

## Tarla Bitkilerinde Soğuğa Dayanıklılık Mekanizması ve Dayanıklılık Islahı

Sadık ÇAKMAKÇI\*

Esvet AÇIKGÖZ\*\*

### ÖZET

*Tarımda bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisi de sıcaklıktır. Sıcaklık stresi düşük ve yüksek olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bitkilerde düşük sıcaklık stresi üşüme ve donma zararı şeklinde ortaya çıkmaktadır.*

*Değişik tarla bitkileri ile yapılan çalışmalarda soğuğa dayanım ile morfolojik özellikler, kimyasal kompozisyon (N, P, K ile Şeker-Nişasta Oranları), osmotik potansiyel, büyümeyi düzenleyici maddeler arasında önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Bugün bitkilerde soğuğa dayanımın genetik olarak kontrol edilen biyokimyasal bir kompleks olduğu birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir.*

*Anahtar Sözcükler: Tarla bitkileri, soğuğa dayanıklılık, kimyasal kompozisyon.*

### SUMMARY

#### Mechanism of Cold Resistance in Field Crops and Resistance Breeding

*One of the most important factors restricting the agricultural production is temperature. Temperature stress may be divided into two*

---

\* Dr.; U.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.

\*\* Prof. Dr.; U.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.

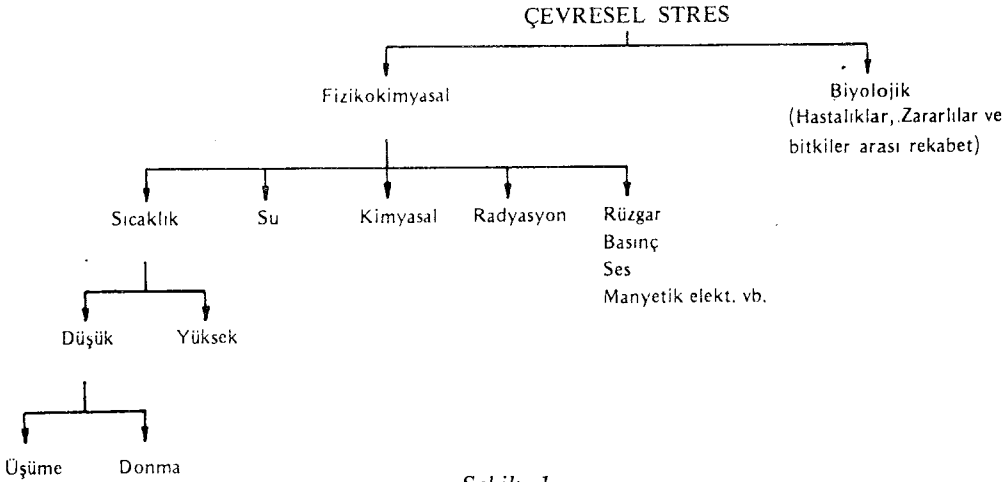
groups as low temperature and high temperature stress. Low temperature stress also occurs as chilling injury and freezing.

In the studies with different field crops it was found that the low temperature hardness was significantly associated with morphological traits, chemical composition (N, P, K, Sugar and Starch Contents), osmotic potential and growth regulators. Today several research scientists accept that hardness was a genetically controlled biochemical complex in crop plants.

**Key Words:** Field crops, Cold resistance, Chemical composition.

## GİRİŞ

Bütün bitkiler birçok faktörün etkisi altında gelişerek ürün verirler. Bitkinin yetiştiği ortamdaki bütün faktörler de çevreyi oluşturur. Çevre faktörleri bitkilerin gelişmesini olumlu yönde etkileyebildiği gibi, bitki üzerinde stres etkilerde de bulunabilirler. Çevresel stres bir dizi faktörün bileşkesidir. Şekil 1'de bitkiler üzerinde stres etkiler oluşturabilen önemli faktörler toplu olarak verilmiştir (Levit, 1980).



Şekil: 1  
Çevresel stres faktörleri

Tarımda bitkisel üretim alanlarını sınırlayan faktörlerin başında sıcaklık gelir. Sıcaklık stresi düşük ve yüksek olmak üzere ikiye ayrılır. Üzerinde durduğumuz düşük sıcaklık stresi ise üşüme ve donma zararı şeklinde kendini gösterir. Optimum sıcaklık alt sınırının 15°C kadar olduğu tropik ve subtropik bitkilerde sıcaklığın bu derecelerin altına inmesi durumunda önce büyüme ve gelişme zayıflar. Eğer sıcaklık 5-10°C'lere kadar inerse büyük verim azalmaları görülür. Bitkilerin bu şekilde donma derecesinin üzerindeki sıcaklıklarda zarar görme-

sine ÜŞÜME zararı; ılıman kuşakta bitkilerin 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda gördükleri zarara da DON zararı denir (Açıkgöz, 1985).

Bu bağlamda ülkemizin iklim yapısını dikkate aldığımızda bölgelerimizin bir kısmında her yıl; bazılarında da extrem yıllarda soğuk ve don zararının söz konusu olduğunu görebiliriz. Kurak bölgelerimizde kışlık ekimin, çoğu zaman elde edilecek ürünün garantisi olduğu bilinmektedir. Yazlık olarak, ilkbaharda ekilen bitkilerden bol yağışlı yıllarda tatmin edici bir verim alınmasına karşılık, çoğunlukla erken gelen kuraklık, yetersiz veya düzensiz yağışlar verimi büyük ölçüde düşürmektedir. Oysa sonbaharda ekilebilen çeşitlerle bitkiler iyi bir kök sistemi geliştirdikleri için ilkbaharda gelen kuraklıktan fazla zarar görmezler. Bu nedenledir ki, bitkilerin soğuğa dayanma yeteneğine bir bölgede yetiştirilebilecek çeşitlerde aranacak en önemli özelliklerden birisi olarak bakmak gerekir.

## 1. SOĞUĞA DAYANMA MEKANİZMASI

Soğuğa dayanma mekanizmasında hangi faktörlerin ne oranda etkili olduklarına ve aralarındaki ilişkilere bakmadan önce sıcaklığın düşmesi sonucu düşük sıcaklık etkisi ile ölümün nasıl oluştuğunu incelemek gerekir. Bunu da, don olayının oluşum şekli içinde ayrıntılı olarak görebiliriz. Bitkilerde don olayının oluşumunu 3 aşamada inceleme ve tanımlama olanağı vardır.

Birinci aşamada sıcaklık düşmeleri sonucu önce hücreler arası boşluklardaki ve cansız odun tabakasındaki su donar ve hızla buz kristalleri çoğalır. Buz kristallerinin oluşumu sırasında ısı açığa çıkar ve dokulara yayılır. Bu durum ilk ısı kaybı olup 1. EKZOTERM olarak da adlandırılır.

Sıcaklığın düşmeye devam ettiği ikinci aşamada, hücreler arası boşluklarda suyun tamamı donar ve hücre içinde bulunan protoplazmaya bağlı su, basınç farkı nedeniyle hücre dışına çıkarak buradaki buz kristalleri ile birleşmeye ve donmaya başlar. Doku sıcaklığının azalmasıyla, belirgin bir ikinci ısı kaybı oluşur ki buna 2. EKZOTERM denilir. İkinci ısı kaybı sürecinde hücre içindeki su sürekli olarak hücre dışına çıkmaya ve buz kristallerine dönüşmeye devam eder.

Suyun devamlı hücre dışına taşınması sonucu protoplazmanın büzülmeyle başlamasıyla 3. aşamaya girilir. Hücre zarında ve protoplazmada çekilme ve kasmalar sonucu şekil bozuklukları oluşur. Hücre içindeki eriyiklerin yoğunluğu artar. Sıcaklık azaldıkça hücre içindeki suyun, hücre dışına yavaş yavaş taşınması ve buz kristallerine dönüşmesi devam eder. Açığa çıkan ısıdaki azalma, suyun hücre dışına taşınmasının ve buz oluşumunun durduğunu gösterir. Bu dönemdeki üçüncü ısı kaybı da 3. EKZOTERM olarak tanımlanır. Protoplazma tanelenir (granüle olur) ve ölüm meydana gelir (Weiser, 1970).

Ancak, düşük sıcaklık ölümün temel nedenleri konusunda araştırmacılar henüz tam bir görüş birliğine varamamışlardır. Bazıları, hücre içindeki protoplazmadan yaşam için zorunlu olan can suyunun çekilmiş olmasını, diğer bir

deyimle korumayı; bazı araştırmacılar da hücre protoplazması tarafından tutulmuş bulunan suyun hücre içinde buz kristallerine dönüşmesini ölümün gerçek nedeni olarak kabul etmektedirler.

### 1.1. Morfolojik Özelliklerin Soğuğa Dayanma İle İlişkisi

Bugüne kadar çeşitli bitkilerde, soğuğa dayanıklılık ıslahında kriter olarak kullanılabilecek pek çok morfolojik özellik ele alınmıştır. Fakat, elde edilen ilişkilerin aynı türde bile değiştiği görülmüştür. Bazı araştırmacılar, soğuğa dayanıklı çeşitlerin basit morfolojik yapıya sahip olduklarını; sonbahardaki büyüme hızının özellikle tek yıllık bitkilerde dayanıklılık ile ters orantılı olduğunu belirtmektedirler (Levitt, 1972; Olien, 1978).

Bir genelleme yapılacak olursa; kısa boylu, fide devresinde yavaş ve yatık büyüyen, sonbaharda daha az toprak üstü organı geliştiren çeşitlerin daha dayanıklı oldukları söylenebilir.

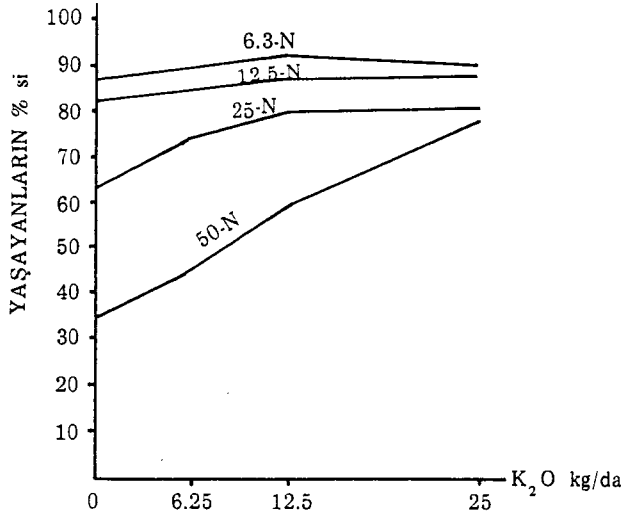
### 1.2. Kimyasal Kompozisyon İle Soğuğa Dayanma Arasındaki İlişki

Günümüzde, soğuğa dayanıklılığın genetik olarak kontrol edildiğine ve dayanıklılık mekanizmasının biyokimyasal bir kompleks olduğuna inanılmaktadır. Bitkilerdeki bazı mineral ve organik madde içerikleri dikkate alınarak kimyasal kompozisyon ile soğuğa dayanma arasındaki ilişkiyi 2 ana grup altında değerlendirebiliriz.

#### 1.2.1. Bitkilerde N, P, K Oranları İle Soğuğa Dayanma Arasındaki İlişkiler

Çözünür protein ile soğuğa dayanım arasındaki ilişkinin çözünmez proteine oranla daha önemli olabileceği belirtilmektedir (Bula ve ark., 1956). Bazı araştırmacılar, azotlu bileşikler ile soğuğa dayanıklılık arasında önemli ve olumlu ilişkiler saptarlarken; bazıları da bitki dokusundaki toplam N miktarı ile olumsuz bir ilişki olduğunu belirtmektedirler. Örneğin, taş yoncası ve yoncada yapılan çalışmalar sonucu kök ve toprak üstü organlarındaki çeşitli azotlu bileşikler ve toplam N ile olumlu ve önemli ilişkiler saptanmıştır (Hodgson ve Bula, 1956). Bunun yanında, lahana ve üç kışlık buğday çeşidinde yapılan çalışmalarda tüm bitki parçalarındaki çözünür protein ile yapraklarda ve bütün bitkilerdeki toplam azotun soğuğa dayanma yönünden olumsuz yönde etkide bulundukları saptanmıştır (Morton, 1969; Öncel, 1979; Zech ve Pauli, 1960).

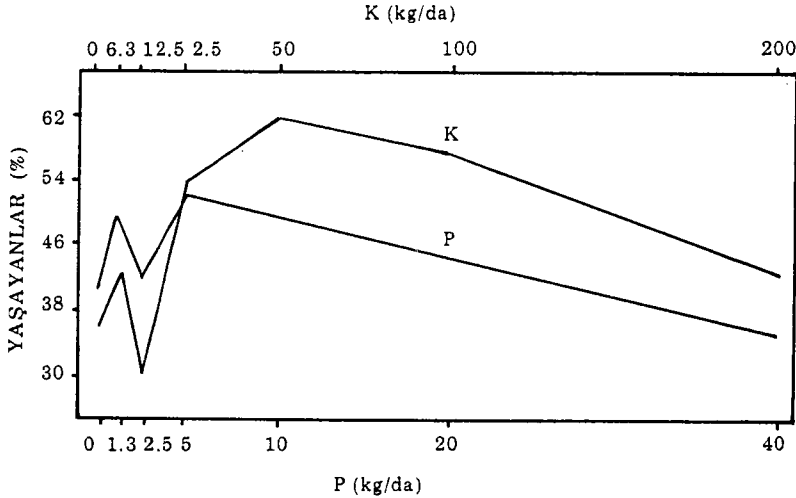
Adams ve Twensky (1960), köpek dişi bitkisinde 4K ve 4N dozunu birlikte uyguladıkları bir denemede soğuğa dayanıklılığı incelemişler ve Şekil 2'de görüldüğü gibi 12.5 kg/da K; 6.25 kg/da N dozunda yaşayan bitkilerin yüzdesini en yüksek bulmuşlardır.



Şekil: 2

Köpek dişindeki K ve N dozlarının soğuğa dayanım ile ilişkileri

Jung ve Smith (1959), buffalo yoncası üzerinde yaptıkları çalışmada önce 10 kg/da P sabit ve artan oranlarda K; ikinci çalışmada ise 25 kg/da K sabit ve artan dozlarda P uygulayarak yaşayan bitki %'lerini saptamışlardır. Sonuçta, Şekil 3'de görüldüğü üzere 10 kg/da P ve 50 kg/da K dozlarında yaşayan bitki yüzdesi en fazla düzeyde olmuştur.



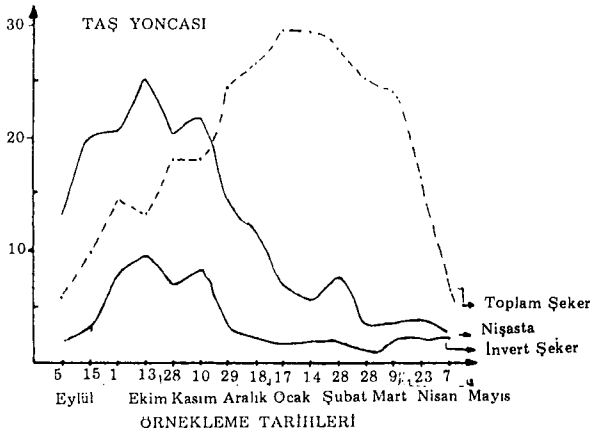
Şekil: 3

Buffalo yoncasında, a: 10 kg/da P sabit ve artan K, b: 25 kg/da K sabit ve artan P dozlarında canlı kalan bitkilerin oranları

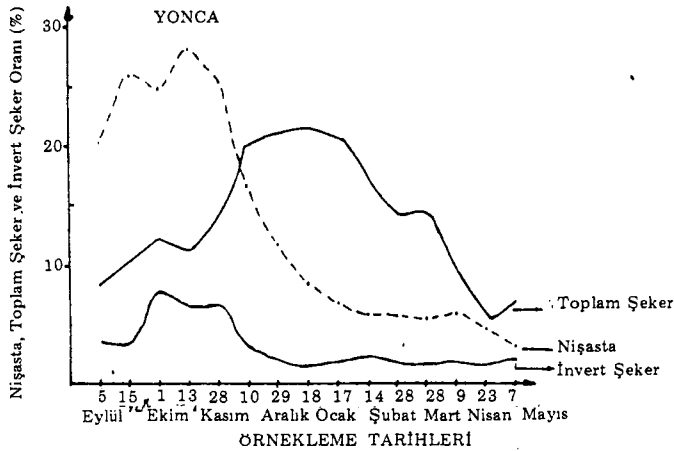
### 1.2.2. Bitkilerde Şeker ve Nişasta Oranı İle Soğuğa Dayanma Arasındaki İlişkiler

Soğuk devrede, genel olarak bitki dokusundaki nişasta gittikçe azalırken, şekerler en yüksek noktaya doğru yükselmektedir. Birçok bitkide yapılan çalışmalar, şeker oranı ile soğuğa dayanım arasında bir paralellik bulunduğunu göstermiştir.

Bula ve Smith (1954) taşıyoncası ve yoncada yaptıkları çalışmada soğuk dönemde şeker oranının arttığını; buna paralel olarak nişastanın azaldığını saptamışlardır (Şekil: 4).



Şekil: 4a



Şekil: 4b

Şekil: 4

Yonca ve taş yoncasında farklı örneklem tarihlerindeki nişasta, toplam şeker ve invert şeker oranları (%)

### **1.3. Osmatik Potansiyel İle Soğuğa Dayanma Arasındaki İlişki**

Bitki dokusundaki su miktarı ve bunun soğuğa dayanımdaki etkisi uzun süre araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Genel olarak, doku içerisindeki su miktarı ile ters bir ilişkinin varlığına inanılmaktadır. Ancak, yapılan çalışmalar çok değişik sonuçlar vermiştir. Son yıllarda bazı serin iklim tahılları ile yapılan çalışmalarda kök tacında bulunan su oranı ile bitkilerin % 50'sinin öldüğü, düşük sıcaklık derecesi arasında yakın ilişkiler bulunmuştur. Buna karşılık, Polyetilen Glycol 6000 eklenmiş besin ortamında, yetiştirilen kışlık buğdaylarda kök tacı su oranı 2-3 kez azaldığı halde soğuğa dayanıklılığın çok az yükseldiği saptanmıştır.

### **1.4. Büyümeyi Düzenleyici Maddeler İle Soğuğa Dayanma Arasındaki İlişki**

Bitki gelişme hormonlarının soğuğa ve dona dayanma mekanizmasında da rolleri vardır. Bu maddelerin gerek bitki bünyesindeki miktar ve oranlarının, gerekse dışarıdan bitkilere yapılan uygulamaların doğrudan veya dolaylı etkileri görülmüştür.

Soğuğa dayanım ile bitki bünyesindeki büyümeyi düzenleyici hormonal maddelerin miktarı ve etkinlikleri arasında özellikle ABA (Absisik asit) yönünden önemli ilişkiler saptanmıştır.

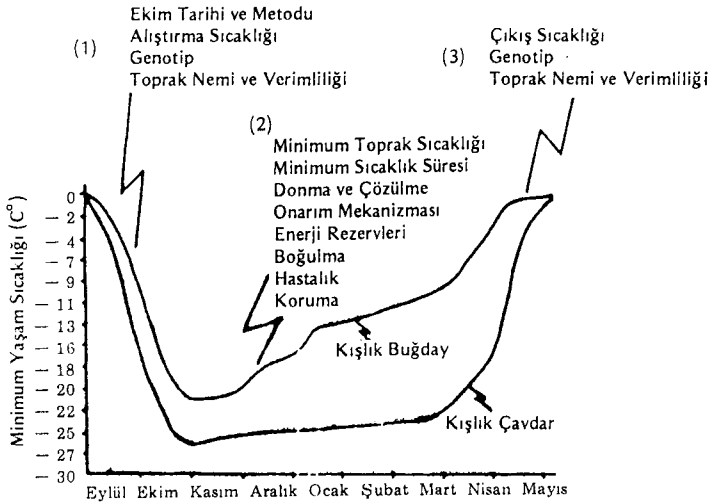
Çeşitli fizyolojik olaylar, içindeki biyokimyasal reaksiyonlarda önemli rol oynayan enzimlerin soğuğa ve dona dayanmada da önemleri vardır. Hücre suyunda serbest bulunan enzimlerin miktarı ne kadar yüksekse, o bitkinin düşük sıcaklıklara karşı direnci de o oranda artar.

## **2. SOĞUĞA DAYANIM KONTROL TESTLERİ**

### **2.1. Soğuğa Dayanıklılığın Oluşumu**

Soğuğa dayanımın oluşumunda sıcaklığın düşme hızı önemli rol oynamaktadır. Genel bir kural olarak, sıcaklığın yavaş yavaş minimuma inmesi durumunda bitkiler soğuğa daha çok dayanmaktadır. Oysa aniden ve hızlı bir azalma bitkileri oldukça etkilemektedir. Bunun yanında sıcaklığın süresi de önemlidir. Uzun süre devam etmesi bitkilere çok zarar vermektedir. Birçok bitki kısa süreli düşük sıcaklıklara daha iyi dayanabilmektedir. Sıcaklığın düşme hızı ve kalış süresi kadar sıcaklığın bu devreden sonra yükselme hızı da bitkileri etkilemektedir. Bitkilerde esas don zararı bu devrede görülür. Sıcaklığın hızla yükselmesi bitkilerde büyük zararlar meydana getirir. Buna karşılık yavaş yavaş yükselmesi durumunda zararlar büyük ölçüde hafiflemektedir. Bitkilerde soğuğa dayanma serin bir alıştırma dönemi ile kazanılmaktadır. Kışa girmeden önce ılık veya sıcak bir sürenin oluşu bitkilerde soğuğa dayanıklılığın ortadan kalkmasına neden olmaktadır.

Açıklanan bilgiler kışlık buğday ve çavdarda yapılan bir çalışma ile Şekil 5'de özetlenmiştir.



Şekil: 5

*Kışlık buğday ve çavdarda bitkilerin % 50'sinin öldüğü sıcaklık seviyeleri. (1. soğuğa alıştırma, 2. soğuğa dayanıklılığın korunduğu, 3. soğuktan çıkış dönemi)*

## 2.2. Soğuğa Dayanıklılığın Saptanma Yöntemleri

Soğuğa dayanıklılık testleri 2 şekilde yapılmaktadır.

**1. Tarla Koşullarında Dayanıklılık Testleri:** Bu testlerin yapılışı çoğunlukla zaman alıcıdır. Çünkü, etkin seleksiyonların gerçekleştirilebileceği test kışları yaklaşık 10 yılda bir olmaktadır. Diğer yandan, tarlada soğuğa dayanıklılık çalışmaları çok değişik sonuçlar verebilmekte, yinelenmeler ve yıllar arasında farklılıklar görülmektedir.

**2. Laboratuvar Koşullarında Dayanıklılık Testleri:** Bu testler 4 ana yöntem altında toplanabilir (Açıkgöz, 1980).

- a) Dondurma testleri yöntemi,
- b) Elektriksel geçirgenlik yöntemi,
- c) Değişik boyalar yardımıyla ölü veya canlı dokuları saptama,
- d) Yüksek moleküllü ortamlarda çimlendirilen tohumlarda dayanıklılık saptama.



### **3. ISLAH YÖNTEMLERİ**

#### **3.1. Doğal Seleksiyon ve İntrodüksiyon**

Yerli çeşitler çok sayıda kalıtsal varyantları içerdikleri ve bu varyantlar yıllarca süren doğal seleksiyonların süzgecinden geçip yayılmış bulundukları alanların iklim koşullarına en iyi uyumu gösterdiklerinden, ıslahçılara çok değerli başlangıç materyali oluştururlar. ABD'de ekimi yapılan Madrid Sarı Çiçekli Taş Yoncası 1950 yılında (450 kg) Kanada'ya getirildikten sonra başlangıçta normal verimli hasatlar elde edilmiştir. Ancak, 1961'de (5 generasyon sonra) sert kışların etkisi ile orjinal çeşitten çok daha fazla soğuğa dayanan yeni bir genotip oluşmuş ve "YUKON" ile tescil edilmiştir.

#### **3.2. Teksel (Saf Hat) Seleksiyon**

Döl kontrolü saf hat seleksiyon yönteminde, bir popülasyondan seçilen bitkiler birbirlerinden ayrı yetiştirilerek döller elde edilir. Seçilen bitkiler, döllerin incelenmelerinden ya da kontrol edilmelerinden sonra değerlendirilirler. Yem bezelyesinden "Fenn" çeşidi Austrian Winter çeşidinden kışa dayanıklılık yönünde yapılan tek bitki seleksiyonu ile elde edilmiştir.

#### **3.3. Toptan (Mass Seleksiyon) Seçme**

Üstün bitkilerin veya genotiplerin popülasyondan tüm olarak seçilmesidir. Büyük bir olasılıkla, tarımda kullanılan ilk çeşitler yabancı bitkilerden bu yöntemle geliştirilmişlerdir. Bu yöntem kışa dayanıklılık yönünden yapılan ıslah çalışmalarında başarı ile kullanılmaktadır. Buna örnek olarak "CREE" sarı çiçekli gazal boynuzunun elde edilmesini verebiliriz.

1950-52 4 SSCB çeşidi ekilmiş, S 3505 hattı canlı kalmıştır.

1953-55 S 3505 ile 11 yeni introdüksiyon materyali tekrar ekilmiş, canlı kalan bitkilerden tohumlar bulk olarak hasat edilmiştir.

1955-57 1000 tek bitkiden oluşan gözlem bahçesi kurulmuş; canlı kalanlardan en iyi 50 bitkiden tohum alınmış (Kompozit 58).

1958-67 Biyolojik testlerde kıştan zarar görmediği saptanmış ve tescil edilmiştir.

#### **3.4. Tekrarlamalı Toptan Seçme**

Kantitatif olarak kalıtım gösteren özelliklerin ıslahı için çok kullanılan bir yöntemdir. Esas olarak, popülasyon içerisinde arzu edilen genlerin frekansının

artırılmasına yöneliktir. Özellikle önceden herhangi bir işlem uygulanmamış popülasyonlarda çok etkilidir. Bu seleksiyonun her generasyonunda elde edilen tohum sentetik denir. Sentetik çeşitlerinde adaptasyon kabiliyeti yüksektir ve her yıl tohum üretilmesine gerek yoktur.

### 3.5. Melezleme

Arzu edilen özelliklere sahip iki farklı ebeveynin melezlenerek, özelliklerin bir bitkide toplanmasıdır. Melezlemede kullanılan hatlar saf ise  $F_1$ 'de üniformite görülür. Açılmalar  $F_2$ 'de başlar. Melezleme sonrasında seleksiyona  $F_2$  kademesinde başlanarak genetik safiyetin sağlanmasına kadar devam edilir (Pedigree yöntemi). Bazen seleksiyona durulmanın başladığı  $F_5$  veya  $F_6$  kademesinde başlanabilir (Bulk-popülasyon yöntemi). Melezleme ile bazı soğuğa dayanıklı çeşitler elde edilmiştir. Bazen türler arası melezlemeler yapılarak yeni çeşitler geliştirilebilmektedir. Örneğin; *V. sativa* x *V. kordata* melezlerinde yapılan seleksiyonlar ile Chaba White, Vantage, Nova II; *V. sativa* x *V. narbonensis* f. *serratifolia* melezlerinden Vanguard çeşitleri geliştirilmiştir.

### 3.6. Geri Melezleme (Backcross)

İstenilen bir karakterin veya karakterlerin bir bitki çeşidine örneğin bölgeye adapte olmuş bir çeşide aktarılması işlemidir.

*Saranac* yoncası da bu yöntemle elde edilmiştir. Solgunluğa dayanıklı bir sentetik ile Flamender tipi yoncalar 3 Backcross yapılmıştır. Her geri melezleme sonrasında kısa dayanıklılık ve solgunluğa dayanıklılık testi yapılmıştır. 500 kadar klon kompeze edilerek *Saranac* yoncası geliştirilmiştir.

### 3.7. Mutasyonlar

Canlıların kromozom sayılarında, yapılarında veya genlerinde olabilen değişimlerdir. Geniş anlamda genetik materyalde, kromozom veya gen düzeyinde olan değişimlerdir. Değişime uğrayan bazı bireyler döl verebilir. Bu döllerden veya bunların normal bitkilerle olan kombinasyonlarından çevreye uyanlar yaşar, diğerleri kaybolur. Mutasyonlar, canlıların gelişmesi ve farklı ekolojik olanlara adapte olabilmesi yönünden faydalıdır.

### 3.8. Yeni Islah Yöntemleri

Şimdiye kadar anlatılan ıslah yöntemlerinde araştıracının bilgi, beceri ve deneyimi yanında belirli bir ölçüde şans faktörünün de başarıda rolü vardır. Diğer yanda, özellikle değişik bireylerde yer almış veya dağılmış bulunan üstün

agronomik karakterleri bir bireyde toplama işlevinde, ele alınan bireyleri eşeysel olarak birleştirme ve kromozomların eşleşmesi, snapsis olayı çıkmaktadır. Yeni ıslah yöntemlerinde araştırmacılar özellikle şans faktörünü ve bu eşleşme engellerini aşmak istemektedirler. Doku, embryo, anter, hücre ve protoplast kültürleriyle başlayan ilk çalışmalar giderek rekombinant DNA'ların belirli biyolojik sistemlere aktarılması aşamasına yönelmektedir. Böylece genetik mühendislik ve gen teknolojisi yöntemlerini bitki ıslahında uygulama uğraşısı ve çabasına başlamıştır.

Özetlemek gerekirse geleceğin bitki ıslahında amaç, yapay olarak transforme edilmiş DNA'ları ilk planda vektörler kullanarak ikinci aşamada ise direkt olarak ıslah edilecek bitkiye aktarmak ve üzerinde yazılmış olan bilgilerin bitki genomu tarafından okunmasını sağlamaktır (Ekingen, 1991, Kişisel Görüşme).

### KAYNAKLAR

- AÇIKGÖZ, E., 1980. Bazı Tek Yıllık Baklagil Yem Bitkilerinin Fide Devresindeki Soğuğa Dayanıklılık ve Bunun Morfolojik Karakterler, Kimyasal Kompozisyon ve Osmotik Potansiyel İle İlişkileri, Doçentlik Tezi (Basılmamış).
- AÇIKGÖZ, E., 1985. Tarımsal Ekoloji, U.Ü.Z.F. Ders Notları 8, Bursa.
- ADAMS, WILLIAM, E. and MARWIN TWERSKY, 1960. Effect of Soil Fertility on Winter-Killing of Coastal Bermudagrass, Agron. J. S2: 325-326.
- BULA, R.J. and D. SMITH, 1954. Cold Resistance and Chemical Composition in Overwintering Alfalfa, Red Clover and Sweet Clover, Agron. J. 46: 397-401.
- BULA, R.J. and D. SMITH, 1956. Cold Resistance in Alfalfa at Two Diverse Latitudes, Agron. J. 48: 153-156.
- HODGSON, H.J. and R.J. BULA, 1956. Hardening Behavior of Sweet Clover (*Melilotus* spp.) Varieties in a Subarctic Environment. Agron. J. 48: 157-160.
- JUNG, G.A. and D. SMITH, 1959. Influence of Soil Potassium and Phosphorous Content on the Cold Resistance of Alfalfa. Agron. J. 51: 585-587.
- LEVITT, J., 1972. Responses of Plant to Environmental Stress, Academic Press, p. 44-147.
- LEVITT, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stress. Volume II. Academic Press, p. 13.
- MORTON, W.M., 1969. Effect of Freezing and Hardening on the Sulfhydryl Groups of Protein Fractions. From Cabbage Leaves Plant. Physiol. 44: 168-172.

- OLIEN, C.R., 1978. Analysis of Freezing Stresses and Plants Response (Eds: P.H. Li and A. Sakai, Cold Hardiness and Freezing Stress Mechanism and Crop Implications). Academic Press, p. 37-48.
- ÖNCEL, İ., 1979. Üç Brassica oleacea L. (Lahana) Tarımsal Formunun Soğuğa Uyum ve Dayanıklılığında Mineral Beslenmesi ve Biyokimyasal Değişimlerin Etkileri Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma, Doktora Tezi (Basılmamış), Ankara.
- WEISER, C.J., 1970. Cold Resistance and Seclimation in Woody Plants, Hort Science, s. 402-410.
- ZECH, A.C. and A.W. PAULI, 1960. Cold Resistance in three Varieties of Winter Wheat as Related to Nitrogen Fractions and Total Sugars. Agron, J. 52: 334-337.