

## Düşük sıcaklığın serin iklim tahıllarına etkileri (Derleme)

Seyfi TANER<sup>a,\*</sup>

Bayram SADE<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Konya, Türkiye

<sup>b</sup> Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Konya, Türkiye

### Low temperature effect of cereal (A review)

#### SUMMARY

Temperature changing (low or high) shows different negative effect on crops according to growth stage. In addition, the period of temperature, planting time, the excess or lack of plant nutrition in soil also effect significantly. In this article were studied especially the effect of low temperature on cereal, the effectiveness of some morphological and physiological characters on winter hardiness and the relations of some plant nutritions.

KEY WORDS: Cereal, temperature, cold damage, plant nutrition.

#### ÖZET

Sıcaklık dalgalanmaları (düşük veya yüksek sıcaklıklar), bitkilerin gelişme dönemlerine göre farklı olumsuz etkiler yapmaktadır. Ayrıca bu olumsuz etkilerin üzerinde; sıcaklığın süresi, bitkinin ekim zamanı, topraktaki bitki besin elementlerinin fazlalığı veya eksikliğinin de önemli etkisi vardır. Bu derleme çalışmada ağırlıklı olarak hububat üzerinde düşük sıcaklıkların etkileri, bazı morfolojik ve fizyolojik karakterlerin kışa dayanmada etkinliği ve soğuğa dayanma ile bazı bitki besin elementlerinin ilişkileri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Tahıl, sıcaklık, soğuk zararı, bitki besin maddesi

#### GİRİŞ

Serin iklim tahılları 1–4 °C gibi düşük sıcaklıklarda çimlenebilmektedir. Bir yetiştirme dönemi boyunca 1750–2250 °C toplam sıcaklık isterler. Bu nedenle serin iklim tahılları genelde kışlık kuşakta ekilirler (Kün 1996).

Buğday ve arpa serin iklim tahıllarındandır. Daha çok ılıman ve soğuk iklimlerde başarı ile yetiştirilen serin iklim tahılları çok sıcak ve yağışı 1500 mm'den fazla olan tropik iklimlerde yetiştirilemezler. Dünyada en çok buğday ve arpa ekimi yapılan bölgeler Türkiye'nin de içinde bulunduğu 30–60 kuzey

enlemleri ile güney yarım küresinde 27–40 enlemleri arasında bulunmaktadır (Aran ve Kıvanç 1986).

2004 yılı verilerine göre Dünya hububat ekilişi 681.2 milyon hektar, üretim ise 2.252 milyon tondur. Ülkemizde ise hububat ekilişi 13.99 milyon hektar, üretim de 33.96 milyon tondur (FAO 2004). Bu ekiliş içerisinde buğday birinci sırada olup bunu arpa takip etmektedir.

Buğday ve arpa üretimi iklim koşullarına bağlı olarak yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Ülkemizde hububat ekiliş alanları Avrupa ülkelerinin çoğundan fazla olmasına rağmen kurak şartlardan ve diğer iklim etmenlerinden dolayı verim oldukça düşüktür.

Özellikle Türkiye'nin tahıl ambarı olarak nitelendirilen Orta Anadolu Bölgesinde sonbahar yağışlarının geç gelmesi dolayısıyla kışa zayıf giren serin iklim tahıllarının verim düşüklüklerine sebep olmaktadır. Ayrıca bitki büyüdükçe soğuğa olan hassasiyetleri artan serin iklim tahıllarında özellikle sapa kalkma döneminde meydana gelen düşük sıcaklıklar boş başak oluşumuna dolayısıyla da verim kayıplarına neden olmaktadır.

Isı değişimleri, yağış, rüzgâr, topografya, ışık, toprak, su ve benzer birçok etken yanında, bitkisel üretimin artırılmasında en önemli faktörlerden birisi de bitkinin ihtiyacı olan bitki besin elementlerinin ve miktarlarının belirlenerek, en uygun uygulama yöntemi ile bitkilerin en iyi faydalanacağı şekilde tatbik edilmesidir.

### SERİN İKLİM TAHILLARINDA SOĞUK ZARARI

Düşük sıcaklıklara maruz kaldıklarında zarar görebilen buğdayların soğuğa reaksiyonu karmaşık bir olaydır. Bu olayı incelemeye önce bazı terimlerin açıklanması faydalı olacaktır.

Bazı buğday genotiplerinin sapa kalkma ve başaklanması için belirli süre soğuklanmaya ve ışıklanmaya ihtiyaçları vardır. Sapa kalkması için soğuklanmaya gereksinimi olmayan buğdaylar veya çok az gereksinimi duyan buğdaylar “yazlık buğdaylar”, soğuklanmaya gereksinimi olanlar ise “kışık buğdaylar” olarak adlandırılırlar. Soğuklama ihtiyacı buğdayları soğuktan koruyan bir mekanizma olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle kışık buğdaylar ülkemizde sonbahar aylarında ekilmektedir.

Bitkilerin düşük sıcaklıklarda yaşamlarını sürdürebilmesi için dayanıklılık diye adlandırabileceğimiz genetik yapı ve çevre koşullarının etkileşiminden oluşan dirence bağlıdır. Dayanıklılık kalıcı olup direnç ise çevre şartlarına bağımlı olarak kazanılabilen ya da kaybedilebilen bir özelliktir. Buna göre direnç kavramlarını; kışa, soğuğa ve dona direnç olmak üzere üç gruba ayırabiliriz:

Kışa direnç, bitkilerin kıştan zarar görmeden ilkbahara girmesidir. Bu kavramda bitkilerin bir süre kar altında kalması söz konusu olduğundan buğdayın maruz kaldığı soğuğun derecesinin belirlenmesi olası değildir, çünkü kar örtüsü toprak ile atmosfer arasında ısı değişimini engelleyici bir rol oynamaktadır. Bu şekilde kar altında kalan toprağın ısı fazla düşmez. Mesela 52 cm kalınlığında kar örtüsü bulunan bir yerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde hava sıcaklığı -17 °C, karın üst yüzeyi -15 °C ve toprak yüzeyi -1.6 °C olarak saptanmıştır. Bu olayda kar örtüsü koruyuculuk görevi yapmaktadır (Sencar ve ark. 1993).

Soğuğa direnç, bitkilerin belirli devrelerinde maruz kalacakları düşük sıcaklıklardan etkilenmeden yaşamlarını sürdürebilmeleridir. Soğuğa direnç genetik yapı ve çevre şartlarına bağlıdır.

Don zararı, çok kısa bir süre de olsa 0 °C nin altındaki soğukların sebep olduğu zarardır. Bitki özsuyunun donarak hücre zarını patlatması don zararının diğer bir tarifi olabilir.

Ayrıca donmuş toprakların ani sıcaklık artışı ile birden çözülmesi neticesinde toprak tabakasının hacmi büyümektedir. Çünkü donan suyun hacmi %9 oranında artış göstermektedir. Diğer taraftan üst toprak tabakalarında donma esnasında toprak çözeltisinde ozmotik basınç artar ve aşağıdan yukarıya doğru büyük bir basınçla su çekilir ve böylece üst toprak tabakasında buz kristalleri büyür ve toprağın hacminin genişlemesi daha çok artar. Bu nedenle özellikle gündüz hava sıcaklığının artması ve gece de tekrar düşmesi durumlarında bu olay tekrarlandığı zaman bitkinin kökleri koparak zararlanmaları söz konusu olabilmektedir. İşte toprağın donması sonucu yukarı doğru yükselmesi “don kabarması”, don kabarması sonucu toprak içinde köklerin kopması da “don kesmesi” olarak adlandırılmaktadır (Sencar ve ark. 1993). Yine bu hallerde toprak suyu donduğu için bitkilerin su alımı duracağından ve fizyolojik kuraklık denilen durum ortaya çıkacağından zarar artabilir.

Ayrıca kışın bitkilerin üzerinde oluşan buz tabakasının ısı ve ışık yansıtması ile de zararlanmalar olabilir.

Kışın kar örtüsünün fazla ve aralıksız kalmasıyla kar örtüsü eriyerek kalktıktan sonra kar küfünün neden olduğu zararlanmalar soğuk zararı ile karıştırılmamalıdır. Başlangıçta beyaz, pembe benekler halinde görülen kar küfü birkaç gün sonra bitkilerin tamamen ölmesiyle soğuk zararına uğramış bitkilere benzer bir görüntü alırlar.

Genetik yapının çevre şartlarıyla etkileşimi sonucunda buğdayın düşük sıcaklıklara göstermiş olduğu tepki soğuğa direnç; düşük sıcaklıkların buğday üzerindeki olumsuz etkileri soğuk zararı deyimleri ile ifade edilmektedir.

Laboratuvar koşullarında yapılan bir çalışmada soğuğa dayanıklı kışık buğdayların 3–4 yapraklı dönemde -15 °C ye 5–6 gün, -18 °C ye 24 saat ve -23 °C ye 12 saat dayanabildikleri ve tarla koşullarında 8–10 cm kar örtüsünün buğdayın soğuk ve kış zararından korunması için yeterli olduğu belirtilmiştir (Fowler 1979, Gusta ve ark. 1982).

Kışık buğdaylar, gelişmenin erken dönemlerinde soğuğa çok dayanıklı olmalarına rağmen (-20 °C), gelişmeleri başaklanma ve çiçeklenme dönemine doğru ilerledikçe soğuğa dayanıklılıkları kademeli olarak azalmaktadır (Mossad ve ark. 1995).

Bu açıklamalardan sonra bitkilerin soğuğa dayanmalarına etki eden bazı faktörler incelenmiştir. Bunlar:

### 1. SOĞUĞA DAYANIKLILIĞA, SOĞUĞA ALIŞTIRMANIN ETKİLERİ

Donma noktasına yakın sıcaklıklara maruz kalan buğday, ileride karşılaşabileceği daha düşük sıcaklıklara karşı direnç kazanır. Aynı bitki yavaş yavaş soğuk koşullara alıştırılır ve büyümesi durdurulursa, soğuklara dayanıklılığı artar. Bu dayanıklılık, bitkinin genotipine göre değişir. Bu nedenle, değişik çeşitlerin (genotiplerin) kışa dayanıklılıkları farklı olur. Kışa alışma çeşitli evrelerde

oluşur. Tahıllarda, bu durum başlıca iki evrede olur. Birinci evrede hücrede şeker %'sinde önemli bir artış görülür. Bu evre ışık eşliğinde 0 °C nin hemen üzerinde oluşur. Bu yolla buğdayda dayanıklılık -5 °C den -10 °C ye yükselir. Kardeşlenmeden önce bitkilerin kışa optimum koşullarda alışabilmesi için +1.5 °C de 12–20 gün beklemleri gerekir. Kışık buğdayın bu koşullarda daha uzun süre bırakılması soğuğa alışmayı azaltır. Soğuğa alışma koşulları ve süresi çeşide göre daha uzun veya daha kısa olabilir.

İkinci kışa alışma evresi birinci izler. Bu evrede bitkiler -3 ile -5 °C ye maruz kalmalıdır. İkinci evre hem ışıklı hem de karanlık koşullarda ortaya çıkabilir. Bu durumdaki bitkiler 3.5 °C de altı gün kaldıkları zaman soğuğa alışmış olup, donlara karşı dayanıklılıkları artar. Bu şekilde direnç kazanan bitkiler, sıcakla temas ettiklerinde kazandıkları direnci kaybederek tekrar soğuğa duyarlı hale gelebilirler. Soğuğa direncin oluşumu sadece sıcaklıkla ilişkili basit bir olay değildir. Erzurum'da laboratuvar şartlarında yürütülen bir çalışmada, 20 °C de, yaklaşık 300 m mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (16 000 lüks) ışık içeren büyütme kabini (16 saat/gün/ışık ve 8 saat/gün/karanlık) tutulmuşlardır. Daha sonra bitkiler 3–4 yapraklı olduklarında +4 °C de değişik soğuğa alıştırmaya sürelerinde soğuk testine tabi tutulmuşlar ve 15 buğday genotipi ile 9 arpa genotipinin hemen hemen tamamı 42 ile 49 günlük soğuğa alışma periyodunda soğuğa en yüksek dayanıklılığı göstermişlerdir. Bu sürelerin altındaki ve de üstündeki günlerde soğuğa dayanıklılıkları düşmüştür. Bu çalışmada beyaz daneli buğdayların arpalardan, kırmızı daneli buğdayların da beyaz daneli buğdaylardan soğuğa daha dayanıklı oldukları tespit edilmiştir. Aynı çalışmada soğuğa alıştırılmayan genotiplerin tamamı -3 °C ve daha düşük sıcaklıklarda zarar görmüşlerdir (Yıldırım ve ark. 2001).

Yapılan bir çalışmada ekmeclik buğday genotiplerinde daha uzun süre vernalizasyon ihtiyacı duyan Doğu 88, Hawk, Lancer, Karasu 90, Bezostaja 1, Norstar ve DE-6 çeşitlerinin soğuğa daha dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Yıldırım 2003). Işıklanma, soğuğa direncin daha hızlı kazanılmasına yardımcı olur. Özümlenme süresince klorofiller tarafından kullanılacak 400–600 m $\mu$  dalga boyunda ve 8.000–10.000 lüks'lük yoğun ışığın soğuğa direnç kazanmasına yardımcı olduğu bilinmektedir. Bu durum soğuk ve bulutsuz günlerde soğuğa direncin daha kısa sürede kazanılacağını göstermektedir.

Donma toleransı ile ilgili olduğu kabul edilen genler, hem kışık hem de yazlık buğdayda etkilerini göstermektedir. Fakat soğukla ilgili genler yazlık buğdayda sadece zayıf veya kısa bir süre için etkili olmaktadır. Bu nedenle, soğukla ilişkili genlerin nasıl bir denetim mekanizmasının olduğunun açıklığa kavuşturulması, kışa dayanıklılığı ve kış zararlanmalarından kurtulmasının geliştirilmesi açısından önemlidir.

Soğuk bölgelerde kışık hububatın yetiştirilmesinde kısıtlayıcı 4 faktör vardır; soğuğun neden olduğu kurumaya toleransı sağlayacak genetik potansiyelin yokluğu, soğuğa alışma için sonbahar

şartlarının uygun olmaması, uygun olmayan yetiştirme teknikleri ve ekstrem soğukların zaman ve süresinin tahmin edilememesidir.

Donma toleransı olan genotipler uzun süre -8 veya -15 °C ye maruz kaldıkları zaman elde ettikleri tolerans seviyelerini kaybediyorlar. Burada akla gelen bazı sorular vardır.

➤ Donma toleransının kaybolmasından sorumlu olan faktörler nelerdir?

➤ Bitkiler donma nedeniyle oluşan kurumadan kendilerini nasıl korurlar?

Gusta ve Fowler (1976), Gusta ve ark (1997)' den; Norstar kışık buğday çeşidinin -2.5 °C de altı ay saklanması halinde donma toleransını az bir oranda kaybettiği ya da hiç kaybetmediği fakat sıfırın altındaki daha düşük sıcaklıklarda 60 gün içinde soğuk toleransının hızlı bir şekilde düştüğünü bildirmişlerdir. Sıfırın altındaki sıcaklık ne kadar düşük olursa, donma toleransındaki düşme de o kadar hızlı olmaktadır.

Kışık tahıl fidelerinin alışma işlemini başlatmak için çevreden ne gibi ipuçları aldıklarına bakılmalıdır.

Bütün bu açıklamalardan sonra soğuğa alışmada etkili olduğu düşünülen bazı faktörlerin incelenmesinde fayda vardır. Bunlar;

### 1.1. Soğuğa alışmada ABA (Absisik Asit)' nin etkisi

Bitkilerde üşüme ve donma şartlarında görülen olay su stresinin oluşumu ile artmaktadır. Üşüyen bitkilerin su stresi, kapanamayan stoma gözeneklerine doğru aşırı su kaybıyla ve köklerden suyun alınmaması ile olmaktadır. Donma stresi ise donmayan hücrelerden suyun çekilerek apoplastik yüzeyde buzun oluşmasıyla birlikte olmaktadır (Dörfling ve ark. 1997). Su stresi ile bitki hormonları arasındaki ilişki karmaşık olmakla beraber genel bazı noktalar açıklığa kavuşturulmuştur. Örneğin orta düzeydeki su stresinde ABA'nın bitkide hızlı ve fazla miktarda biriktiği kesin olarak saptanmıştır (Mizrahi ve ark. 1970, Kaçar 1998'den). Bitkilerde ABA birikiminin ise stomaların kapanmasına neden olduğu saptanmıştır (Beardsell ve Cohen 1975, Kaçar 1998'den). Su stresinde stomaların daha az açılmalarına paralel olarak fotosentezin de gerilediği saptanmıştır. Su stresi attıkça bitkilerde CO<sub>2</sub> alımının ve fotosentezin azaldığı, fotosentez ürünlerinin taşınmasında gerileme olduğu (Brevedan ve Hodges 1973, Kaçar 1998'den), bitkilerde şekerlerin, amino asitlerin ve özellikle prolinin biriktiği (Singh ve ark., 1973, Kaçar 1998'den) belirlenmiştir.

Kışık hububatın donma sıcaklıklarına alışması en az iki safhada olmaktadır. Bunlardan birinci safha çeşitlere göre farklı olmakla beraber sıfırın üstündeki mutedil sıcaklıklarda dört haftalık bir süreyi kapsamakta ve bu safhada ABA seviyesinde geçici bir artış olmaktadır. Soğuğa alışmanın ön şartı olan birinci safhadan sonra soğuğa alışmanın ikinci safhası gelmektedir. Bu safha sıfırın altındaki sıcaklıklarda oluşmaktadır (Dörffling ve ark. 1997). Soğuğa alışmanın ikinci safhasında ABA seviyesinde uzun bir

süre devam eden artış meydana gelmiştir (Dörffling ve ark. yayınlanmadı). Düşük sıcaklıklarda ABA seviyesindeki artışın bitki hücrelerinin oldukça erken tepki vermesinden ve bu tepkiden dolayı artan kalsiyumdan olabileceğine dair bazı araştırmacıların gözlemleri vardır (Dörffling ve ark. 1997). Bundan başka ABA, prolin gibi eriyebilir amino asitlerin oluşumunun tetiklenmesini yaparak donma toleransının gelişmesine açık bir şekilde katkı yapmaktadır (Dörffling ve ark. 1997).

ABA'nın RNA ve buna bağlı olarak protein sentezini yavaşlattığı ve gerilim altında bulunan bitkilerde CO<sub>2</sub> ile birlikte stomaların kapanmasını sağladığına dair önemli bulgular vardır. Yapıpraktan uygulanan düşük konsantrasyonlardaki ABA transprasyonu azaltmaktadır (Kaynak ve ark. 1997).

Bitki hormonlarının soğuğa alışma ve soğuk içerisindeki rolü hakkında çelişkili fikirler vardır. Bazı araştırmacılar (Cowan ve ark.1997, Dörffling ve ark. 1997'den) buğday gibi donmaya toleranslı türlerde soğuğa alışma sırasında ABA seviyesinde geçici artışlar belirlerken, bu bazı araştırmacılar tarafından kabul edilmemiştir (Dallaire ve ark. 1994, Dörffling ve ark. 1997'den ). Soğuğa hassas mısır gibi türlerde de düşük sıcaklıklara bırakıldıklarında ABA seviyelerinin arttığı bulunmuştur (Capell ve Dörffling 1993, Janoviak ve Dörffling 1996, Dörffling ve ark. 1997'den). Bu geçici veya uzun süren artışların düşük sıcaklıklar tarafından direkt olarak mı veya düşük sıcaklıkların neden olduğu su noksanlığı tarafından dolayı olarak mı oluşturulduğu konusu henüz açık değildir. Bu değişikliklerin adaptasyon açısından bir değerlerinin olup olmadığı hala bir sorudur.

### 1.2. Soğuğa alışmada CO<sub>2</sub> (Karbondiyoksit)'in etkisi

Değişik ülkelerden temin edilen 8 çeşit kışlık buğday, bir çeşit kışlık çavdar ve bir çeşit kışlık tritikale ile yapılan denemede, normal atmosfer şartlarında bulunan 350 µmol mol<sup>-1</sup> luk CO<sub>2</sub> oranı ve bunun iki katı olan 750 µmol mol<sup>-1</sup> luk CO<sub>2</sub> konsantrasyonu oranlarındaki şartlarda yetiştirilen bitkiler 24 saat -15 °C lik sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Bu dondurma işlemde yüksek konsantrasyon uygulanan şartlarda, canlı kalan bitkilerin sayısında artış olmuştur. Soğuğa az veya orta dayanıklı çeşitler üzerinde bu etkinin en fazla olduğu, yüksek konsantrasyon şartlarında yetiştirilen bitkilerle normal konsantrasyon şartlarında yetiştirilen bitkiler karşılaştırıldığında yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyon şartlarında sürgün sayısında %75, yaprak alanında %75 ve bitki kuru ağırlığında da %50 artış olduğu belirtilmiştir (Harnos ve ark. 1997).

CO<sub>2</sub> asimilasyon oranlarını ayarlama kışlık çeşitlerin yazlıklardan farkı yüksek sakkaroz fosfat sitaz aktivitesi ile ilişkilidir (Savitch ve ark. 1997, Gutsa ve ark. 1997'den). Normal gaz alış verişinin engellendiği veya CO<sub>2</sub> olmayan ortamlarda yetişen buğdaylarda soğuğa direncin gelişmemesi, özümlemenin soğuğa direnç üzerinde çok önemli bir rolü olduğunu ortaya koymaktadır. Soğuğa direnç

kazanma süresindeki özümlemenin yeterli olması, ilerideki daha soğuk günlerde bitkinin özümleme yapamayacağı sürede kullanacağı yedek besini sağladığından çok önemlidir.

### 1.3. Soğuğa alışmada vernalizasyonun etkisi

Kışlık hububat fidelerinin vernalizasyon derecesi ile donma toleransı derecesi arasında güçlü bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Awdrows 1960, Roberth 1990, Gusta 1997'den, Yıldırım 2003). Ancak Gusta ve ark. (1997) vernalizasyon süresinin uzunluğu ile oluşan donma toleransının seviyesi ve donma toleransının devam ettiği sürenin uzunluğu arasında ilişki olmadığını bildirmişlerdir. Örneğin Puma çavdar çeşidi çok kısa vernalizasyon süresine ihtiyaç duyarken en yüksek donma toleransını vermiştir. Norstar ve Mesa çeşitleri aynı kısa vernalizasyon süresine ihtiyaç duyarken kışa dayanmaları önemli şekilde farklı olmuştur. Kış süresince donma toleransının kaybolması esas olarak sıfırın altındaki sıcaklığın yoğunluğunun bir fonksiyonu olmuştur.

Soğuğa alışmada belirleyici olan ya da alışmaya sebep olan çevre faktörleri kısa fotoperiyotlar ve düşük sıcaklıklardır (Gusta ve ark. 1997). Ancak, düşük sıcaklık yanında rüzgâr ve su stresi gibi etkenler de soğuk toleransının oluşmasında etkili olabilmektedir (Gusta ve ark. 1997).

Özet olarak, kışlık tahılların fidelerinin donma toleranslarının kaybı, sıfırın altındaki toprak sıcaklıklarının yoğunluğu tarafından belirlendiği, vernalizasyonun elde edilen soğuk toleransının seviyesinde ve fidelerin soğuk toleransının devamında önemli bir rol oynamadığı belirtilmiştir. Kışlık bir çavdar çeşidi olan Puma fideleri hem kışlık buğday ve arpa hem de yazlık tahılların fidelerinden daha yüksek sıcaklıklarda soğuğa dayanıklılık gelişimini başlatmakta ve bu nedenle, kışlık çavdarda soğuğa alışmanın tetiklenmesi çevresel şartlara çok hassas olmaktadır.

### 1.4. Soğuğa alışmada doku suyunun etkisi

Rus araştırmacı (Tronova 1965), soğuğa alışmanın her iki döneminde de tarlada yetiştirilen buğdaylarda su içeriği ile soğuğa dayanıklılık arasında bir ilişkinin olduğunu belirtmektedir. Soğuğa alışmanın birinci safhasında azalan suyla dayanıklılığın artması, ikinci safhada maksimum düzeye çıkmaktadır. Burada önemli olan hücredeki suyun miktarı ve suyun fiziksel durumudur. Her iki soğuğa alışma safhasında da bitkideki serbest su bitki hücreleri tarafından bağlanarak, bağlı su durumuna getirilmekte ve bu fiziksel değişim ile birlikte su içeriği soğuğa karşı toleransı artırmaktadır. Bu sonuçlara göre soğuğa dayanıklılıktaki mekanizmada esas olan hücredeki dehidratasyon olayıdır.

Soğuğa alışmanın hem birinci hem de ikinci safhasında kök tacındaki şeker profili değişerek hem basit şekerler (mono ve disakkarit) hem de fruktan (polisakkarit) ilk safha sırasında artmıştır. İkinci safhada, iki buğday çeşidinin de basit şeker içeriği

artmış; fakat sadece kar küfüne tolerans gösteren çeşitte fruktan içeriği artış göstermiştir (Abe ve ark. 1997).

Toplam şeker miktarından çok her çözünebilir komponent dayanıklılığın gelişmesini etkileyebilir. Hücrenin her tarafına, zarlara yakın yerlere dağılmış olan basit şekerlerin (mono ve disakkaritler), çoğu vokuolde lokalize olmuş olan fruktan (polisakkarit)'den donmanın neden olduğu dehidratasyona karşı tolerans için daha etkili oldukları kabul edilmektedir. Bunun aksine, yapılan bir çalışmada, donmayı engelleyen polisakkaritler olduğu tahmin edilmiştir (Olien ve ark. 1986, Abe ve ark. 1997'den).

Sonuçta, bitkiler donma sıcaklıklarına tabi tutulduktan sonra yüksek donma toleransı ve kar küfüne dayanıklılık, düşük su miktarı ve yüksek şeker içeriği ile açıklanabilir (Abe ve ark. 1997). Yine bu sonuçları destekler nitelikteki bir araştırmanın sonucuna göre, ekmeklik buğdayda genotipler ortalaması olarak toplam şeker oranı 49 gün soğuğa alıştırmaya süresine kadar artmış, daha sonra azalmıştır. Ekmeklik buğday genotipleri en yüksek toplam şeker oranına %20.4 ile, arpa genotipleri ise % 15.7 ile 21 gün soğuğa alıştırmaya süresinde ulaşmışlardır. Ekmeklik buğdaylardan toplam şeker oranı en yüksek genotip Norstar (%18.6), toplam şeker oranı en düşük genotipler ise Kırık ve Kırış 66 (%8.4) olmuştur. Arpa genotipleri arasında toplam şeker oranının en yüksek ABVD-4 (%11.5), en düşük Tokak 157/37 (%9.8) olduğu belirlenmiştir. Ekmeklik buğdayda bünyesinde en fazla indirgen şeker bulunduran genotip Bezostaja-1 (%6.8) en düşük indirgen şeker biriktiren genotip ise Kırık (%3.1) olmuştur. Arpada ise en fazla indirgen şeker oranına Husdan (%5.0), en düşük ise ABVD-4 ve ABVD-6 (%3.7) genotipleri sahip olmuştur. Genotipler ortalaması olarak en yüksek sakkaroz oranı ekmeklik buğdayda 49 gün (%11.8), arpada ise 35 gün soğuğa alıştırmaya süresinde (%8.0) belirlenmiştir. Ekmeklik buğdaylardan Norstar (%12.2) en fazla, Kırış-66 ve Kırık (%4.9) en az sakkaroz oranına sahip genotipler olmuştur. Arpada ise en yüksek sakkaroz oranı ABVD-4 (%7.4), en az ise Tokak 157/37 ve Krusewak 1 genotiplerinde (%5.5) saptanmıştır (Yıldırım 2003).

## 2. BAZI MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİN KIŞA DAYANIKLILIK İLE İLİŞKİLERİ

Serin iklim tahıllarında kışa ve kurağa dayanma ile kök sisteminin derinliği arasında olumlu bir ilişki vardır. Köklerini derine indirebilme bakımından serin iklim tahılları çavdar, buğday, yulaf ve arpa biçiminde sıralanabilirler. Yulafta, kök sisteminin derin olması, genetik bir özellik olması yanında fazla su tüketimi ile de ilgilidir. Soğuk mukavemetindeki sıralama çavdar, buğday, arpa ve yulaf şeklindedir. Kışık çeşitlerde ve kışık şartlarda köklerin derinlere inmesi fazla, yazlık ekimlerde ve sulanan tarlalarda ise azdır. Tahıllarda kök gelişmesi toprakta nem miktarı ve toprak havalanması gibi koşullardan etkilenip değişkenlik

gösterebilir (Kün ve Şehirli 1977, Adak ve Eser 1992, Tulukcu ve Göçmen 1996'dan).

Kışa girerken 3–4 yapraklı olması istenen buğdayda aynı zamanda derin ve iyi gelişmiş sağlıklı bir kök sistemi de istenmektedir. Çünkü toprak üstü organların büyümesi kök sisteminin fonksiyonuna bağlıdır. Kış öncesi büyüme ve gelişme derecesi soğuğa dayanıklılık bakımından önemlidir.

Arpanın kış öncesi gelişmesinde kök uzunluğu, kök tacı derinliği, kök tacı yaş ve kuru ağırlığı ile nem oranının soğuğa dayanıklılık ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir (Adak ve Eser 1992, Tulukcu ve Göçmen 1996'dan). Kök tacı kuru ağırlığı çeşitlerin kıştan çıkışı oranıyla çok önemli ve olumlu, bitkinin kök tacındaki nem oranı ise soğuğa dayanıklılıkla önemli ve olumsuz ilişkiler göstermiştir. Bu nedenle bitkilerin kök tacı ile düşük sıcaklıklara dayanıklılık arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmacıların çoğunluğu kök tacı dokusunun yapısını önemli bir kriter olarak ele almışlardır.

### 2.1. Kardeşlenme derecesi

Kardeşlenmeye ilişkin morfolojik oluşumlar tahıl bitkisinin kök tacında meydana gelir. Kardeşlenme yüksek ışık yoğunluğu ve besin maddeleri tarafından olumlu şekilde etkilenir. Friend (1996)'e göre 25 °C de kardeşlenme maksimum olmakta, ancak bunun tersine Rawson (1971) ise daha düşük sıcaklıklarda kardeşlenmenin daha fazla olduğunu belirtmiştir (Tulukcu ve Göçmen 1996).

Kardeşlenme ve çimlenme, çıkışın düşük olduğu, dolu ve don gibi elverişsiz şartların hüküm sürdüğü ortamlarda önemlidir. Ancak kardeşlerin verimi ana sapa göre düşük olduğundan populasyon sıklığındaki azlık telafi edilse bile verim tam anlamıyla karşılanamaz (Sade 1995, Tulukcu ve Göçmen 1996'dan).

Erken ekimde kardeşlenme oranı geç ekime göre daha fazladır. Erken gelişme devresinde görülen soğuk zararının etkileri daha sonraki dönemlerde yeni kardeşlerin oluşumu ile telafi edilebilir. Fakat geç dönemdeki zararın etkilerinin giderilmesi mümkün değildir. Ancak kardeşlenme devresinde yaprak sararması ve kurumaması şeklinde oluşan soğuk zararının etkisi ileriki dönemlerde yeni yaprakların ve kardeşlerin oluşumuyla giderilebilir.

### 2.2. Yaprak karakterleri

Yaprakları koyu renkli ve tüylü, dar ve küçük, stoma hücreleri ve stoma çapları küçük olan çeşitler soğuğa karşı genellikle dayanıklıdır. Yapraklar küçüldüğü oranda birim yaprak alanındaki hücre ve stoma sayısı artacağından birim alanda yapılan transpirasyon artar, hücre suyu daha yoğun olur. Bu gibi hücrelerde hücre suyunun donma sıcaklığı düşer dolayısıyla soğuğa dayanımı artar.

Yaprak renginin koyuluğu palisat hücrelerinin küçüklüğü ile ilgilidir. Bu hücrelerdeki klorofil daneleri sayısı cinslere özel olup, hücre küçüldükçe birim yaprak yüzeyindeki klorofil sayısı artar ve renk

koyulaşır. Genellikle koyu renkli çeşitlerdeki hücre suyu, yoğunluğu ve hücre zarı kalınlığı fazladır. Bu nedenle koyu yeşil yapraklı çeşitler, açık yeşil yapraklı çeşitlere oranla kışa daha dayanıklıdır.

Kışa dayanıklı çeşitlerde (kardeşlenme ve sapa kalkma öncesi dönemde) yapraklar yatık, yazlık çeşitlerde ise dikdir. Sapa kalkmanın başlamasıyla bütün tipler dikleşirler.

### 2.3. Bitki boyu

Dencic ve ark. (1997), 18 ülkeden temin edilen 102 buğday genotipi ile soğuk odasında 42 saat -15 °C ve arkasındanda 96 saat -17 °C de bekletilerek yaptıkları bir çalışmanın sonucuna göre, soğuğa dayanıklılık ile erkencilik arasında negatif önemli ve soğuğa dayanıklılık ile bitki boyu arasında pozitif korelasyon belirlemişlerdir.

### SOĞUK ZARARININ FENOLOJİK SEYRİ

Ekim tarihinin soğuğa direnç üzerinde etkili olduğu kesin olarak bilinmektedir. Erken ekilen buğdaylar aşırı gelişerek soğuğa daha duyarlı hale gelirler ve soğuktan daha fazla etkilenirler. Konya'da sulu şartlarda 1990–1992 yılları arasında sekiz arpa çeşidi ile on farklı ekim zamanında yapılan bir çalışmada, 21 Eylül–19 Ekim tarihleri arasında yapılan ekimlerde daha yüksek kıştan çıkış oranı ve dane verimi elde edilmiştir. Geciken ekim kıştan çıkış oranını ve dane verimini olumsuz yönde etkilemiş ekim zamanının gecikmesiyle ortalama %41.69 oranında verim kaybı olmuştur (Topal 1997).

Derin ekilen buğdayların soğuk zararından daha

fazla etkilendikleri ve soğuklardan sonra sağlıklarına kavuşamadıkları belirlenmiştir. Bu durum yüzlek ekilen bitkilerde yüzlek oluşan kök tacının derin ekilenlere göre daha kısa sürede soğuğa direnç kazandığı şeklinde izah edilmektedir.

Sonbahar veya kış süresince buğdayda gelişen soğuğa direnç havaların ısınmasıyla yok olur. Bundan sonra tekrar havaların soğuması halinde bitkiler zarar görebilir. Aynı gelişme devresindeki farklı çeşitlerin soğuğa dayanma reaksiyonlarının pek farklı olmayışı soğuğa direncin çeşit (genotip)'ten ziyade bitki gelişme devresiyle ilgili olduğunu göstermektedir.

Yetiştiricilikte yüksek sıcaklıktan daha çok düşük sıcaklıklar ve donma olumsuz etki yapabilir.

Düşük sıcaklıklarda gelişme yavaş olup, düşük sıcaklıklar dondurucu düzeyde olduğu zaman genç dokular ciddi zarar görür. -5 °C nin altındaki ani sıcaklıklarda bitki ölebilir. Sonuçta ard arda gelen iki veya daha fazla don; başak çıkarma zamanından döllenme ve dane doldurma başlangıcına kadar ki süre içinde ciddi olumsuz sonuçlara neden olabilir. Bitkiler için bir gecelik kısa süreli soğukta hücreler yenilenebileceği için etkileyici olmayabilir ancak bu durum bir kaç gün devam ederse bitki ölebilir.

Sıcaklık -5 °C ye düştüğünde filizler ölebilir. Bu problem gece ve gündüz sıcaklığının yüksek olduğu ve yüksek rakımlı yerlerde meydana gelir. Yapraklar çakmak renginde genişlerler ki bunlar donmanın belirtisidir. İleride bunlar yaşlı yapraklar gibi görünürler. Kanbertay (1997)'in bildirdiğine göre; buğdayın gelişme devrelerine göre soğuk zararına neden olabilecek ısı dereceleri ve soğuk zararının belirtileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Buğdayın gelişme devrelerine göre soğuk zararına neden olabilecek ısı dereceleri ve soğuk zararının belirtileri .

Gelişme devresi	Sıcaklık °C (2 saat)	Soğuk zararının belirtileri	Zarar derecesi
Kardeşlenme	-11	Yapraklarda sararma, uç yanıklığı, tarlada mavimsi görünüş, silaj kokusu.	Az-orta
Sapa kalkma	-4	Yaprak sararması ve yanıklığı, büyüme konisinin ölümü, sapların bükülüp-yatması, silaj kokusu.	Orta-çok
Kın	-2	Büyüme konisinin ölümü, çiçek kısırlığı, başakların kında sıkışması, sapların alt kısımlarında ve yapraklarda renk bozulması.	Çok
Başaklanma	-1	Çiçek kısırlığı, beyaz kılçık veya beyaz başaklar, sapların alt kısımlarında zarar, yapraklarda renk bozuklukları.	Çok
Süt olum	-2	Beyaz kılçık veya beyaz başaklar, yapraklarda renk bozuklukları, buruşuk-bozuk renkli daneler.	Orta-çok
Hamur olum	-2	Buruşuk-bozuk renkli daneler, çimlenme düşüklüğü	Az-orta

Ortaya çıkabilecek zararın yalnızca ısı derecelerine bağlı olmadığı ve tek başına Çizelge 1'e bakarak zarar tahmini yapmanın mümkün olamayacağı unutulmamalıdır. Soğukun süresi, ısının düşme hızı, bitki gelişme devresi ve tarlanın konumu zarar derecelerini etkileyen başlıca faktörlerdir. Don öncesi sıcak hava, bol azot ve su gibi bitki

gelişmesine elverişli koşullar soğuğa duyarlılığı artırır. Her gelişme devresine özgü belirtilerin bilinmesi soğuk zararının derecesinin belirlenmesinde ve zararın etkilerini tahminleme ve önlem almada yardımcı olabilir. Kardeşlenme devresinde yaprak morarması, sararması ve kurumması şeklinde görülen soğuk zararı bitki gelişimini yavaşlatır. Ancak havanın

ısınamasıyla birlikte zararın etkisi giderilebilir. Büyüme konisinin toprağa yakın oluşu nedeniyle soğuktan fazla etkilenmediği bu devrede soğuk zararının olumsuz etkileri diğer gelişme devrelerine göre daha azdır.

Sapa kalkma devresinde soğuk zararı belirtileri kardeşlenme devresine benzerlik gösterir. Zarar arttıkça bitkiler sarı, beyaz veya esmer renkte suda haşlanmış gibi görünüş alırlar. Sapların alt kısımlarında görülen halka şeklinde kararmalar ve kırılmalar zararın büyük olduğunun belirtileridir. Bu devrede görülen orta şiddetli soğuk zararları giderilebilir, ancak ağır zararlar ilerde verim kayıplarına ve sap zayıflığı nedeniyle hasatta zorluklara neden olabilir.

Kın devresinde yani başakların sap içinde olduğu devrede soğuk zararının etkisi büyüme konisinin ölmesine neden olabileceği için önemlidir. Bu devrede çok kısa bir süre donma noktasına yakın ısı derecelerine maruz kalan bitkiler normal görünüşlü olmasına rağmen ileride kısırlık ortaya çıkabilir. Böyle zarar gören bitkilerde başak kavuzları açık olur. Normal anterler yeşil-sarı renkte ve canlı görünüşte olurken soğuk zararına uğramış anterler soğuk zararını takip eden günlerde beyaz pörsümüş görünüş alırlar.

Orta-ağır şiddetli zararlarda sapların bükülüp kırılması şeklinde görülen olumsuzluklardan sonra oluşacak yan sürgünler normal olgunluğa erişemeyeceğinden zararın etkisi giderilemez.

Başaklanma devresinde görülen soğuklar polen kısırlığı yanında kılıçıklarda ve başaklarda meydana getirdiği beyazlıklarla da etkisini gösterir. Ayrıca başağın 3–5 cm altında açık yeşil veya beyaz renkli don halkası oluşabilir. Bitkinin normal gelişmesini ve dane doldurmasını engellemeyen bu halka hasat öncesi veya hasatta başakların düşmesine neden olarak verim kayıplarına yol açar.

Başak çıkışından itibaren dane doldurma boyunca şerit veya gruplar halinde oluşan boş başaklar don zararından olabilir. Yine aynı şekilde dane doldurmamış koyu renkli (hatta bazen siyah renkli bile olabilir) başaklar çiçeklenme ve dane doldurma başlangıcındaki ard arda gelen soğuklardan olabilir. Yazlık buğdaylarda subtropik iklimlerde ve yüksek rakımlı yerlerde üç veya daha fazla gece sıcaklıkları don olmadan ard arda gelen 5 °C nin altındaki sıcaklıklarda bu sonuç görülebilir. Tamamen açmış çiçeklerdeki anterler buruşuk ve pörsük; parsellerde bir iki boş başak mevcut diğer bitkiler sağlam ise don zararını olabilir. Ancak belirtilerinin benzerlik gösterdiği bor toksiditesi ile karıştırılmamalıdır.

Normalde danelerin çiçeklenmeden 12–14 gün sonra belirginleşip, 3–4 hafta sonrada maksimum boyuta ulaşması gerekir. Dane dolumundan sonra hava soğumuş ve dane gelişmesi durmuş ise bu devrede soğuk zararı olmuş demektir. Süt olum devresi olarak adlandırılan bu devrede soğukların fazla zarar yapmadığı devrelerde dane gelişmesi devam eder fakat daneler normalden hafif olur. Bu devredeki zarar dane dökmeye ve çimlenme düşüklüğüne neden olabilir.

## BAZI BİTKİ BESİN MADDELERİNİN SICAKLIKLA ETKİLEŞİMLERİ

Bitkinin gelişme evreleri, yaprak üretimi ve sap sayıları üzerine diğer komponentlerle beraber sıcaklığın çok önemli etkileri vardır. Buğdayın gelişme dönemlerinden çıkıştan çift halka döneminde, çiçeklenme ve olgunlukta en büyük etki sıcaklıktır.

Yüksek sıcaklık zararlanması su stresi ile de ilişkilendirilir. Bitkiler transpirasyona devam edebildiği sürece yüksek sıcaklığın üstesinden gelebilir. Hava sıcaklığı 40 °C ye çıktığı zaman yeterli suyla ürün alınabilir; ancak kısıtlı suyla yapraklar ölecektir. Bu sebepten dolayı bitkiler su stresinde stomalarını kapayarak suyu muhafaza ederler ve böylece bitkide evaporatif bir serinleme olur, serinlemesiz yaprakların sıcaklığı 50 °C ye çıkabilir. Bu sıcaklıkta bitkilerin canlılığını devam ettirmeleri mümkün olmaz. Fide dönemindeki bitkiler çok sıcak kuru topraklarda bu kritik sıcaklıklara kolayca ulaşırlar.

Bitki besin maddeleriyle soğuğa direnç arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda elde edilen ortak kanı; fazla gelişmeye neden olacak düzeyde uygulanan azotun soğuğa direnci azalttığı, buna karşın hücrede karbonhidrat birikimini olumlu yönde etkileyerek hücre özsu konsantrasyonunu artıran fosforlu ve potasyumlu gübrelerin ise soğuğa direnci artırdığı yönündedir (Sencar ve ark. 1993). Azot bakımından fakir topraklarda ise sonbaharda uygulanan azotla bitkideki serbest şeker soğuğa direnci artırmakta fakat azot yönünden yeterli topraklarda yapılan aynı uygulama serbest şeker oranını düşürmektedir. Tek başına N kök tacında toplam aspartik asidi artırmakta ve bu da bitkinin soğuğa dayanıklılığını azaltmaktadır. Fakat fosfor ilavesi ile bu etki dengelenmektedir (Fowler ve Gusta 1982). Bununla birlikte topraktaki eksik fosforu tamamlamak soğuğa dayanıklılığın limiti olmayabilir.

Barutçular (1999) Adana' da yaptığı bir çalışmanın sonucuna göre; buğdayda sapa kalkma başlangıcında -6 °C ye düşen sıcaklıklarda yapraklar, dondan zarar görerek kurumakta, başak taslağı beyazlaşarak ölebilmekte, başak taslağı tamamen ölmüş saplar ise sonraki günlerde sararak kurumaktadır. Bu şartlarda dondan zarar görmüş, ancak bitkilerin tamamının ölmediği durumdaki bitkilere mikro ve makro besin içerikli bir yaprak gübresi ve GA3 (gibberellik asit) yapraktan püskürtülerek verilmiş, verim artışı yönünden zarar görmüş kontrole göre herhangi bir iyileştirme sağlanamamıştır. Aynı çalışmada bitki örtüsünden kurumuş yaprakların ana sapın üst yapağının yakacık hizasından kesilerek 8 kg/da azotlu gübrenin parsellere uygulanması ile verimde, zarar görmüş kontrole göre %30 luk bir iyileşmenin sağlandığı belirtilerek, aynı durumdaki yaprak uygulamalarında da bir iyileştirmenin sağlanmadığı rapor edilmiştir.

Vitaminler enzim reaksiyonlarında katalitik etkiye sahiptirler. Bitki gelişme devresiyle soğuğa dayanma arasında ters bir ilişki vardır. Bitkiler büyüdükçe soğuğa daha hassas olurlar. Büyümeyi yavaşlatıcı hormonlardan olan maleik asit ve CCC

(Klorkoliklorür) ile yapılan çalışmalarda bu hormonların soğuğa direnci artırdığı belirlenmiştir (Tulukcu ve Göçmen 1996).

Bor (B): İngiltere’de, biri soğuğa toleranslı fakat bor eksikliğine hassas (Annapurna–3) ve diğeri soğuğa hassas fakat bor eksikliğine orta dayanıklı (NL–683) olan iki yazlık buğdayla (soğuk uygulamalı (gece/gündüz; 8/2 °C) ve soğuk uygulamaz; 20 µM B L<sup>-1</sup> bor uygulamalı besin ortamında) yapılan bir çalışmanın sonucuna göre; düşük sıcaklık bitkilerin Bor’a tepkisini önemli oranda azaltmış, soğuğa hassas olan NL 683 çeşidine yapılan soğuk uygulamasıyla bitkideki bor birikimi azalmıştır (Subedi ve ark. 1998).

Toprak bitki sisteminde bor alımının iyonize olmamış borik asitin alımı ve bor’un transprasyon sistemi içerisinde pasif hareketini ihtiva eden fiziksel bir olay olduğu tartışmalı olmasına rağmen (Mengel ve Kirby 1987), bu konuda önemli kanıtlar vardır (Kohl ve Oertli 1961, Oertli 1963, Lovatt 1985, Moraghan 1991’den). Sonuç olarak sıcaklık ve bor’un alımı arasındaki ilişki muhtemelen karmaşık olup, transprasyon oranı üzerindeki kök ve hava sıcaklıklarının etkisiyle olmaktadır.

Besin çözeltisi çalışmasında sıcaklık artışı arpa köklerinde B konsantrasyonunu artırmamıştır. Fakat sıcaklık arttıkça bitkinin uç kısımlarında B konsantrasyonu da oldukça yüksek bulunmuştur (Vlamis ve Williams 1970, Moraghan ve Mascagni 1991’den). Köke göre bitki uçlarındaki yüksek konsantrasyon transprasyon oranı üzerinde sıcaklığın etkisi ile ilişkilendirilmiştir. Başka bir besin çözelti çalışmasında arpada bor’un alımı kök sıcaklığından daha çok hava sıcaklığından etkilenmiştir (Oertli 1963, Moraghan 1991’den).

Mısır bitkisinde yapılan bir çalışmada toprak sıcaklığı 10 °C’den 20 °C’ye çıkartıldığında su kullanımında yaklaşık 9 kat, kök ve sürgün kuru madde birikiminde 7 kat artış olmasına rağmen sürgünlerin bor alımında çok az bir artış olduğu belirtilmiştir (Walker 1969, Moraghan 1991’den). Toprak sıcaklığı 20 °C’den 30 °C’ye çıkartıldığında kuru madde birikimi ve su kullanımı yaklaşık iki kat artarken B alımı yaklaşık 10 kat artmıştır. 12–20 °C arasındaki sıcaklıklarda alımı az olan B miktarını bu verilerle açıklamak oldukça zordur. Walker (1969), Moraghan, (1991’den), B alımı toprak sıcaklığı ilişkisinin; Fe, Mn, Cu ve Zn’nun da aralarında bulunduğu 16 elementten oldukça farklı olduğunu belirtmiştir.

Bakır (Cu): Bakır alımı bitkiler tarafından muhtemelen metabolik olarak kontrol edilmektedir (Boven 1987, Mengel ve Kirby 1987, Moraghan 1991’den). Graham (1981), Moraghan (1991’den) kök serbest bölgesinde tutulan bakır’ın köke alımının zor olmasını açıklamanın zor olduğunu belirtmiştir. Toprak sıcaklığı, toprakta organik olarak bağlı bulunan bakır’ın bitkiler tarafından alımını etkileyebilir. Toprakta organik olarak bağlı bulunan bakır hem çözünebilir hem de çözünemez halde bulunur (Stevenson ve Fitch, 1981, Moraghan 1991’den). Taşınma ve taşınmama reaksiyonları şüphesiz

sıcaklığa bağlı olup topraktaki bakırın çözünürlüğünü etkiler fakat bunun nasıl olduğu anlaşılammıştır.

Serada asitli organik toprakta bakır ilaveli ve bakır ilavesiz yetiştirilen havuç bitkisinde toprak sıcaklığı 8 °C’de ve 20 °C’deki her iki uygulamada da bakırın alımı artmamıştır (Macmillen ve Hamilton 1971, Moraghan 1991’den). Yapılan fitotron denemesinde kuru maddede 572 mg Cu Kg<sup>-1</sup> bakır içeren sıvı ahır gübresinden 60 ton ha<sup>-1</sup> uygulama ile yetiştirilen marul bitkisinin uçlarındaki bakır birikimine sıcaklıkların etkisi çok az olmuştur (Siriratpiriya ve ark., 1985, Moraghan, 1991’den). Dowdy ve Larson (1975), Moraghan (1991’den) tarafından serada, kireçli ve asitli topraklara uygulanan sıvı ahır gübresi denemesinde arpanın bakır alımı kayda değer bulunmamıştır. Toprak sıcaklığı 16 °C’den 35 °C’e çıkartılan tarla denemesinde mısır dokusundaki bakır konsantrasyonu sürekli olarak etkilenmemiştir (Sheaffer ve ark. 1979, Moraghan 1991’den).

Demir (Fe): Toprak sıcaklığının düşük ya da yüksek olması toprak neminin gereğinden fazla bulunması tarla koşullarında bitkilerin demir alımını olumsuz etkilemekte ve bu nedenlerden dolayı bitkilerde demir noksanlığı belirtileri görülmektedir. Bitkilerde aktif absorpsiyon ile gerçekleşen demir alımında ve köklerden tepe organlarına demirin taşınmasında gerekli olan metabolik aktivite üzerine sıcaklık önemli etki yapmaktadır. Genel demir stresi mekanizması demir alımına sıcaklığın etkisi, demir alım mekanizması Strateji 1 olarak tanımlanan bitkilere göre Strateji 2 olarak tanımlanan bitkilerde göreceli olarak daha azdır (Römheld ve Marschner 1986b, Moraghan 1991’den).

Su miktarı yüksek olan topraklarda CO<sub>2</sub> birikimi, sıcaklığın demir alımı üzerindeki olumsuz etkisini artırmaktadır. Yüksek toprak sıcaklığında demir alımındaki azalma, bitkilerde solunum oranının artmasına ve metabolik işlev için enerji kaynağı olan fotosentez ürünlerinin köke yeteri kadar taşınmamasına dayandırılarak açıklanmıştır (Bennet ve ark. 1988, Moraghan 1991’den). Demir eksikliği bitki metabolizmasına, topraktaki diğer elementlerin durumlarına ve bitkinin büyüme dönemlerine göre farklı olmaktadır (Ranheld ve Marscher 1986, Moraghan 1991’den).

Avrupa’nın bir bölümünde yetiştirilen üzümde, demir eksikliğinden dolayı oluşan saramaların asmanın büyüme döneminde oluşan soğuklar ve nemlilikten dolayı oluştuğu belirtilmiştir. Burada esas neden düşük toprak sıcaklığında kök büyümesinin engellenmesi ve kök aktivitesinin azalmasıdır (Romheld ve Marscher 1985, Moraghan 1991’den).

Değişik araştırma sonuçlarına göre toprak sıcaklığının bitkilerde demir alımını azaltması ve bunun bir sonucu olarak demir eksikliği belirtilerinin ortaya çıkması şu şekilde açıklanmaktadır:

Düşük toprak sıcaklığı, kök büyümesini olumsuz etkilemesi yanında köklerde metabolik aktiviteyi ve buğdaygil olmayan bitkilerin demir stresine dayanıklılıklarını azaltır (Marschner ve ark. 1986 b, Moraghan 1991’den).



Düşük toprak sıcaklığı, buğdaygillerde fitosideroforların (mugineik ve avenik asitler gibi protein olmayan amino asitler) daha az salgılanmasına ve buna bağlı olarak demirin daha az mobil şekle dönüştürülerek demir alımının azalmasına neden olur.

Yüksek toprak sıcaklığı, fitosideroforların mikrobiyolojik parçalanmalarına ve buna bağlı olarak buğdaygillerde demir alımının azalmasına neden olmaktadır (Awad ve ark. 1988, Moraghan 1991'den).

Düşük toprak sıcaklığı, toprak çözeltisinde  $\text{HCO}_3^-$  konsantrasyonunun ve  $\text{CO}_2$  çözünürlüğünün artmasına dolayısıyla demir alımının azalmasına neden olur (Inskeep ve Bloom 1986, Moraghan 1991'den).

Yüksek toprak sıcaklığı, mikrobiyal aktivitenin artmasına dolayısıyla daha fazla  $\text{CO}_2$  ve  $\text{HCO}_3^-$  oluşmasına neden olarak Fe alımının azalmasına yol açar (Inskeep ve Bloom, 1986, Moraghan 1991'den).

Yüksek toprak sıcaklığı, organik fosfor bileşiklerinin parçalanarak (mineralizasyon) inorganik fosfor bileşiklerinin oluşumunu artırmaktadır (Kaçar ve Katkat 1998). Bu durumda fosfor iyonları ortamdaki demirle birleşerek demirin alımının azalmasına neden olmaktadır (Kaçar ve Katkat 1997).

Yüksek toprak ve hava sıcaklıkları, bitkilerde büyüme oranının göreceli olarak daha fazla artmasına, dolayısıyla bitki tarafından alınan demir miktarının bitkinin ihtiyacının altında kalmasına neden olur (Inskeep ve Bloom 1986, Brown 1956, Moraghan 1991'den).

Manganez (Mn): Mangan alımının genellikle metabolik kontrol altında olduğu kabul edilmektedir (Moore 1972, Moraghan 1991'den). Böylece düşük kök sıcaklıklarında mangan alımı azalmaktadır. Düşük sıcaklıklarda Mn eksikliğinin artması, Mn alımının azalmasını kısmen de olsa açıklamaktadır. Bu nedenle, sıcaklık topraktaki manganın çözünmesini etkileyerek bitkinin mangan alımında rol oynamaktadır.

Reid ve Racz (1985), Moraghan (1991'den) toprak sıcaklığının  $10^\circ\text{C}$  den  $25^\circ\text{C}$  ye çıkartıldığı şartlarda organik toprakta yetiştirilen arpanın uç kısımlarında Mn birikiminin yaklaşık üç kat arttığını belirtmişlerdir.

Topraktaki Mn'a sıcaklığın etkileri oldukça karmaşıktır. Toprakta çözünebilir ve çözünemez olarak bilinen Mn sıcaklıktan önemli derecede etkilenmektedir (Marshner 1988, Moraghan 1979, Moraghan 1991). Mn ( $\text{MnO}_2$ )'ın çözünürlüğünde etkili olduğu bilinen kök salgılarının toprağa bırakılması muhtemelen sıcaklığa bağlıdır (Bramfield 1958, Moraghan 1991'den).  $0.2 \text{ mg kg}^{-1}$  FeEDDHA-Fe uygulanan kireçli topraklarda yetiştirilen Anoka soya fasulyesinin Mn konsantrasyonu, toprak sıcaklığı  $15^\circ\text{C}$  den  $24^\circ\text{C}$  ye çıkartıldığında  $59 \text{ mg kg}^{-1}$  den  $126 \text{ mg kg}^{-1}$  e çıkmıştır (Moraghan 1985, Moraghan 1991'den).

Sıcaklık Mn'in toksit etkilerini de artırmaktadır. Artırılan sıcaklık şartlarında yetiştirilen arpa bitkisinde Mn toksitesi görülmüştür (Williams ve Vlana 1957, Moraghan 1991'den).

Molibden (Mo): Molibden alımının metabolik kontroller altında olmasına dair deliller olmasına rağmen toprak sıcaklığı molibden eksikliğinin şiddeti veya bulunma miktarı da az bir etkiye sahip olmuş gibi gözükmektedir (Moore 1972, Moraghan 1991'den). Asit topraklarda yüksek sıcaklıklarda  $\text{MoO}_4^{2-}$  ün fiksasyonu önem arz etmekte ve bu molibdenli gübre ilavesinin etkisizliği uzun dönemde etkili olabilmektedir (Barrow ve Shaw 1974, Moraghan 1991'den).

Toprakta haddinden fazla  $\text{NO}_3^-$ -N (nitrat) olduğu zaman buğday yetiştiriciliğinde toprakta daha fazla molibden ihtiyacı olmaktadır (Freny ve Lipsett, 1965, Moraghan, 1991'den).  $\text{NO}_3^-$ -N alımı düşük toprak sıcaklığı tarafından baskı altında tutulduğu için nitrat-Mn etkileşimi sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir (Williams ve Vlamis 1962, Moraghan 1991'den).

Çinko (Zn): Domates bitkisi ile yapılan bir çalışmaya göre (Martin ve ark. 1965, Moraghan 1991'den).

➤ Düşük toprak sıcaklığında daha şiddetli çinko eksiklik belirtileri olmuştur.

➤ Potansiyel ürün miktarı yüksek sıcaklıkta daha yüksek olsa da, yüksek toprak sıcaklığında yapılan çinko gübrelemesiyle bitkide ürün artışı beklenenden daha az olmuştur.

➤ Düşük toprak sıcaklığında verilen fosfor beklenenden daha çok çinko eksikliğine sebep olmuştur.

➤ Çinko konsantrasyonu ve çinko alımının her ikisi de yüksek toprak sıcaklığında artmıştır.

(Edwards ve Kamprath (1974), Moraghan (1991'den) mısır bitkisinde yapılan gübre çözelti çalışmasında; düşük kök sıcaklığında, köklerden taşınmanın az olmasından dolayı bitkide çinko birikiminin az olduğunu bildirmişlerdir. Bauer ve Liindsay (1965), Moraghan (1991'den) mısır ekiminden sonraki düşük toprak sıcaklığının bitkideki çinko eksikliğinin şiddetini azalttığını belirtmişlerdir. Aslında toprak çinkosunun kullanılabilirliğinin düşük toprak sıcaklıklarında daha az olması buna işaret etmektedir. Daha düşük toprak sıcaklıklarında kök büyümesinin azalması çinko alımını kısıtlamaktadır (Bursleson ve ark. 1971, Moraghan 1991'den).

Yaprak besin alımı, toprak sıcaklığı yerine hava sıcaklığını tercih ettiği için, yaprak gübrelemesinin soğuk iklimlerde ürün için özellikle verimde etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Sutcliffe 1971, Moraghan 1991'den). Bununla birlikte hassas ürünlerde toprağın erken dönemde çinko ile gübrenmesi çinko eksikliğine mani olmaktadır.

Çinko ve diğer elementlerin alımında mikoriza ile köklerin ilişkisinin olduğuna inanılmaktadır (Bowen ve ark., 1984, Gerdeman 1975, Moraghan 1991'den). Düşük toprak sıcaklıklarında bitki köklerinde kın, kılıf uzaması ve yayılması ile misel demetleri halinde kökü çevreleyerek toprağa girip bitkiyle ortak yaşayan vesicular-arbuscular (VA) mikoriza (fungus) grubunun yaptığı enfeksiyon şiddetli bir şekilde azalmaktadır (Hayman, 1974' den Moraghan, 1991). Bu yüzden azalan VA mikorizal enfeksiyon çinko eksikliklerine sebep olan düşük toprak sıcaklığıyla ilişkili olabilir. Fosfor birikimi yüksek olan topraklarda VA mikorizal

gelişim azaldığı için herhangi bir ilişki muhtemelen karmaşık olacaktır (Tinker 1980, Moraghan 1991'den). P-Zn interaksiyonunda mikorizanın yakın ilişkisi ve mikoriza enfeksiyonu çinko eksikliğine fosforun sebebiyetle musallat olduğu, buğday bitkisinde ürün azalmasının olduğu şüphesini bildirmişlerdir Singh ve ark., (1986), Moraghan (1991'den).

Angiospermilerin (kapalı tohumlu bitkiler) köklerinde phytochelatin'ler bulunmuştur (Glütenin türevleri ve bunlar çinko içeren ağır metallere oluşabilmektedirler.) (Grill ve ark. 1985, Robinsen ve Jackson 1986, Moraghan 1991'den). Çevresel faktörlerden, özellikle sıcaklık phytochelatin üretimi için gereklidir. Benzer şekilde buğdaygil bitkilerinde fitosideroforların üretiminde sıcaklığın etkisinin belirlenmesi için ilave çalışmalar gerekmektedir (Takagi ve ark. 1984, Moraghan 1991'den). Bu bahsedilen özellikler Fe alımı için de geçerlidir (Romheld 1987, Moraghan 1991'den).

## SONUÇ

Hububatın soğuktan zarar gördüğü yetiştirme sezonlarında, bitkilerin gelişme dönemine göre soğuğun şiddeti ve süresi, hububatın türüne göre tamamen bitki ölümleri yanında yaprak deformasyonları ve başak sterilitesi şeklinde zararlanmalar oluşturmaktadır. Her türlü zararlanma şeklinde de verimde az-çok veya çok önemli kayıplar meydana gelmektedir. Bununla birlikte bitki besin elementlerinin uygun veya uygun olmayan (eksik veya fazla) kullanımı soğuk zararlanmalarına dolaylı etkiler yapmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abe J, Yoshida M (1997) Influence Of Water and Air Temperature On Cold Hardiness Of Wheat. Cereal Adaptation To Low Temperature Stress In Controlled Environment, Hungary.
- Aran A, Kıvanç F (1989) Konya ve Aksaray Ovası Koşullarında Buğday ve Arpanın Azot – Su İlişkileri ve Su Tüketimi. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Konya Araştırma Enstitü Müdürlüğü Yayınları; Genel Yayın No: 131, Rapor Serisi No: 105, Konya.
- Barutçular C (1999) Çukurova Koşullarında Don Zararına Uğramış Buğdaylarda Bazı Kültürel Uygulamaların Verim Oluşumuna Etkileri. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi Cilt 1 Genel ve Tahıllar, Adana.
- Dencic S, Przulj N, Mladenov N, Kobiliski B, Vapa L (1997) Cold Tolerant, Earliness And Stem Height In Wheat Genotypes Of Different Origin. Cereal Adaptation To Low Temperature Stress In Controlled Environment; Hungary.
- Dörffling K, Abromeit M, Capell B, Janowiak F (1997) Acclimation To Chilling And Freezing Stress: Involvement Of Abscisic Acid. Cereal Adaptation To Low Temperature Stress In Controlled Environment; Hungary.
- FAO (2004) www.fao.org.
- Fowler DB (1979) Selection for winter hardiness in winter wheat. II. Variation within field trials. Crop. Sci. 19: 773–775.

- Fowler DB, Gusta LV (1982) Fall growth and cold acclimation of winter wheat and rye differentially fertilized with phosphorus. Argon. J. 74:593–540.
- Gusta LV, Fowler DB, Tyler NJ (1982) Factors influencing hardening and survival in winter wheat. Pages 23–40 in P.H.Li and A.Sakai, eds. Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Vol. II. Academic Press, New York. NY.
- Gusta LV, Wilen R, Fu P, Robertson AJ, Wu GH (1997) Genetic and Environmental Control Of Winter Survival Of Winter Cereals. Cereal Adaptation To Low Temperature Stress In Controlled Environment, Hungary.
- Harnos H, Veisz O, Meszaros K, Tischner T (1997) Effect Of Concentration On The Development Of Young Winter Cereals In The Phytron. Cereal Adaptation To Low Temperature Stress In Controlled Environment, Hungary.
- Kaçar B, Katkat AV (1997) Tarımda Fosfor, Bursa.
- Kaçar B, Katkat AV (1998) Bitki Besleme, Bursa.
- Kanbertay M (1997) Buğdayda Soğuk Zararı Nasıl Oluşur, Belirtileri ve Verime Etkisi Nedir?, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No: 95, Menemen.
- Kaynak L, Ersoy N (1997) Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Genel Özellikleri ve Kullanım Alanları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Sayı: 10, Antalya.
- Kün E (1996) Tahıllar-1 (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1451, Ders Kitabı: 431, Ankara.
- Moraghan JT, Mascagni HJ (1991) Environmental and Soil Factors Affecting Micronutrient Deficiencies and Toxicities. Micronutrients In Agriculture, Wisconsin, USA.
- Mossad M, Ortiz-Ferrara G, Mahalakshmi V, Fisher RA (1995) Phyllochron response to vernalization and photoperiod in spring wheat. Crop Sci., 35: 168-171.
- Sencar Ö, Gökmen S, Yıldırım A (1993) Tarımsal Ekoloji. T.C. Gaziosman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları Yayın No: 1, Tokat.
- Subedi KD, Gregory PJ, Summerfield RJ, Gooding MJ (1998) Cold Temperatures and Boron Deficiency Caused Grain Set Failure In Spring Wheat ( Triticum aestivum L. ). Field Crops Research.
- Topal A (1997) Konya Ekolojik Şartlarında Arpa çeşitlerinde ( Hordeum vulgare L. ), Farklı Ekim Zamanlarının Kışa Dayanıklılık, Dane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, Samsun.
- Trunova TL (1965) Light and temperature systems in the hardening of winter wheat and significance of oligosaccharides for frost resistance. Fiziol. Rast., 12:70-77.
- Tulukcu E, Göçmen A (1996) Soğuğa Mukavemetin Genetik ve Fizyolojik Yönü, Islah Çalışmalarında Kullanılabilecek Seleksiyon Parametrelerinin Belirlenmesi ve Mukavemet Islah Metotları. B.D. MİKHAM Hizmetiçi Eğitim Semineri, Konya.
- Yıldırım T, Olgun M, Küçüközdemir Ü, Partigöç F (2001) Soğuğa Dayanıklılık Araştırma Projesi 3. Gelişme Raporu, Eskişehir.
- Yıldırım T (2003) Doğu Anadolu Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Buğday ve Arpa Genotiplerinde Soğuğa Dayanıklılık ve Vernalizasyon İhtiyacının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.