

Derleme/Review

Küresel Sıcaklık Artışının Buğdayda Beklenen Etkileri ve Yüksek Sıcaklığa Toleranslılığın Fizyolojik Göstergeleri

Çetin SAYILĞAN*

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye
*e-posta: cetin.sayilgan@tarim.gov.tr; Tel: 0242 429 73 31, Faks: 0242 429 73 44

Özet: Ülkemizde buğday yetiştiriciliği çoğunlukla kurak ve yarı kurak alanlarda yağışa dayalı şartlarda yapılmaktadır. Yazlık buğdaylar, özellikle çiçeklenme ve tane doldurma döneminde yüksek sıcaklara maruz kalmakta, bu durum verimde önemli düşümlere neden olmaktadır. İklim değişikliği dünyanın farklı bölgelerindeki araştırmacılar tarafından sıklıkla dile getirilmektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği ile ilgili 2007 yılında yapılan panelde, sıcaklık artışının bitki üretimi üzerine ana etkiye sahip olacağı bildirilmiştir. İklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışı tüm şiddeti ile devam etmektedir. Bunun sonucu olarak, gelişmekte olan ülkelerdeki buğday olası verim kayıplarının % 20-30 civarında olması beklenmektedir. Yüksek sıcaklık ve kuraklık dünyanın birçok mega buğday sahasında bitki büyümesini kısıtlayan en önemli çevresel faktörlerdir ve aynı anda meydana gelmektedirler. Normal koşullarda buğday gelişme döneminde optimum sıcaklık değerlerinin üzerindeki ortalama 1°C'lik artış, yazlık buğdaylarda 5.7 kg/da verim kaybına neden olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Buğday, Fizyolojik göstergeler, Yüksek sıcaklık

Expected Effects of Global Temperature Increase on Wheat and The Physiological Indices of High Temperature Tolerance

Abstract: The wheat production is done mostly in arid and semi-arid areas, depending on rainfall in our country. The spring wheats are exposed to high temperatures especially during anthesis and grain filling. This situation is caused a significant decrease on the yield. Climatic changes have occurred seriously in different parts of the world that are voiced by the researchers. In 2007, at the Intergovernmental Panel on Climate Change, it was reported that, the temperature rise was the main effect of will have on crop production. Climate change-induced temperature rise with all the violence continues. Consequently, potential yield losses in wheat in developing countries are expected to be around 20 to 30%. High temperature and drought, many of the world wheat mega-environment, the most important environmental factors limiting plant growth, and they occurred at the same time. Under normal circumstances, the period of wheat growth, 1°C increase on the optimum temperature values causes 57 kg ha⁻¹ yield loss for the spring-wheat.

Keywords: High temperature, Physiological indices, Wheat

Giriş

Buğday iyi bir besin hammaddesi olması, adaptasyon sınırının genişliği, üretiminin sadeliği, taşıma, depolama ve işleme kolaylığı gibi nedenlerden dolayı dünya nüfusunun yaklaşık % 35'inin temel besini durumundadır. Buğday tanesi yaklaşık olarak % 65-75 nişasta, % 8-15 protein, % 1-5 yağ, % 1,5-3 şeker, % 1-2 kül, % 11-13 su içerir. Buğday tanesinde karbonhidrat, yağ ve proteinin yanında, insan ve hayvan beslenmesinde önemli derecede rol oynayan vitaminler de bulunmaktadır (Kün 1988). Buğday un haline getirilerek, ekmek ve diğer unlu gıdaların yapımında, bulgur, yem sektöründe ham madde olarak ve enerji kaynağı olan bioetanol üretiminde kullanılmaktadır (FAO 2002). Buğday (*Triticum spp*), 8000 yıldan beri Avrupa, Kuzey Afrika ve Batı Asya'da kurulmuş büyük medeniyetlerin kültüre ilk aldığı bitkisel ürünlerdendir ve temel besini oluşturmuştur. Ürünün en eski bazı kalıntıları Suriye, Ürdün ve Türkiye'de bulunmuştur (Pasternak 1998). Ekmeklik buğdayın M.Ö 5000 Yılında Nil vadisinde yetiştirildiği ve daha sonra diğer bölgelerde (M.Ö 4000 yılı ortalarında Fırat vadileri, M.Ö 2500 de Çin'e ve M.Ö 2000

yıllarında Avrupa'ya) yetiştirildiği bilinmektedir. İnsanların gıda ihtiyacının beşte birini karşılayan buğday, gelişmekte olan ülkelerde insanların günlük protein ihtiyacını karşılamakta, pirinçten sonra ikinci sırada gelmektedir (Braun ve ark. 2010). Uluslararası gıda politikaları araştırma enstitüsü (IFPRI)'ne göre 1993 yılında 552 milyon ton olan dünya buğday ihtiyacının 2020 yılında 775 milyon tona çıkacağı tahmin edilmiştir (Rosegrant ve ark.1997).

2014 yılı verilerine göre toplam Dünya buğday ekiliş alanı 221,6 milyon hektar ve toplam üretim 728,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2015a). Ülkemizde tarla arazisi yaklaşık 23,9 milyon hektardır. Bunun 19,8 milyon hektarı (ha) ekilmekte ve 4,1 milyon ha'ı nadasa bırakılmaktadır. Bu ekilen alanların 7,9 milyon ha'ı buğdaya aittir. 2014 yılı rakamlarına göre Türkiye'de 7,9 milyon ha'lık alandan 19 milyon ton buğday üretilmiştir. Bunun 15,7 milyon tonu ekmeklik, 3,3 milyon tonu makarnalık buğday olmuştur (Anonim 2015b)

Buğday yetiştirilen alanların optimum gelişme sıcaklığı 25 derece olup minimum ve maksimum gelişme sıcaklığı sırası ile 3-4 °C ve 30-32 °C arasındadır (Briggle ve Curtis 1987). Ülkemizde buğday yetiştiriciliğinin çoğunlukla kurak ve yarı kurak alanlarda yağışa bağlı olarak yapılması, özellikle dane büyüme döneminde kurak ve yüksek sıcaklara maruz kalması verimde önemli düşümlere neden olmaktadır. Nüfus yoğunluğunun gittikçe artması ve ekilebilir alanların azalması sebebiyle gelecekte besin sıkıntılarının yaşanabileceği, dünyamızda yüksek sıcaklık etkilerinden kaynaklanan ürün kayıplarının azaltılması oldukça önem kazanmıştır. Özellikle stres faktörlerine dayanıklı bitki türlerindeki savunma mekanizmalarının anlaşılması, ürün kayıplarının en aza indirilmesinde oldukça önemli bir adım olacaktır (İlker ve ark. 2012). Yaşamları boyunca bitkilerin doğada birçok stres faktörü ile karşılaştıkları düşünüldüğünde stresle ilişkili mekanizmaların aydınlatılması ve tolerant çeşitlerin geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Yüksek Sıcaklıkların Beklenen Etkileri

Çevresel stres canlıların evriminde önemli rol oynamıştır (Hoffman ve Parsons 1991). Organizma ve çevre arasındaki etkileşim evrimin merkezidir. Organizmalarda yok olma fosil kayıtlarından tespit edildiği gibi sürekli değişen çevre koşullarına, biyotik ve abiyotik çevresel etkilere uyum sağlanamadığında gelişir. Aşırı çevresel bir stres yok olmaya neden olur, aynı zamanda evrimsel değişim ve yeni ortamlara adapte yeni türlerin oluşmasına yol açar. Tüm ölçeklerde doğada olan moleküler ve organizasyonel çeşitlilik evrimi, çevresel stres etkisi ile rastgele olmayan yapısal yönlendirmeler ile gerçekleşir (Nevo 2011).

Bitkiler üzerine etkili stres faktörleri, orijinlerine göre abiyotik ve biyotik stres faktörleri olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir. Abiyotik stres faktörleri soğuk, sıcak, kuraklık, tuzluluk, su fazlalığı, radyasyon, çeşitli kimyasallar, oksidatif stres, rüzgâr ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır. Biyotik stres faktörleri ise virüs, bakteri ve fungusları içeren patojenler, böcekler ve herbivorlardan kaynaklanmaktadır (Lawlor 2002; Wang ve ark. 2003; Mahajan ve Tuteja 2005). Bitkilerin ortalama veriminin % 50'den fazla azalmasına neden olan abiyotik stres, dünyadaki tarımsal ürün kaybının birincil nedenidir (Bray ve ark. 2000). Stres etmenlerinin neden olduğu zarar; bitkinin türüne, tolerans ve adaptasyon kabiliyetine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Kadioğlu 2004; Madhova Rao 2005). 1982 yılında Boyer stres faktörlerinin tahıl üretiminin % 70 kadarını etkileyebileceğini öne sürerken, 2007 yılındaki Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporuna göre dünyadaki karasal alanın sadece %3,5'i herhangi bir çevresel tehditten etkilenmemektedir (Boyer JS. 1982; Velthuisen ve ark. 2007).

İklim değişikliği dünyanın farklı bölgelerinde araştırmacılar tarafından sıklıkla dile getirilmektedir. Küresel iklim değişikliği benzeri görülmemiş oranda korkunç ekolojik sonuçları ile birlikte devam ettiği belirtilirken (Parmesan 2006), 2007 yılında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC 2007) sıcaklık artışının bitki üretimi üzerine ana etkiye sahip olacağını bildirmiştir. Arjantin'de (Viglizzo ve ark. 1995), Avusturalya'da (Suppiah ve Hennessy 1998) ve Yeni Zelanda'da (Plummer ve ark. 1999) yağmur sıklığının arttığı tespit edilmişken, Rusya federasyonunda (Gruza ve ark. 1999), Türkiye'de (Türkeş 1998), Afrika'da (Hess ve ark. 1995) ve Çin'de (Zhai ve ark. 1999) yağmur sıklığının azaldığı bildirilmiştir. Ölçülen en düşük sıcaklıkların ise hemen hemen her bölgede arttığı, maksimum ve ortalama

sıcaklıkların ise orta ve kuzey Avrupa'da, Rusya Federasyonu, Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda da arttığı tespit edilmiştir.

Günümüzde buğday üretim sahasında verimi olumsuz etkileyen birçok stres faktörü olduğu ya da yoğunlaştığı bilinmektedir. Dünya da 220 milyon hektarlık tahıl üretim alanının % 30'unu kapsayan Buğday (*Triticum spp.*) yetiştirme alanı genellikle abiyotik stres etkileri altındadır. Senaryolara göre gelecekte sıcaklıkların daha yüksek olacağı, herhangi bir gelişim döneminde, sıcaklık stresi tarafından buğday gelişiminin zarar görebileceği tahmin edilmektedir (Easterling ve Apps 2005). Aynı zamanda iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışı nedeni ile de gelişmekte olan ülkelerdeki (toplam buğday üretiminin % 66'sını üretmektedirler) buğday verim kayıplarının da % 20-30 civarında olmasının olası olduğu bildirilmiştir (Easterling ve ark. 2007; Lobell ve ark. 2008). Yüksek enlemlerde bazı faydaları bekleniyor ise de yükselen sıcaklıkların en kötü etkileri, düşük enlemlerde (ki burada yaklaşık olarak 100 milyon hektar tahıl ekim alanı ve yaklaşık 280 milyon ton buğday üretimi, gerçekleştirilmektedir) meydana gelecektir.

Buğdayda Yüksek Sıcaklığa Dayanıklılığın Fizyolojik Göstergeleri

İklim değişikliği fenotip ve yayılma alanında da değişime neden olmaktadır (Visser ve ark. 2010). Küresel ısınma nedeni ile kuzey yarım kürenin orta ve yüksek enlemlerinde büyüme mevsiminde baharın erken başladığı bir çok çalışma ile belgelenmiştir (Penuelas ve Filella 2001; Walther ve ark. 2002; Craufurd ve Wheeler 2009). Örneğin *Triticum diococcoides* (yabani dicocum buğday) (Nevo ve ark. 2002) ve *H. spontaneum* (Yabani arpa) (Nevo 1992), yakın doğudaki verimli hilalde çeşitlenmiştir. 2009 yılında (İsrail'de) Atlit yakınlarında ki Aaronsohn ziraat istasyonunda büyük bir serada deney gerçekleştirilmiştir (Nevo 2009). 1980 ile 2008 yılları arasında toplanan 10 yabani arpa ve 10 yabani dicocum buğdayı populasyonu denemeye alınmıştır. Sonuçta 1980 koleksiyonu ile 2008 koleksiyonu karşılaştırıldığında, ortalama yabani buğdayda 8.53 ve yabani arpada 10.94 gün kadar etkileyici erkencilik tespit edilmiştir. Küresel ısınma stres sonucu olarak, iki koleksiyonda (1980-2008) 28 yıl boyunca çiçeklenmede fenotipik erkencilik, verim ve genetik değişiklikler olarak yorumlanmıştır (Nevo ve ark. 2011).

İslah hedefleri açısından, yeryüzünde ürün sistemi (yağmurlu, sulanan, yazlık yada kışlık tip gibi) ile birlikte biyotik ve abiyotik kısıtlamalara dayalı 12 farklı buğday büyük üretim sahası (mega saha) tanımlanmıştır (Braun ve ark. 2010). Yüksek sıcaklık (hava ve toprak sıcaklığı) ve su açığı (kuraklık) dünyanın birçok mega buğday sahasında bitki büyümesini kısıtlayan en önemli çevresel faktörlerdir ve aynı anda meydana gelmektedirler (Shah ve Paulsen 2003). Hala bunların birlikte bitkileri nasıl etkilediği hakkında bilinenler nispeten çok azdır (Rizhsky ve ark. 2004). 2050 yılına kadar gelişmekte olan ülkelerde 2-3 derecelik sıcaklık artışı kabulü ile buğday verim kayıpları miktarının % 20-30 arasında ortaya çıkması beklenmektedir (Anonim 2011). Kuzey yarım küre genelinde iklim değişikliği eğilimine örnek olarak, bitki örtüsünün fenolojik mevsimsel ve zamansal değişikliği gösterilmiştir (Myneni ve ark. 1997; Zhang ve ark. 2004).

Sıcaklık bitkilerin gelişim ve büyüme oranlarını değiştirir. Verimde ki düşüş hem kronik sıcaklık hem de sıcaklık şokları ile ilişkilidir. Büyüme devresinde ortalama 18 - 25 °C olan ortalama sıcaklık tane dolmuş evresinde 32 °C ye kadar çıkmaktadır, tane doldurmada dahil olmak üzere, burada verim kayıpları orta veya geç üreme evrelerindeki 30 °C üzerinde meydana gelen sıcaklık şokları ile ilgilidir (Wardlaw ve Wrigley 1994). Hoffman ve Bahn (1966)'na göre Sıcaklık ve yağış birlikte vejetatif ve generatif gelişim safhalarına etki eder, iklim faktörlerinde meydana gelen sapmalar verime olumsuz etki yapar. Fizyoloji, büyüme, su ilişkisi ve verim üzerine kuraklık ve yüksek sıcaklığın kombine etkisi, bireysel etkilerinden daha çok olmaktadır (Sharma ve Kaur 2009; Grigorova ve ark. 2011). Holdefleiss, 1930'da, Schendel 1967'de, belli kritik periyotlar da sıcaklığın da, su faktörü gibi çok etkili olabileceği, bulgularına göre yüksek sıcaklık ve ışık yoğunluğu ile gelişim fazlarının kısalacağını tespit etmişlerdir. Ulrich (1961)'e göre sıcaklık optimumu çeşide bağlıdır. Diyarbakır'da farklı ekim zamanlarında ekim yapılarak tane dolurma süresinde sıcaklık stresine maruz bırakılan 5 ekmeçlik buğday çeşidinde m²'de başak, başakta dane sayısı, 1000 dane ve hektolitreye ağırlığı gibi verim komponentleri için, zamanlar erken ekim lehinde istatistiki olarak önemli bulunmuş, çeşitler arasında da söz konusu karakterler yönünden farklılık olduğu tespit edilmiştir (Kılıç ve ark. 1999). Yine Diyarbakır'da sıcaklık stresine maruz bırakılan 13 makarnalık buğday genotipin'de incelenen kalite kriterlerinden bin tane ağırlığının geçmiş çalışmalara (Taghouti ve ark. 2010; Aydoğan ve ark. 2010; El-Haremein ve ark. 1996) benzer şekilde sıcaklık stres şartları

oluştukça düştüğü tespit edilmiştir (Tekdal ve Yıldırım 2015). Lehenbauer (1914)'e göre bitkide bazı fizyolojik olayların meydana gelebilmesi için sıcaklığın optimum bir seyir takip etmesi gerekmektedir. Bretschneider-herrmann (1967) ise sıcaklık seyrinin gelişme faktörü olduğunu deneysel olarak fitotronlarla açıklamıştır.

Yeni çeşit geliştirme ıslah çalışmalarında abiyotik ve biyotik strese toleranslı çeşit geliştirme konuları başta gelmektedir. Bitki gurupları genetik yapıları itibari ile bu stres durumlarına farklı tepkiler göstermektedirler. Bu farklar aynı bitki türünün farklı çeşitleri arasında da görülebilmektedir. Kimi çok zayıf kalıp süreç içerisinde yok olmakta kimi bitkilerde bu koşullara adapte olup yetiştirme ve yaygınlaşma imkânı bulmaktadır. Kuraklığa ve sıcağa dayanıklılık ıslahı çalışmalarında bitki örtüsü serinliği ve yaprakların klorofil miktarları gibi özellikler taşınabilir ve ucuz cihazlarla hızlı bir şekilde saptanabilmektedir. Bitki örtüsü bitki sıcaklığına büyük bir etki yapmaktadır. Meksika'da, başta bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS) yeteneği olmak üzere birçok fizyolojik özelliğe göre sıcak bölgelere uygun seleksiyon yapılarak, verimde sağlanan ilerleme ile aynı genotiplerin dünyanın diğer sıcak bölgelerindeki verim performansları arasında önemli artışlar bulunmuştur (Reynolds ve ark. 1994a). Sıcaklık stresinde, son yıllarda yürütülen çalışmalar, stoma iletkenliği, fotosentez hızı, membran termostabilitesi, bitki örtüsü serinliği ve klorofil içeriği gibi fizyolojik özelliklerin bir seleksiyon kriteri olarak kullanılmasının buğday veriminde ilerleme sağladığını göstermektedir (Fischer ve ark. 1998; Amthor 2001; Bavec ve Bavec 2001; Reynolds ve ark. 2001; Soltani ve Galeshi 2002; Koç ve ark. 2003). Danimarka'da yerel çeşitlerde bitki kanopi sıcaklığı ve 100 tane ağırlığının incelendiği çalışmada, 2255 Meksika buğday hattı içerisinde bitki kanopi sıcaklığı kullanılarak üstün üç çeşit seçimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Bitki kanopi sıcaklık verilerinin kültür bitkilerinde sıcaklık tolerans çalışmalarında kullanılabilmesi bildirilmiştir (Hede ve ark. 1999). Arjantin'de Ugarte ve ark. (2007)'de buğday, arpa ve tritikale çeşitlerini üç sezonda üç farklı sıcaklık etkisi altında inceleyerek, tam çiçeklenme dönemi öncesi ve sapa kalkma dönemini en hassas dönem olarak belirlediler. Ülkemizde 22 ekmeclik buğday çeşidi ile yapılan çalışmada kanopi sıcaklığı ile bayrak yaprak alanı arasında yüksek oranda pozitif olumlu ilişki saptanmıştır. Bitki boyu ile klorofil miktarı ve yaprak su tutma kapasitesi arasında düşük oranda olumlu ilişki belirlenmiştir (Öztürk 2014).

Fischer (2001) bitki örtü sıcaklığını infrared termometre kullanımıyla ölçmenin, hızlı ve güvenilir hesaplamalar yapılabilmesi bakımından etkin bir gösterge olduğunu bildirmiştir. Bitki örtü sıcaklığının ortamdaki hava sıcaklığından farkını ifade eden bitki örtüsü sıcaklık düşüşünün çok önemli bir özellik olduğunu ve örtü sıcaklığının hava sıcaklığından daha düşük olduğunu (özellikle sulanan buğday çeşitlerinde) bildirmiştir. Örneğin, seçilmiş üç buğday çeşidinin (Gourab, BARİ Gom'da-25 ve BARİ Gom'da-26) fizyoloji, büyüme ve verimi normal ekim (15 Kasım) ve geç sıcaklık stresi durumunda ekim (27 Aralık) iki lokasyon şeklinde değerlendirilmiştir (Akbar ve ark. 2012). Bu çalışmada 29 Mayıs'ta yapılan BÖS (Bitki Örtüsü Sıcaklığı) Ölçümleri ile verim arasında bulunan önemli ilişki, Reynolds ve ark. (1994b) tarafından çok sayıda çevrede yürütülen çalışmada da ortaya konmuş ve ayrıca sonraki çalışmalarda ıslah hatlarında BÖS'na dayalı seleksiyonlarda verim yönünden genetik ilerleme sağladığı belirtilmiştir. Tane verimi ile tane dolm döneminde ölçülen BÖS arasında önemli ilişki bulunması, bu yöntemin büyük masraf gerektiren lokasyonlu verim denemelerine geçilmeden önce yapılacak ön tarama ile genotiplerin fizyolojik potansiyellerini ortaya çıkarmada kullanılabilmesini göstermektedir. Benzer şekilde çalışmada dane büyüme dönemlerinde ölçülen BÖS yönünden genotipler arasında farklılık bulunmuştur (Ayeneh ve ark. 2002). 1962 ile 1988 yılları arasında Meksika'da yüksek verimli bir ortamda sekiz yazlık ekmeclik buğday hattında yapılan bir çalışma verimdeki ilerlemenin yaprak fotosentez hızı, yaprak iletkenlik ve BÖS özelliklerinin tamamıyla ilişkilendirildi (Fischer ve ark. 1998). Bu özellikler üstün hatların belirlenmesinde uygun ve basitçe uygulanabilecek fizyolojik parametreler idi ve denemelerde kolayca uygulanabilir bir yöntemi göstermekteydi. CIMMYT'te bitki örtüsü sıcaklığının, sıcaklığa tolerans için yararlı bir seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (Anonim 1999). Çoklu lokasyon testlerinde (farklı ülkelerde ve benzer çevre şartlarında) ve sıcaklık stresi oluşturan farklı ekim zamanları kullanarak yapılan çalışmalara göre, yaprak sıcaklığı bitki atmosferindeki sıcaklıktan az olursa o zaman bitki muhtemelen sıcaklık stresine toleranslıdır denebilir. Erken ve orta nesil ıslah hatları üzerinde çalışmaya ek olarak aynı zamanda performansının tahmin aracı olarak BÖS gücünü değerlendirilmesi için ilerletilmiş hatlar ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Farklı genetik kökenden 60 ilerletilmiş hat (ALS) Meksika Obregon sıcak iklim koşullarında geç ekim yapılarak performansı yüksek olanları seçilmiştir. Aynı buğday seti 15 farklı sıcak mega buğday bölgesinde verim denemelerine alınarak yetiştirilmiştir. Bu denemeler, Meksika'da 4, Sudan'da 4, Bangladeş'de 3, Hindistan'da 3, ve Nijerya'da 1 deneme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Parsellerde belirlenen fizyolojik özellikler ve parsel

verimleri esas alınarak seçim gerçekleştirilmiştir. Bu ileri hatlara ait Meksika seçim ortamında belirlenen verim ve BÖS ortalaması ile diğer 15 bölge verileri karşılaştırılmıştır. Hatlara ait verim performansları tüm sıcak lokasyonlar arasındaki BÖS değişkenliği oranında kendini gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçta BÖS'nin verimin iyi bir belirleyicisi olduğu tespit edilmiştir.

Tarladaki üründe verim düşüşünün tane doldurma süresince klorofil kaybının devam etmesi ile ilişkili olduğu, bitkideki farklı fizyolojik mekanizmaların tarla şartlarında sıcaklığa karşı toleransın belirlenmesine yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Reynolds ve ark. 2001). Boyd ve Walker (1972), 19 buğday çeşidi üzerinde yaptıkları çalışmada, buğday genotipleri arasında klorofil içeriğinin genetik farklılık gösterdiğini ve kurak koşullar altında klorofil içeriği yüksek hatların daha yüksek verime sahip olduklarını bildirmişlerdir. Yaprakların toplam klorofil miktarını temsil eden ve SPAD 502 cihazıyla ölçülen klorofil metre değerleri, yeni nesil Meksika ekmeklik buğday çeşitlerinde çevre ve çeşitlere göre değişkenlik göstermesine karşın, net fotosentez hızı ile ilişkili bulunmuş, makarnalık buğdaylarda ise hem fotosentez hızı hem de verimdeki artışla ilişki bulunmuştur (Fisher ve ark. 1998). Fischer 2001'de Yaprığın klorofil içeriği ve azot kapsamını tespit etmede SPAD metre kullanımının pahalı olmayan, hızlı ve yaprak yeşilliğine zarar vermeyen bir yöntem olduğunu ve en uygun okuma zamanının ise klorofilin en iyi düzeyde olduğu çiçeklenme sonrasında olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı, SPAD metrenin kurullarına uygun olarak okunması ve değerlendirilmesi durumunda, bu sayacın daha hızlı görsel okuma sistemlerine kılavuzluk edebilmesinin mümkün olduğunu vurgulamıştır. Son yıllarda buğdayda SPAD (Hede ve ark. 1999; Rharrabti ve ark. 2001) ve BÖS (Reynolds ve ark. 1998) ölçümleri ile başarılı çalışmalar gerçekleştirilmiş olmasına rağmen ülkemiz koşullarında SPAD ve BÖS'nin kullanılabilirliği sınırlı sayıdaki çalışmalarla birlikte henüz tam olarak açıklığa kavuşmadığı dile getirilmiştir (Bahar ve ark. 2005; Yıldırım 2005; Çekiç 2007). Ancak 2014 yılında Diyarbakır koşullarında Fizyolojik parametreler ile verim ilişkisinin araştırılması sonucu, fizyolojik parametreler ile verim arasında bir etkileşim olduğu belirlenmiştir. SPAD metre kullanımının ve tane dolum süresinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında, buğday ıslahında seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir (Karaman ve ark. 2014).

Sonuç

Normal koşullarda buğday gelişme döneminde optimum sıcaklık değerleri üzerindeki ortalama 1°C'lik artış yazlık buğdaylarda 57 kg/da'lık, kışlık buğdaylarda 10.2 kg/da'lık verim kaybına neden olmaktadır (White ve Reynolds 2003). Çiçeklenme ile tane doldurma aşamasında meydana gelebilecek 2 ila 5 °C'lik ortalama sıcaklık artışlarının verimde meydana getirebileceği yıkıcı kayıpların sıcaklık toleranslı olmayan çeşitlerde telafi edilmesi imkânsızdır.

Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) yayınladığı basın bildirisine göre 2014 yılı, 1961'den 1990 yılına kadar ortalama 14.0 °C olan sıcaklığın 0.57 °C üzerinde gerçekleşerek en sıcak yıl (Anonim 2015d), Amerikan Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi'nin (NOAA, 2015) yaptığı değerlendirmeye göre 2014 yılı küresel yer yüzeyi ve okyanuslar açısından 0.69 °C anomali ile 1880 yılından bu yana son 135 yılın en sıcak yılı (Anonim 2015e), Japon Meteoroloji Ajansı (JMA)'ya göre de 2014 yılı 20. Yüzyıl ortalamasının 0.63 °C, 1981–2010 ortalamasının da 0.27 °C üzerinde gerçekleşerek en sıcak yıl olmuştur (Anonim 2015f). Bu sonuçla 2014 yılı daha önceki en sıcak yıl olan 2010 yılını da 2. sıraya indirmiş ve 2014 yılında okyanuslar daha önce görülmediği şekilde ısınmıştır.

2014 yılı Türkiye ortalama sıcaklıkları 14.9 °C ile 1981–2010 ortalaması olan 13.5 °C'nin 1.4 °C üzerinde gerçekleşmiştir (Anonim 2015c). Türkiye ortalama sıcaklıklarında 1994 yılından bu yana (1997 ve 2011 yılları hariç) pozitif sıcaklık anormallikleri mevcuttur. En sıcak yıl ise 2.0 °C'lik anomali ile 2010 yılı olmuştur. Türkiye'nin; 1981–2010 kış mevsimi ortalama sıcaklığı 3.7 °C'dir. 2013–2014 yılı kış mevsimi ortalama sıcaklığı 4.6 °C ile mevsim normallerinin 0.9 °C üzerinde gerçekleşmiştir. 1981–2010 ilkbahar mevsimi ortalama sıcaklığı 12.0 °C'dir. 2014 yılı ilkbahar mevsimi ortalama sıcaklığı 13.6 °C ile mevsim normallerinin 1.6 °C üzerinde gerçekleşmiştir. 1981–2010 ortalamalarına göre yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 23.5 °C'dir. 2014 yılı yaz mevsimi ortalama sıcaklığı 24.4 °C ile mevsim normallerinin 0.9 °C üzerinde gerçekleşmiştir. 1981–2010 ortalamalarına göre sonbahar mevsimi ortalama sıcaklığı 14.7 °C'dir ve 2014 yılı sonbahar mevsimi ortalama sıcaklığı 15.1 °C ile mevsim normallerinin 0.4 °C üzerinde gerçekleşmiştir.

Buğday dünyanın en önemli tahılıdır. Ancak dünya ve ülkemiz çapında giderek artan sıcaklık eğilimi nedeni ile yakın gelecekte giderek daha fazla sıcaklık stresi ile karşı karşıya kalacağı açıktır. Bu nedenle, uygun buğday çeşitlerinin belirlenmesi ve geliştirme, üretimdeki bu tehdidi çözmek için, hatta yüksek sıcaklık stresi altında yüksek verim elde etmek için önemli bir adımdır (Akbar ve ark. 2012). Dünya genelinde verim esas alınarak yapılan buğday ıslahı ile verim potansiyelinde önemli artışlar sağlanmış olmasına karşın gelecekteki başarı, bitki ıslahçıları ile bitki fizyologlarının işbirliği ve fizyolojik kriterlerin desteği ile belirlenecektir (Jackson ve ark. 1996).

Kaynaklar

- Akbar H, Jaime A, Teixeira Da S (2012). Available online at www.notulaebiologicae.ro Print ISSN 2067-3205; Electronic 2067-Not Sci Biol, 2012, 4(3):97-109
- Amthor JS (2001). Effects of atmospheric CO₂ concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO₂ concentration. *Field Crops Research*, 73: 1-34.
- Anonim (1999). Improving Heat Tolerans. CIMMYT World Wheat Facts and Trends. Global Wheat Research in a Changing World: Callenges and Achievement. Mexico, Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, 06600.
- Anonim (2011). W HEAT-Global Alliance for Improving Food Security and the Livelihoods of the Resources-Poor in the Developing World'. Proposal submitted by CIMMYT and ICARDA to the CGIAR consortium board, in collaboration with Bioversity, ICRISAT, IFPRI, ILRI, IRRI, IW MI, 86 NARS Institute, 13 Regional and International Organizations, 71 Universities and Advance Research Institutes, 15 Private Sector Organizations, 14 NGOs and Farmers Cooperatives and 20 Host Countries. 197pp.
- Anonim (2015a). <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> (Erişim: 28.12.2015)
- Anonim (2015b). <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim: 28.12.2015)
- Anonim (2015c). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr>. (Erişim: 28.12.2015)
- Anonim (2015d). Dünya Meteoroloji Örgütü <https://www.wmo.int/media/?q=content/warming-trend-continues-2014> (Erişim: 28.12.2015)
- Anonim (2015e). NOAA, <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2014/13doi:10.3354/cr019193> (Erişim: 28.12.2015)
- Anonim (2015f). JMA, <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/news/tccnews39.pdf> (Erişim: 28.12.2015)
- Aydoğan S, Şahin M, Akçacık AG, Türköz M (2010). İleri makarnalık buğday hatlarının farklı çevrelerde verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi, Harran Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 14(4): 23-31.
- Ayeneh A, Van Ginkel M, Reynolds MP, Ammar K (2002). Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *FieldCrops Research*, 79: 173-184.
- Bahar B, Barutçular C, Yıldırım M, Genç D (2005). Buğdayda bitki topluluğu sıcaklığı düşüşünün verim ve verim unsurları ile ilişkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, Cilt II. S, 665-668. 5-9 Eylül, Antalya.
- Bavec F, Bavec M (2001). Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun. Soil Sci. Plant Anal. Res.*, 32: 2709-2719.
- Boyd WJR, Walker MG (1972). Variation in chlorophyl a Content and stability in wheat leaves. *Aus. Bot. Western Australia*, 36: 87-92.
- Boyer JS (1982). Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443-8.
- Braun HJ, Atlin G, Payne T (2010). Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. In MP Reynolds, ed, *Climate Change and Crop Production*. CABI, Oxfordshire, UK, pp 115-138.
- Bray, EA, Buchanan B, Gruissem W, Jones R (2000). Responses to abiotic stresses, biochemistry and molecular biology of plants, pp.1158-1203, Rockville, MD: ASPB, 2000. *Engineering for Stress Tolerance*, Planta, 218, 1-14.
- Bretschneider-herrmann, B (1967). Untersuchungen über den einfluss von lichtintensität und tageslaenge auf dem einfluss von hafer unter Klimatisch kontrollierten badingungen. *Angewadte botanik*, 41, 38-51.
- Briggle LW, Curtis BC (1987). "Wheat worldwide," in *Wheat and Wheat Improvement*, ed E. G. Heyne (Madison, WI: American Society of Agronomy), 4-31.
- Craufurd PQ, Wheeler TR (2009). Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany* 60, 2529-2539.

- Çekiç C (2007). Kurağa Dayanıklı Buğday (*Triticum aestivum* L.) Islahında Seleksiyon Kriteri Olabilecek Fizyolojik Parametrelerin Araştırılması. Doktora Tezi.
- Easterling DR, Apps M (2005). Assessing the consequences of climate change for food and forest resources: a view from the IPCC. *Clim Change* 70: 165–189
- Easterling DR, Horton B, Jones PD, Peterson TC, Karl TR, Parker DE, Salinger MJ, Pazuvayev V, Plummer N, Jamason P, Folland CK (2007). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277:364-367.
- El-Haremein FJ, El-Saleh A, Nachit MM (1996). Environmental effect on durum wheat grain quality in Syria. 10th International Cereal and Bread Congress, June 9-12 1996, Porto Carras, Greece.
- FAO (2002). The State of Food Insecurity In The World 2002 FAO Rome. Retrieved 15 October from www.fao.org.
- Fischer RA (2001). Selektion Traits for Improving Yield Potential. In: M.P. Reynold, J.I. Ortiz-Monasterio and McNab (eds), Application of physiology to Wheat breeding, CIMMYT, Mexico, D.F., pp148-159
- Fischer RA, Rees D, Sayre KD, Lu ZM, Condon AG, Larque-Saavedra A (1998). Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Sci.*, 38: 1467-1475.
- Grigorova, B, Vaseva I, Demirevska K, Feller U (2011). Combined drought and heat stress in wheat: Changes in some heat shock proteins. *Biol. Plant.* 55:105-111.
- Gruza G, Rankova E, Razuaev V, Bulygina O (1999). Indicators of climate change for the Russian federation, *Climatic Change* 42:219-242
- Hede AR, Skovmand B, Reynolds MP, Crossa J, Vilhelmsen AL, Stolen O (1999). Evaluating genetic diversity for heat tolerance traits in Mexican wheat landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution. Res.*, 46: 37–45.
- Hess TM, Stephens W, Maryah UM (1995). Rainfall trends in the North east arid zone of Nigeria 1961-1990, *Agric. For. Meteorol.*, 74:87-97.
- Hoffman AA, Parsons PA (1991). Evolutionary genetics and environmental stress. Oxford: Oxford University Press.
- Hoffman E, Bahn E (1966). Die austandrtung langjaehfiger von feldversuchhertraegen in andrbindung mit agremeteorologischen daten
- Holdefleiss R (1930). Die abhaengigkeit der ernteertraege von Wetter und klima agrarmeteorologie, p. Parey, Berlin
- IPCC (2007). Climate Change (2007). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., p. 996.
- Jackson P, Robertson M, Cooper M, Hammer G (1996). The role of physiological understanding in plant breeding, from a breeding perspective. *Field Crops Res.*, 49: 11-37.
- Kadıoğlu A (2004). Bitki Fizyolojisi. Trabzon, Lokman Yayın, s. 453.
- Karaman M, Akıncı C, Yıldırım M (2014). Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Fizyolojik Parametreler İle Tane Verimi Arasındaki İlişkinin Araştırılması <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/>
- Kılıç H, Özberk İ, Özberk F (1999). Orta Anadolu'da hububat tarımının sorunları ve çözüm yolları sempozyumu. Ed. H. Ekiz (8-11 Haziran 1999, Konya) s. 358-364.
- Koç M, Barutçular C, Genç D (2003). Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in a Mediterranean Environment. *Crop Science*; 43, 6; p:2089-2097.
- Kün E (1988). Serin İklim Tahılları. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, 1032, Ders Kitabı. s. 299-322.
- Lawlor DW, Cornic G (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.* 25, 275-294.
- Lehenbauer PA (1914). Zit. Bei v. Bloguslawski, 1972
- Lobell DB, Burke MB, Tebaldi C, Mastrandrea MD, Falcon WP, Naylor RL (2008). Supporting online materials for: Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319:607-610
- Madhova Rao KV, Raghavendra AS, Janardhan Reddy K (2005). Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Netherlands: Springer: 345. -7
- Mahajan S, Tuteja N (2005). “Cold, salinity and drought stress: an overview”, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158
- Myneni RB, Keeling CD, Tucker CJ, Asrar G, Nemani RR (1997). Increasing plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 386, 698–702.

- Nevo E (2009). Evolution in action across life at “Evolution Canyon”, Israel. *Trends Evol Biol.* 1:e3.
- Nevo E (2011). Selection overrules gene flow at “Evolution Canyon”, Israel. In: Urban K, editor. *Advances in genetic research.* New York: Nova Science Publishers. 5: 67–89.
- Nevo E (1992). Origin, evolution, population genetics and resources for breeding of wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the Fertile
- Nevo E, Korol AB, Beiles A, Fahima T (2002). Evolution of wild emmer and wheat improvement. Population genetics, genetic resources, and genome organization of wheat’s progenitor, *Triticum dicoccoides*. Berlin (Germany). Springer-Andrag. p. 364.
- NOAA (2014). National Climatic Data Center, State of the Climate: Global Analysis for Annual 2013, published online January 2013, <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2013/13> 28 Ocak 2013
- Öztürk İ, Avcı R (2014). Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Karakterler Arası İlişkiler. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, [S.l.], dec.. ISSN 2146-8176. Erişim Adresi: <<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/tarbitderg/article/>
- Parmesan C (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu Rev Ecol Evol Syst.* 31: 637–639.
- Pasternak R (1998). “Investigations of botanical remains from Nevali Cori PPNB, Turkey: a short interim report,” in *The Origins of Agriculture and Crop Domestication*, eds A. B. Damania, J. Valkoun, G. Willcox, and C. O. Qualset [Aleppo: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)], 170–176.
- Penuelas J, Filella I (2001). Phenology: response to a warming world. *Science* 294, 793–794.
- Plummer N, Salinger MJ, Niicholls N, Suppiah R, Hennessy KJ, Leighton RM, Trewin B, Page CM, Lough JM (1999). Changes in climate extremes over the Australian region and New Zealand during the twentieth century, *climate change*, 42:183-202.
- Reynolds MP, Aceanddo E, Sayre KD, Fischer RA (1994b). Yield potential in modern wheat varieties: its association with a less competitive ideotype. *Field Crops. Res.*, 37: 149-160.
- Reynolds MP, Balota M, Delgado MIB, Amani I, Fischer RA (1994a). Physiological and Morphological Traits Associated with Spring Wheat Yield under Hot Irrigated Conditions. *Aust. J. Plant Physiol.* Vol: 21, 717-730.
- Reynolds MP, Nagarajan S, Razzaque MA, Ageeb OAA (2001). Heat tolerance. Application of physiology in wheat breeding. (Editörler: MP Reynolds, I Ortiz-Monasterio, A McNab). Mexico, DF, CIMMYT.
- Reynolds MP, Singh RP, Ibrahim A, Ageeb OAA, Larque-Saavedra A, Quick JS (1998). Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. *Euphytica. Res.*, 100: 85–94.
- Rharrabti Y, Villegas D, Garcia Del Moral DF, Aparicio N, Elhani S, Royo C (2001). Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Plant Breeding Res.*, 120, 381-388.
- Rizhsky L, Liang HJ, Shuman J, Shulaev V, Davletova S, Mittler R (2004). When defense pathways collide. The response of Arabidopsis to a combination of drought and heat stress. *Plant Physiol.* 134:1683 -1696.
- Rosegrant MW, Sombilla, MA, Gerpacio RV, Ringler C (1997). Global food markets and US exports in the twenty-first century’. Paper prepared for the Illinois World Food and Sustainable Agriculture Program Conference ‘Meeting the Demand for Food in the 21st Century: Challenges and Opportunities for Illinois Agriculture, May 27, 1997.
- Schendel (1967). Vegetations and rbrauch und Wasserbederf habil. *Schrift Kiel.*
- Shah NH, Paulsen GM (2003). Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. *Plant Soil.* 257:219-226.
- Sharma AD, Kaur P (2009). Combined effect of drought stress and heat shock on cyclophilin protein expression in *Triticum aestivum*. *Gen. Appl. Plant Physiol.* 35:88-92.
- Soltani A, Galeshi S (2002). Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation ve simulation. *Field Crops Research*, 77:17-30.
- Suppiah R, Hennessy K (1998). Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910-1990. *Int. J. Climatol.* 10: 1141-1164.
- Taghouti M, Gaboun F, Nsarellah N, Rhrib R, El-Haila M, Kamar M, Abbad –Andalousi F, Udupa SM (2010). Genotype x environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to different environments. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(21), pp. 3054- 3062.

- Tekdal S, Yıldırım M (2015). Sıcaklık stresine maruz bırakılan bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin incelenmesi, Dicle Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü dergisi <http://www.dufed.org/upload/sayi/7/DUFED-00068.pdf> (Erişim:17.05.2016 saat: 11:01) <http://www.trkijnat/index> Trakya University Journal of Natural Sciences, 15(1): 41-46, 2014 ISSN 2147–
- Türkeş M (1998). 'Influence of geopotential heights, cyclone frequency and southern Oscillation on rainfall variations in Turkey'. *International Journal of climatology*, 18:649-680
- Ugarte C, Calderini DF, Slafer GA (2007). Grain weight and grain number responsiveness to pre-anthesis temperature in wheat, barley and triticale. *Field Crops Res* 100(2-3):240-248.
- Ulriche E (1961). Varyeti climatic interations of sugar beet varyeties in similated climates J. Am. Soc. Suj. Beet techn 11 s. 376-387
- Velthuizen H, Huddleston B, Fischer G, Salvatore M, Ataman E, Nachtergaele FO, Zanetti M, Bloise M (2007). Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability. Environment and Natural Resources Series No. 11, FAO, Rome, Italy. (www.fao.org/docrep/010/a1075e/a1075e00.htm) iew/5.000.091.716>. Erişim Tarihi: 31 Dec. 2015.
- Viglizzo EP, Roberto ZE, Filippin MC, Pordomingo AJ (1995). Climate variability and agroecological change in the central Pampas of Argentina. *Agric. Ecosyst. Environ.* 55, 7-6
- Visser Marcel E, Marvelde Luc T, Schaper Sonja V, Dawson A, Webber S, Husby A (2010). Seasonal timing in a warming world. *BOU Proc.* <http://www.bou.org.uk/bouproc-net/ccb/visser-etal.pdf>
- Walther GR, Post E, Conandy P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin JM, Guldberg OH, Bairlein F (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, 389–395
- Wang WX, Vinnocur B, Altman A (2003). Plant Responses to Drought, Salinity and Extreme Temperatures, Towards Genetic Engineering for Stress Tolerance, *Planta*, 218, 1-14
- Wardlaw IF, Wrigley CW (1994) Heat tolerance in temperate cereals: an overview. *Aust J Plant Physiol* 21: 695–703
- White JW, Reynolds MP (2003). A Physiological Perspective on Modeling Temperature Response in Wheat and Maize Crops. In White, J.W Modeling Temperature Response in Wheat and Maize. Proceedings of a Workshop, CIMMYT, El Batán, Mexico, 23-25 April 2001.
- Yıldırım M (2005). Seçilmiş altı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) diallel F1 melez döllerinde bazı tarımsal ve fizyolojik kalite karakterlerinin kalıtımı üzerinde bir araştırma. Doktora tezi. Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst. Tarla Bit. Anabilim Dalı Adana
- Zhai P, Sun A, Ren F, Liu X, Gao B, Zhang Q (1999). Changes of climate extremes in China, *Climatic Change*, 42:203-218.
- Zhang B, Li FM, Huang G, Cheng ZY, Zhang Y (2006). Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. *Agril Water Manag* 79: 28-42.