimülün-K uygulaması ile bu zararın giderilebileceği bulunmuştur. Bu hormonun fotosentetik membranları tuz zararlarından koruduğu, bu nedenle de tuz zararlarını azalttığı öne sürülmüştür (Ganieva vd., 1997).

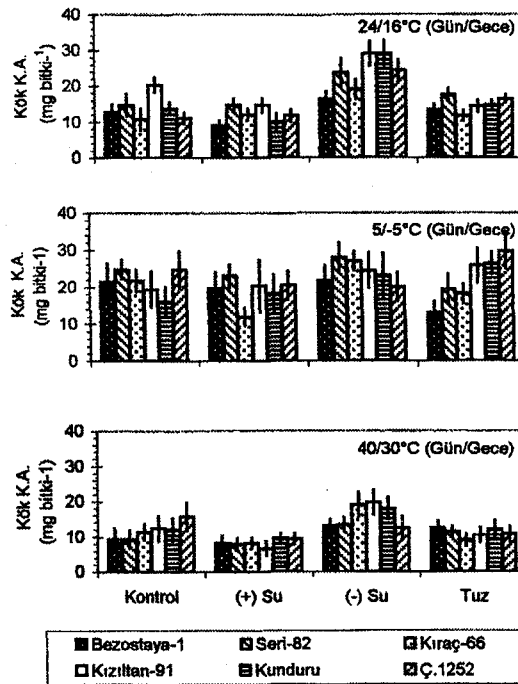
Bu çalışmada elde edilen klorofil değerleri, düşük ve YS koşullarında kontrolden önemli ölçüde düşüktür. *T. durum*, klorofil parametreleri bakımından DS ve YS streslerine daha duyarlı görülmektedir. Bu durum Chauhan ve Senboku (1997)'nin YS ortamında artan klorofil değerleri ile çelişkili görülmektedir. Ancak bu araştırmacıların klorofil ölçümlerini yaprak alanı temelinde yapmış olduklarının gözönünde bulundurulması gerekir. Su basması durumunda azalan klorofil içeriği Gadallah



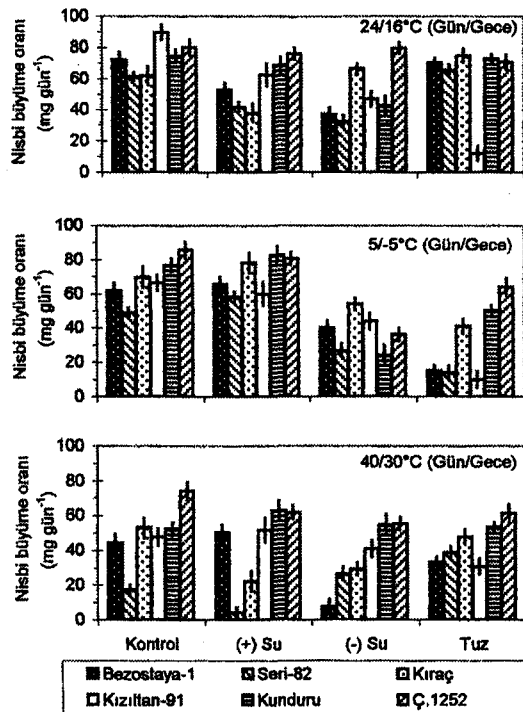
Şekil 1. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Sürgün Kuru Ağırlığında Değişmeler. N=10; KA, kuru ağırlık; (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7 NaCl. Varyans analizi sonuçları (** P<0.01): sıcaklık**, su-tuz**, çeşit**, sıcaklık x su-tuz**.



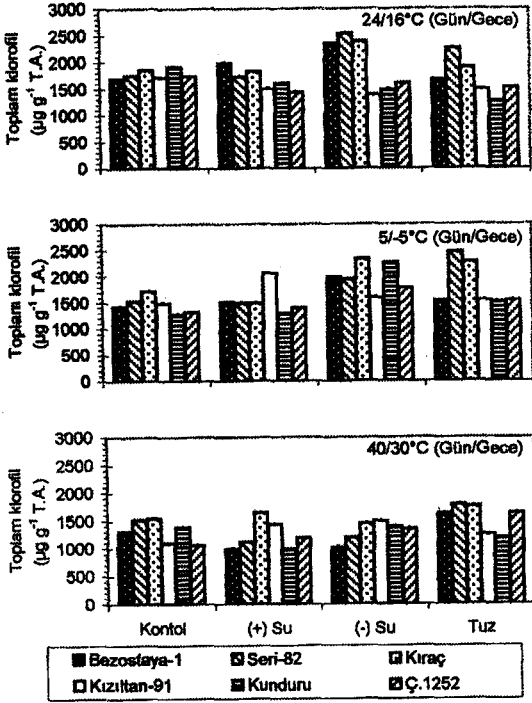
Şekil 3. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Kök/Sürgün Oranında Değişmeler. (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7 NaCl. Varyans analizi sonuçları (** P<0.01): sıcaklık**, su-tuz**, çeşit**, sıcaklık x su-tuz**.



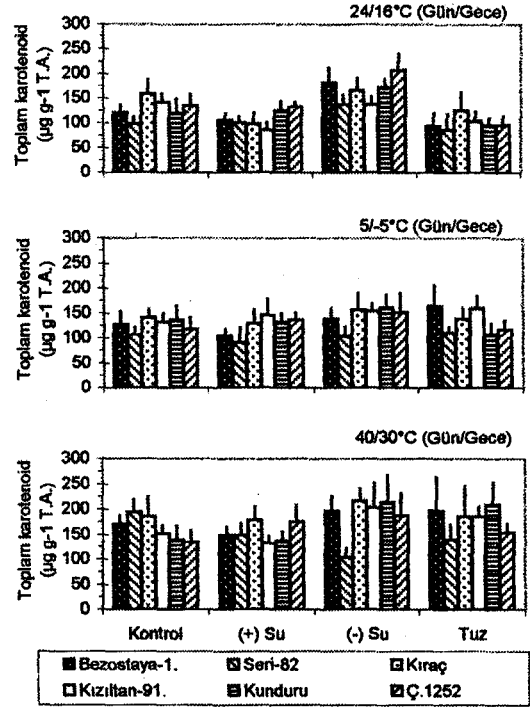
Şekil 2. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Kök Kuru Ağırlığında Değişmeler. N=10; KA, kuru ağırlık; (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7NaCl. Varyans analizi sonuçları (**P<0.01): sıcaklık**, su-tuz**.



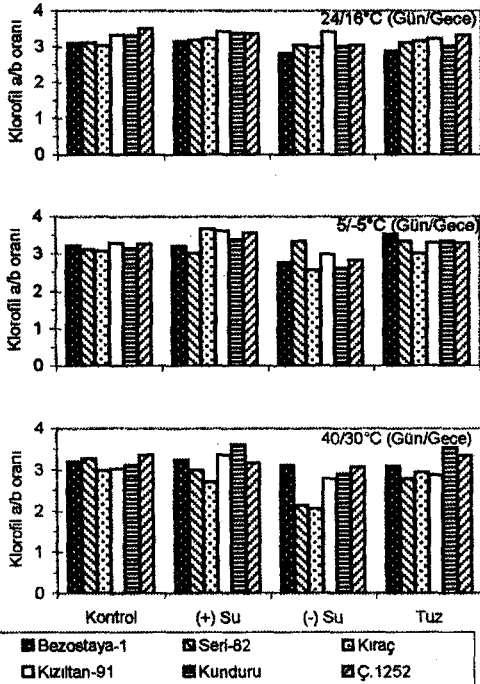
Şekil 4. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Nisbi Büyüme Oranında Değişmeler. N=5; (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7 NaCl. Varyans analizi sonuçları (** P<0.01): sıcaklık**, su-tuz**, çeşit**, sıcaklık x su-tuz**.



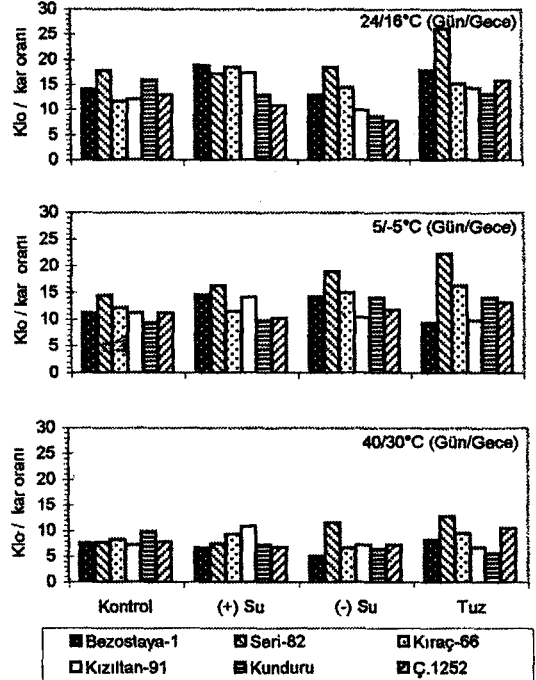
Şekil 5. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Toplam Klorofil İçeriğinde Değişmeler. N=5; (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7 NaCl. Varyans analizi sonuçları (* P<0.05): sıcaklık x su-tuz*.



Şekil 7. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Toplam Karotenoid Miktarında Değişmeler. (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7NaCl. Varyans analizi sonuçları (* P<0.05, ** P<0.01): sıcaklık**, sıcaklık x su-tuz*.



Şekil 6. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Klorofil a/b Oranında Değişmeler. (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7NaCl.



Şekil 8. Sıcaklık ve Su-Tuz Stresleri Altında Yetişen Buğday Fidelerinin Klorofil/Karotenoid Oranında (klo/kar) Değişmeler. (+)Su, su basması; (-)Su, kuraklık; Tuz, %0.7NaCl. Varyans analizi sonuçları (** P<0.01): sıcaklık**, su-tuz**, çeşit**, sıcaklık x su-tuz**.

(1995)'in sonuçları ile uyumludur. Kuraklık koşullarında *T. aestivum* ve *T. durum* arasında klorofil düzeyleri bakımından önemli farklılıklar vardır. Kurak koşullarda yüksek klorofil değerlerine sahip olan *T. aestivum* çeşitleri, DS ortamında bu değerleri koruyabilirken, YS ortamında önemli ölçüde klorofil kaybına uğramaktadır. Kuraklıkta bezelye için klorofil kaybı bildiren Moran vd. (1994)'nın sonuçları *T. durum* da ölçülen klorofil değerleriyle paraleldir ancak *T. aestivum* için durum farklıdır. Klo a/b oranlarının kuraklık-YS etkileşiminde önemli ölçüde azalması PS-I ve PS-II arasında bu koşullardan etkilenme bakımından farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Bitkilerin karotenoid düzeyleri, optimal olmayan sıcaklık koşullarında farklılık göstermektedir. Fusari vd. (1997) optimum sıcaklıkta (27°C) büyüyen *Sorghum bicolor* da karotenoid içeriğinin suboptimal sıcaklıkta (17°C) %25 oranında, süperoptimal sıcaklıkta (37°C) ise %100 oranında arttığını tesbit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar klo/kar oranının özellikle YS ortamında artış gösterdiğini bulmuşlar ve optimal olmayan büyüme sıcaklıklarına adaptasyonda, antioksidantların yüksek düzeylerinin gerekli olduğu sonucuna varmışlardır (Keleş, 2000). Badiani vd. (1993) 10°C'de yetişen *T. durum* fidelerinde karotenoid miktarlarının arttığını tesbit etmişlerdir. Fusari ve arkadaşlarının (1997) sonuçları, bu çalışmada elde edilen bulgular ile kısmen uyumludur. YS, su ve tuz stresleri ile birlikte olduğunda daha yüksek karotenoid değerlerini ortaya çıkarmaktadır. Klo/kar oranının YS koşullarında %50 oranında azalması, fotosentetik sistemlerin artan oksidasyondan korunması için bir adaptasyon olarak düşünülebilir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler çevresel streslerin birlikte etkili olması durumunda, bitkilerin stres tepkilerinde önemli değişiklikler ortaya çıktığını göstermektedir. Düşük sıcaklıkta önemli bir zararlanmaya yol açmayan su basması, yüksek sıcaklık ortamında çok tehlikeli olabilmektedir.

T. aestivum ve *T. durum* türleri arasında çevresel streslere tepki bakımından bazı önemli farklılıklar vardır. Su ve tuz stresleri altında *T. aestivum* çeşitleri klorofil içeriğini koruyabilirken *T. durum* çeşitlerinin bu koşullar altında önemli ölçüde klorofil kaybına uğraması dikat çekicidir (Şekil 5). *T. durum* çeşitleri tuzlu koşullarda klorofil kaybına paralel olarak fotosentez kapasitesini de önemli ölçüde kaybetmektedir. Bu durum, sürgün kuru ağırlığındaki azalmadan anlaşılabilir (Şekil 1). Yüksek sıcaklıkta karotenoid pigmentlerin önemli ölçüde artışı, yüksek sıcaklık koşullarında fotosentetik sistemin oksidasyondan korunmasına yöneliktir (Şekil 7). Bu durum yüksek sıcaklık koşullarında tesbit edilen düşük klorofil / karotenoid oranlarından da anlaşılabilir (Şekil 8).

İncelenen buğday çeşitleri arasında Kızıltan-91 tuz stresine aşırı duyarlılığı ile kendini göstermektedir. Bu durum nisbi büyüme oranında ve sürgün kuru ağırlığında gözlenen önemli azalmalardan açıkça görülmektedir (Şekil 1 ve 4). Nisbi büyüme oranı değişimleri incelendiğinde Seri-82 ve Kıraç-66 çeşitlerinin su basmasına duyarlı oldukları görülmektedir. Bu duyarlılık yüksek sıcaklık ortamında daha da şiddetlidir (Şekil 4). Kıraç-66 ve Ç-1252 çeşitleri kuraklığa oldukça dayanıklı görülmektedir. Seri-82 çeşidi ise düşük sıcaklığa dayanıklı ancak yüksek sıcaklık ortamında ileri düzeyde büyüme inhibisyonu göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar çevresel stresler arasındaki çapraz toleransın daha yoğun bir biçimde çalışılması gereğini ortaya koymaktadır. Çünkü bitkiler, doğal habitatlarında aynı anda birden çok stres faktörünün etkisi altında yaşamak zorundadırlar.

KAYNAKÇA

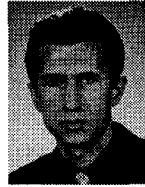
- Alden, J. ve Hermann, R.K. (1971). Aspects of the cold-hardiness mechanism in plants. *Bot. Rev.* 37, 37-142.
- Ashaf, M. ve O'Leary, J.W. (1997). Ion distribution in leaves of salt tolerant and salt sensitive lines of spring wheat under salt stress. *Acta Bot. Neerl.* 46(2), 207-217.
- Badiani, M., Paolacci, A.R., D'Annibale, A. ve Sermanni, G.G. (1993). Antioxidants and photosynthesis in the leaves of *Triticum durum* L. seedlings acclimated to low, non-chilling temperature. *J. Plant Physiol.* 142, 18-24.
- Bernstein, N., Silk, W.K. ve Läuchli, A. (1995). Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress: Possible role of some mineral elements in growth inhibition. *Planta* 196, 699-705.
- Bishnoi, N.R. ve Krishnamoorthy, H.N. (1992). Effect of waterlogging and gibberellic acid on leaf gas exchange in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Plant Physiol.* 139, 503-505.
- Bowler, C., van Montagu, M. ve Inzé, D. (1992). Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43, 83-116.
- Bradford, K.J. (1983). Involvement of plant growth substance in the alteration of leaf gas exchange of flooded tomato plants. *Plant Physiol.* 73, 480-483.
- Brush, R.A., Griffith, M. ve Mlynarz, A. (1994). Characterization and quantification of intrinsic ice nucleators in winter rye (*Secale cereale*) leaves. *Plant Physiol.* 104, 725-735.

- Chauhan, Y.S. ve Senboku, T. (1997). Evaluation of groundnut genotypes for heat tolerance. *Ann. Appl. Biol.* 131, 481–489
- Cloutier, Y. ve Andrews, C.J. (1984). Efficiency of cold hardiness induction by desiccation stress in four winter cereals. *Plant Physiol.* 76, 595–598.
- Corbellini, M., Canevar, M.G., Mazza, L., Ciaffi, M., Lafiandra, D. ve Borghi, B. (1997). Effect of the duration and intensity of heat shock during grain filling on dry matter and protein composition in bread and durum wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 24, 245–260.
- Drew, M.C. ve Lynch, J.M. (1980). Soli anaerobiosis microorganisms and root function. *Annu. Rev. Phytopathol.* 18, 37–66.
- Drew, M.C. (1997). Oxygen deficiency and root metabolism. Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48, 223–250.
- El Sayed, H. ve Kirkwood, R.C. (1992). Solute accumulation in soybean (*Glycine max* L.) cell adapted to NaCl salinity. *Phyton* 31(2), 233–249.
- Fusari, A., Paolacci, A.R., Badiani, M., D'Ovidio, R., Scandalios, J.G., Porceddu, E. ve Giovannozzi Sermanni, G. (1997). Non optimal growth temperatures and antioxidants in the leaves of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. I. Long term acclimation. *Phyton* 37(3), 71–80.
- Gadallah, M.A.A. (1995). Effects of waterlogging and kinetin on the stability of leaf membranes, leaf osmotic potential, soluble carbon and nitrogen compounds and chlorophyll content of *Ricinus* plants. *Phyton* 35(2), 199–208.
- Ganieva, R., Allakhverdiev, S., Bayramova, S. ve Nafisi, S. (1997). Effect of polystimuline-K on maize (*Zea mays* L.) seedlings pigment apparatus formation on the sodium chloride salinity. *Turkish. J. of Botany* 21, 253–257.
- Gosset, D.R., Millhollon, E.P. ve Lucas, M.C. (1994). Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.* 34, 706–714.
- Greenway, H. ve Munns, R. (1980). Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31, 149–190.
- Griffith, M., Antikainen, M., Hon, W.C., Pihakaski-Maunsbach, K. Yu, X.-M., Chun, J.U. ve Yang, D.S.C. (1997). Antifreeze proteins in winter rye. *Plant Physiol.* 100, 327–332.
- Guy, C.L. (1990). Cold acclimation and freezing stress tolerance: Role of protein metabolism. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41, 187–223.
- Ingram, J. ve Bartels, D. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47, 377–403.
- Irigoyen, J., De Juan, J.P. ve Sanchez-Diaz, M. (1996). Drought enhances chilling tolerance in a chilling-sensitive maize (*Zea mays*) variety. *New Phytol.* 134, 53–59.
- Jackson, M.B., Dobson, C.M., Herman, B. ve Merryweather, A. (1984). Modification of 3,5 diiodo 4-hydroxybenzoic acid (DIHB) activity and stimulation of ethylene production by small concentrations of oxygen in the root environment. *Plant Growth. Regul.* 2, 251–262.
- Jackson, M.B. (1985). Ethylene and responses of plants to soil waterlogging and submergence. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 36, 145–174.
- Keleş, Y. (2000). Bazı çevresel streslerin etkisinde kalan buğday (*Triticum aestivum* L. ve *Triticum durum* Desf.) fidelerinde çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin incelenmesi. *Doktora Tezi. A.Ü. Fen Bil. Enst.* Ankara.
- Kuznetsov, V.V. ve Shevyakova, N.I., (1997). Stress responses of tobacco cells to high temperature and salinity proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. *Physiol. Plant.* 100, 320–326.
- Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses*. Volume I. 2nd Edition, p.361, Academic Press Inc.
- Mansour, M.M.F., van Hasselt, P.R. ve Kuiper, P.J.C. (1994). Plasma membrane lipid alterations induced by NaCl in winter wheat roots. *Physiol. Plant.* 92, 473–478.
- Meyer, R.F. ve Boyer, J.S. (1981). Osmoregulation, solute distribution, and growth in soybean seedlings having low water potentials. *Planta* 151, 482–489.
- Moore, T.C. (1974). *Research Experiences in Plant Physiology*. Springer-Verlag, New-York.
- Moran, J.F., Becana, M., Iturbe-Ormaetxe, I., Frechilla, S., Klucas, R.V. ve Aparicio-Tejo, P. (1994). Drought induces oxidative stress in pea plants. *Planta* 194, 346–352.
- Myers, P.N., Setter, T.L., Madison, J.T. ve Thompson, J.F. (1992). Endosperm cell division in maize kernels cultured at three levels of water potential. *Plant Physiol.* 99, 1051–1056.

- Nonami, H. ve Boyer, J.S. (1989). Turgor and growth at low water potentials. *Plant Physiol.* 89, 798-804.
- Nonami, H. (1998). Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials. *J. Plant Res.* 111, 373-382.
- Parkin, K.L., Marangoni, A., Jackman, R.L., Yada, R.Y. ve Stanley, D.W. (1989). Chilling injury. A review of possible mechanisms. *Journal of Food Biochem.* 13, 127-153.
- Porra, R.J., Thompson, R.A. ve Kriedemann, P.E. (1989). Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvent verification of the concentration of chlorophyll standarts by atomic absorption spectroscopy. *Biochem and Biophys. Acta*, 975, 384-394.
- Roosens, N.H., Willem, R., Li, Y., Verbruggen, I., Biesemans, M. ve Jacobs, M. (1999). Proline metabolism in the wild-type and in a salt-tolerant mutant of *Nicotiana plumbaginifolia* studied by ¹³C-nuclear magnetic resonance imaging. *Plant Physiol.* 121, 1281-1290.
- Santarius, K.D. ve Weis, E. (1988). *Heat stress and membranes.* pp.97-112, In Salisbury, F.B. and Ross, C.W. *Plant Physiology*, Wadsworth Publishing Co., California.
- Smith, K.A. and Robertson, P.D. (1971). Effect of ethylene on root extension of cereals. *Nature* 234, 148-149.
- Snowden (Cook), R.E.D. ve Wheeler, B.D. (1993). Iron toxicity to fen plant species. *J. Ecology* 81, 35-46.
- Sonoike, K. (1998). Various aspects of inhibition of photosynthesis under light / chilling stress: "Photoinhibition at chilling temperatures" versus "chilling damage in the light". *J. Plant Res.* 111, 121-129.
- Steponkus, P.L. (1984). Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35, 543-584.
- Tekin, F ve Bozcuk, S. (1998). *Helianthus annuus* L. var. Santeffe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine tuz ve dışsal putresin'in etkileri. *Turkish. J. of Biology* 22, 299-306.
- Vierling, E. (1991). The roles of heat shock proteins in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol.* 42, 579-620.
- Wang, L-W., Showalter, A.M. ve Ungar, I.D. (1997). Effects of salinity on growth, ion content, and

cell wall chemistry in *Atriplex prostrata* (Chenopodiaceae). *Am. J. of Botany* 84(9), 1247-1255.

- Yordanov, I.T. ve Vasil'eva, V.S. 1976. Effect of elevated temperature on the rate of photosynthesis and the activity of ribulosediphosphate and phosphoenol- pyruvate carboxylases. *Fiziol. Rast.* 23, 812-817.
- Zhu, G.-L ve Boyer, J.S. (1992). Enlargement in *Chara* studied with a turgor clamp: Growth rate is not determined by turgor. *Plant Physiol.* 100, 2071-2080.



Yüksel Keleş, Çorum'da 1962 yılında doğdu. Selçuk Üniversitesinden 1984 yılında Biyolog ünvanı ile mezun oldu. Biyoloji Öğretmeni ve Araştırma Görevlisi olarak görev yaptı. Yüksek Lisans ve Doktora Öğrenimini Ankara Üniversitesinde tamamladı. 2000 yılında Mersin Üniversitesi, Eğitim Fakültesi'nde Yardımcı Doçent kadrosuna atandı.



Işıl Öncel, Muğla'da 1947 yılında doğdu. 1971 yılında Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nden mezun olarak aynı bölümde asistanlık görevine başladı. 1975 yılında yüksek lisans ve 1979 yılında doktorasını tamamladı. 1990 yılında Doçent, 2000 yılında Profesör ünvanı aldı. Halen Ankara Üniversitesi'nde öğretim üyeliği görevini sürdürmektedir.