

CAPSICUM CİNSİ'NE GENEL BİR BAKIŞ

Yrd.Doç.Dr.A. Naci ONUS⁽¹⁾

GİRİŞ

Capsicum L. türleri tüm tropik ve subtropik iklimlerde yetiştirebildikleri gibi pek çok ılıman iklim kuşağında da açık ve örtüaltı yetiştiriciliğinin önemli ürünlerini oluştururlar. Acı meyveli biberler taze veya kurutulmuş baharat olarak kullanırken, tatlı meyveli biberler sebze olarak değerlendirirler.

Capsicum cinsi, anavatanı olan Amerika'da yaklaşık olarak 5000 yıldan beri insanlar tarafından kullanılmaktadır. Yapılan seleksiyon çalışmaları en az 5 bağımsız türün kültür formuna dönüşmesini sağlamıştır (PICKERSGILL, 1991).

Günümüzde *C. annuum* L.; gerek sebze gerekse baharat olarak yeryüzünde ticari olarak en fazla yetiştirilen ve en fazla bilinen tür olarak karşımıza çıkmaktadır. "Tabasco" biberi ise *C. frutescens* L. türünün iri meyveli kültür formudur. Diğer kültür türleri olan *C. chinense* Jacq., *C. baccatum* L., and *C. pubescens* R&P Güney Amerika'da yaygın olarak yetiştirmelerine rağmen diğer ülkelerde fazla tanınmazlar.

C. annuum'un sebze formu ticari olarak en değerli tür olduğundan dolayı sitolojik ve genetik çalışmalarla birlikte en fazla ıslah çalışmaları bu tür üzerinde yoğunlaşmıştır. Buna karşın "paprika, cayenne, chili biberleri" gibi baharat olarak kullanılanlar üzerinde ise yöresel önemlerinin bulunduğu bölgeler dışında pek fazla çalışma yapılmamıştır.

Capsicum cinsi içerisinde son zamanlarda yapılmış bir sınıflandırma olmamakla birlikte kültür formları ve bunların yabani akrabaları "gerçek chili" biberleri olarak isimlendirilirler. Tablo 1'de gerçek chili biberlerinin formları ve bunların dağılımları verilmiştir.

(1) Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07070-ANTALYA

Tablo 1. Gerçek Chili Biberleri

Tür	Form	Dağılımı
Beyaz çiçekli grup		
<i>C. annuum</i> L.	Yabani	Güney Amerika ve Kolombiya
<i>C. annuum</i> L.	Kültür	Tropik, subtropik ve ılıman iklim kuşağı
<i>C. chinense</i> Jacq.	Yabani	Güney Amerika'nın doğu kısmı
<i>C. chinense</i> Jacq.	Kültür	Tropik Güney Amerika, Batı Afrika
<i>C. frutescens</i> L.	Yabani	Tropikler
<i>C. frutescens</i> L.	Kültür	Tropikler
<i>C. baccatum</i> L.	Yabani	Peru, Bolivya, Paraguay, Brezilya, Arjantin
<i>C. baccatum</i> L.	Kültür	Paraguay, Brezilya
<i>C. praetermissum</i> H&S	Yabani	Güney Brezilya
<i>C. chacoense</i> Hunz	Yabani	Bolivya, Paraguay, Kuzey Arjantin
<i>C. galapogoense</i> Hunz	Yabani	Galapagos adaları
Mor çiçekli grup		
<i>C. pubescens</i> R&P	Kültür	Orta Amerika, Kuzey Meksika
<i>C. cardenasii</i> H&S	Yabani	Bolivya, Kuzey Arjantin
<i>C. tovarii</i> E&S	Yabani	Orta Peru

Tablo 1'de görüleceği üzere, gerçek biberler beyaz ve mor çiçekli türler olarak üzere 2 gruba ayrılırlar. Beyaz çiçekli türler arasında yer alan *C. annuum*, *C. chinense* ve *C. frutescens* birbirlerine oldukça yakın akraba grubunu oluştururlar ve *C. annuum* kompleksi olarak isiblendirirler. *C. praetermissum* ise yukarıda adı geçen *C. chacoense* ve Galapagos adalarına endemik olan *C. galapogoense*'de yine beyaz çiçekli grupta yer almakla birlikte, bu türlerin kültür formları ile olan ilişkileri henüz tam olarak aydınlanamamıştır.

Mor çiçekli grubun başında ise yabani formu bilinmeyen *C. pubescens* gelmektedir. Diğer iki tür olan *C. cardenasii* ve *C. eximium* ise yabani türleri oluştururlar. Son zamanlarda ayrı bir *Capsicum* türü olarak tanımlanan

C. tovarii'de yine mor çiçekli grup içerisinde yer alır. Ancak bu türün izoenzimik (BERMAWIE, 1990) ve melezlenebilme kabiliyeti ile ilgili olarak (ONUS, 1995)'bu grubun içerisinde yer alan diğer türlerden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Tüm *Capsicum* türleri diploid olup temel kromozom sayısı 12 ($2n=2x=24$)'dir (PICKERSGILL, 1977).

DOĞAL ÜREME SİSTEMLERİ

Capsicum cinsi içerisinde yer alan türlerin büyük bir çoğunluğu kendine verimli olup kendi çiçek tozları ile tozlaşır ve döllenirler. Şu ana kadar üzerinde çalışılmış tüm türler 'protogynous' olup yabani biber türlerinde stigma antenlerden daha üst seviyede bulunur ve yabancı polenler de böcekler ve özellikle arılar tarafından stigma üzerine taşınırlar. Diğer taraftan kültür formu biberlerde ise stigma ile anterler aynı seviyede bulunurlar ve bu durum bir anlamda kendine tozlaşmayı zorunlu kılar. Yabancı tozlaşma oranı türler arasında hatta aynı türün içinde bile farklılık gösterir. Örneğin *C. annuum* üzerinde yapılan bir çalışmada yabancı tozlaşma oranının %12 ve %70 oranında değiştiği bulunmuştur (PICKERSGILL, 1997).

Kendine uyuşmazlık ise *C. cardenasii* türüne özgü bir karakter olup, *C. pubescens*'in bazı alt türlerinde de bulunur (YAQUP ve SMITH, 1971). Kendine uyuşmaz çim borucuklarının ilerlemesi stilus'un üst yarısı içerisinde durur ve uyuşmazlık şekli *Solanaceae* familyası içerisinde yer alan diğer cinslerde olduğu gibi gametofitik bir yapıya sahiptir (PICKERSGILL, 1991).

ERKEK KISIRLIK ve F HİBRİT ÜRETİMİ

F₁ hibrit çeşitleri *C. annuum* türü içerisinde hem açık tarla koşullarında hem de sera koşullarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ticari anlamda F₁ hibrit tohumları elle emaskulasyon ve elle tozlama sonucu üretilebilir. Fakat bu şekilde F₁ hibrit tohumu üretimi oldukça zahmetli ve pahalı bir yöntem Tütün Mozaik Virüsü (TMV) yayma riski taşımaktadır. Bu nedenle hem genetik hem de nükleo-sitoplazmik erkek kısırlıklar üzerinde çalışarak erkek kısır hatlar bulunmaya çalışılmıştır.

Bu yönde yapılan bir çalışmada homozigot resesif nükleer gen (msms) ile steril sitoplazma (S) arasındaki interaksiyon sonucu oluşan bir nükleo-sitoplazmik bir erkek kısırlık *C. annuum* türü içerisinde bulunmuştur (PETERSON, 1958). Fakat tarla koşullarında yapılan denemelerde bu genin etkisini tam olarak göstermediği ve kendine tozlanma oranının ticari anlamda F₁ hibrit tohumu üretmede kabul edilmeyecek kadar yüksek olduğu bulunmuştur. *C. annuum* türü içerisinde yer alan alt türlerin bazılarında restore edici (Ms) genler bulunmakla birlikte tatlı biberlerin büyük bir çoğunluğunda restore edici genler bulunmaz (SHIFRISS ve FRANKEL, 1971).

Nükleer genler üzerinde meydana gelen en az 8 mutasyonun polen kısırlığına neden olduğu bilinmektedir. Bu genlerin çoğunluğu tek olup resesif yapıdadırlar.

Türler arası melezlemeler sonucu F₁ generasyonunda veya daha sonraki generasyonlarda erkek kısırlığın ortaya çıkabileceği bulunmuştur (BOUKEMA, 1982). Bu tür nükleo-stoplazmik interaksiyonlar *Solanaceae* familyasında yaygın olup *Nicotiana* L. ve *Petunia* Juss. üzerinde ticari F₁ hibrit tohum üretiminde kullanılmışlardır.

TÜRLER ARASI MELEZLEME

C. annuum kompleksi olarak adlandırılan grupta yer alan *C. annuum*, *C. chinense* ve *C. frutescens* kendi aralarında karşılıklı olarak melezlenebilirler (PICKERSGILL, 1988). Diğer taraftan *C. pubescens*'in *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. chinense* ve *C. frutescens*'le olan melezlemeleri son derece zordur (KOOMPAL, 1976). *C. pubescens* ve onun yabani akrabaları olan *C. cardenasii* ve *C. eximium* ile beyaz çiçekli türler arasında "tek taraflı uyumsuzluk vardır". Herhangi bir türler arası melezleme bir yönde başarılı olurken resiprok melezleme başarısızlığa uğruyorsa bu olaya tek taraflı uyumsuzluk adı verilir. *Capsicum* cinsi içerisinde, beyaz çiçekli türler ile mor çiçekli türler arasındaki melezlemeler ancak mor çiçekli türlerin erkek form olarak kullanılması ile başarıya ulaşabilir (MOLHOVA, 1977; ONUS, 1995) ve bazı durumlarda hibrit tohumların eldesi için embriyo kültürü gerekli olabilir (SMITH ve HEISER, 1957; KOOMPAL, 1976).

C. baccatum, *C. annuum* grubu içerisinde yer alan türlerle karşılıklı olarak melezlenebilir. Ancak elde edilen F1 tohumlarının canlılığı, *C. annuum* grubunun kendi içerisinde yapılan melezlemeler sonucu oluşan tohumların canlılığından daha azdır. Bu yönde yapılan çalışmalar özellikle *C. baccatum* ile *C. chinense* ve *C. frutescens* arasında yapılan melezlemelerde yoğunluk kazanmıştır. Bu melezlemelerde *C. baccatum* dişi ebeveyn olarak kullanıldığı zaman elde edilen hibritler morfolojik olarak normaldir. Resiprok melezlemelerde ise morfolojik olarak anormal bitkiler elde edilir. Bu farklılıklar

C. baccatum sitoplazmasının *C. chinense* ve *C. frutescens* sitoplazmasından daha farklı bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur (PICKERSGILL, 1971; GONZALEZ LEON, 1986).

TÜRLER ARASI MELEZLEMELERDE KARŞILAŞAN SORUNLAR

Döllenme Öncesi Sorunlar

Türler arası melezlemelerde karşılaşılan en yaygın problem beyaz ve mor çiçekli türler arasında meydana gelen tek tarafı uyumsuzluktur. Tek tarafı uyumsuzlukta; bir tür diğer bir türün veya populasyonun polenini geçirilen evolüsyona paralel olarak reddeder. Bu nedenle bazı yazarlar tarafından tektarafı uyumsuzluk; bitkinin kendi polenini kabul etmediği kendine uyumsuzluktan daha farklı uyumsuzluğun aynı olayın iki farklı yönü olup olmadığı ve tek bir gen, süper (S) gen (PANDEY, 1986) veya birden fazla gen tarafından (HOGENBOOM, 1975) kontrol edilip edilmediği araştırmacılar arasında tartışma konusudur.

Tek tarafı uyumsuzluk gösteren *Capsicum* türleri ile yapılan çalışmalarda, beyaz çiçekli türlerin polen tüpleri ilerlemesinin mor çiçekli türlerin stilus üst kısmında durduğu, resiprok melezlemelerde ise polen tüplerinin ovaryuma kadar ilerledikleri tespit edilmiştir. Bu olay mor çiçekli türlerin kendine kısır veya verimli olduğu, diğer bir ifade ile aktif bir kendine uyumsuzluk allelinin bulunmadığı durumlarda da meydana gelmiştir.

Tek tarafı uyumsuzluğun kalıtımı kendine verimli türler olan *C. baccatum* ve *C. eximium* üzerinde yapılan çalışmalarla araştırılmıştır (ONUS, 1995). Elde edilen F1 hibridin kendine verimli olduğu ve her iki yönde (erkek ve dişi form olarak)

C. eximium ile uyum gösterdiği bulunmuştur. Diğer taraftan ise F1 hibrit stilüsü *C. baccatum* polenini reddetmiş ve *C. eximium* ebeveyni gibi davranmıştır.

C. baccatum ile elde edilen ilk geriye melezleme generasyonunda ise *C. baccatum* polenini kabul eden ve etmeyen bitkiler elde edilmiştir (HAJI ITAM, 1988).

Döllenme Sonrası ve Çimlenme Öncesi Sorunlar

Capsicum cinsi içerisinde yapılan türler arası melezlemeler sonucu elde edilen tohumlar endosperm ve(ya) embriyo tam olarak gelişemediğinden dolayı çimlenme yeteneğinde olmayabilirler. Bu tür tohumların elde edildiği melezlemelerde tohum gelişimi; gelişmenin erken safhalarında durmakta veya yavaşlamaktadır. Burada unutulmaması gereken nokta türler arası melezlemelerde aynı türün farklı alt türleri arasında melezleme kabiliyetleri bakımından farklılıkların olabileceğidir. Örneğin *C. baccatum*'un bazı kültür formları *C. chinense* ile melezlemede oldukça fazla miktarda çimlenme kabiliyeti yüksek tohum elde edilirken diğer bazı formlar ile yapılan melezlemelerden ise çimlenme kabiliyetinde olmayan tohumlar elde edilmiştir (GONZALEZ deLEON, 1986).

Diğer taraftan bazı türler arası melezlemelerde ise görünüşü normal fakat çimlenme kabiliyetinde olmayan tohumlarda elde etmek mümkündür. Bu durumlarda embriyo kültürünün kullanılması başarılı sonuç verebilir. Embriyo kültürü yöntemi ile örneğin *C. frutescens* x *C. pubescens* arasında yapılan melezlemede F1 hibridleri elde etmek mümkün olmuştur (KOOMPAL, 1976). Aynı yöntem *C. chinense* x *C. pubescens* melezlemesinde yine başarı ile kullanılmıştır (SMITH VE HEISER, 1957).

Çimlenme Sonrası Karşılaşılan Sorunlar

Hibrit Canlılığı

Bazı durumlarda türler arası herhangi bir melezleme sonucu elde edilen tohumlar normal olarak çimlenir fakat heniz üreme olgunluğuna ulaşmadan F1 bitkisi ölür. Örneğin *C. baccatum* x *C. tovarii* ve *C. chinense* x *C. baccatum* 'un bazı alt türleri arasındaki melezlemelerde F1 hibritler kotiledon aşamasında ölürler. Bu melezlemelerden elde edilen

embriyolar kültüre alındıkları zaman ise sürgünler normal olarak gelişir fakat kök gelişmesi son derece sınırlı kalır.

Bu aşamada meydana gelen olumsuzluklar giderilmesi en zor olan olumsuzluklardır. Bu nedenle bu türlerle yapılan ıslah çalışmalarında izlenmesi gereken en gerçekçi yol aynı tür içerisinde mümkün olduğunca farklı genotip kullanmaktır.

Hibrit Kısırlığı

Hibrit verimliliğini ölçmede kullanılan en klasik yöntem polen boyama yöntemidir. Yapılan araştırmalar yakın akraba türleri arasında yapılan melezlemelerde elde edilen hibritlerin polen boyabilirliğinin (polen canlılığı=hibrit verimliliği) %90'a kadar çıkabildiğini ortaya koymuştur. Örneğin *C. chinense* x *C. frutescens* ve *C. cardenasii* x *C. eximium* hibritlerinde polen canlılık oranı %90 dolayında bulunmuştur. *C. chacoense* x *C. chinense* melezinde ise neredeyse %0'a yakın polen canlılığı rapor edilmiştir (PICKERSGILL, 1971).

Capsicum cinsi içerisinde hibrit kısırlığı 2 temel nedenden kaynaklanabilir:

1. Etkisini oldukça belirgin bir şekilde "male" kısım üzerinde gösteren dengesiz nükleo-sitoplazmik interaksiyonlar,
2. Kromozom yapısı farklılıklarından kaynaklanan heterozigotluk veya farklı türlerden gelen kromozomların bir çift veya kiasma oluşturamamalarından kaynaklanan mayoz bölünme bozuklukları.

Her iki nedenden meydana gelen hibrit kısırlıkları *Capsicum* cinsi içerisinde görmek mümkündür.

Dengesiz Nükleo-sitoplazmik İnteraksiyonlar

C. chinense'nin kültür formu *C. baccatum* ile melezlenmesi sonucu elde edilen F1 hibritler morfolojik olarak anormal ve tamamen kısırdırlar. Bu türler arasında yapılan riseprok melezleme sonucu elde edilen hibritler ise morfolojik olarak normal ve kısmen verimli olarak bulunmuşlardır. Geriye, melezleme generasyonlarında yapılan çalışmalar sonucu bu tür anormalliklerin *C. baccatum* 'dan gelen bir nüklear gen *C. chinense* sitoplazması arasındaki interaksiyondan kaynaklandığı bulunmuştur. (PICKERSGILL, 1980)

Mayoz Bölünme Düzensizlikleri

Mayoz çalışmaları *Capsicum* sadece birkaç türler arası hibrit hariç yoğun olarak çalışılmamıştır. Tek başına mitoz çalışmalarının yapılması ise *Capsicum* cinsi türlerini geçirdiği evölüsyonu ortaya koymada yetersiz kalmaktadır. Örneğin *C. pubescens* ve *C. frutescens* türleri hemen hemen tamamı ile birbirine benzer mitotik kromozomlara sahiptirler. Fakat bu iki tür arasında elde edilen F1 hibrit üzerinde yapılan mayoz çalışmaları 2 quadrivalent ve 8 bivalent'den oluşan mayoz konfigürasyonunu ortaya çıkarmıştır. Bunun anlamı *C. pubescens* ve *C. frutescens* türleri büyük bir ihtimalle tüm kromozom kollarını içine alan 2 bağımsız karşılıklı translokasyon ile birbirlerinden ayrılırlar (PICKERSGELL, 1980).

Yine benzer şekilde *C. annum* iki çift akrosenrik kromozoma sahip iken *C. chacoense* bir çift akrosenrik kromozoma sahiptir. Oysa bu iki tür arasında yapılan melezlemelerde elde edilen F1 hexavalent, 1 quadrivalent ve 7 bivalent konfigürasyonuna sahiptir ki bu durum 3 farklı translokasyon için heterozigotluğu ortaya koyar.

Kromozomal Evölüsyon

Tüm *Capsicum* türlerinde temel kromozom sayısı tüm *Solanaceae* familyası içerisinde yaygın olan $x=12$ 'dir. *C. annum* içerisinde tetraploid olan bir alt türün dışında tüm türler diploid olup $2n=24$ 'dür. *Capsicum* cinsi içerisinde yer alan *C. ciliatum* ve henüz tanımı tam olarak yapılamayan bir Brezilya türü ise $2n=26$ 'dir. Her iki türde var olan ekstra kromozomlar diğer kromozomlardan daha küçük olup ya akrosentrik yada *C. ciliatum*'da olduğu gibi telosentrik'dir (PICKERSGILL, 1988). Bu özelliklerin aynı zamanda pek çok B kromozomunun özelliği olmasından dolayı bunların B kromozomu oldukları düşünülebilir. Ancak incelenen tüm bitkilerde ekstra kromozom sayısının sabit olduğu düşünülecek olursa, bu ekstra kromozomların B kromozomu olmayacağı söylenebilir. Bu kromozomların yapısı her ne olursa olsun kesin olan nokta bunların sadece *Capsicum* cinsinin değil

Solanaceae familyasının genel kromozom yapı özelliklerine uymadıklarıdır.

Bu tür çalışmalar *C. ciliatum* gibi türlerin sistematik olarak bu cins içerisinde bulunup bulunmayacağı yönünde karar verilmesine yardımcı olabilir ve bu nedenle bu tür çalışmaların diğer şüpheli türler üzerinde de yapılması gerekir.

Tür İçerisinde Karyotip Varyasyonu

Yapılan çalışmalar yabani biber türlerinin kültür formlarına kıyasla daha fazla karyotip varyasyonuna sahip olduğuna sahip olduğunu ortaya koymuştur (PICKERSGILL, 1977). Bu durum özellikle *C. annuum* türü içerisinde daha belirgindir. *C. annuum*'un kültür formları arasında sadece iki farklı karyotip tespit edilirken bu sayı yabani formlar arasında altıdır. *C. baccatum* türünde ise yabani formlarda bulunan karyotiplerden birine hiçbir kültür formunda rastlanılmamıştır. Diğer taraftan *C. chinense* ve *C. frutescens* türleri içerisinde sınırlı çalışmaları yapıldığından bu tür karşılaştırmaları yapmak mümkün değildir.

Bu çalışmalardan çıkan sonuç; her bir tür içerisinde yer alan kültür formlarının nispeten az sayıda yabani formlarda geçirilen evölüsyon sonucu oluştuğu ve bu nedenle de kültür formlarının son derece sınırlı karyotip varyasyonuna sahip olduklarıdır (PICKERSGILL, 1971).

C. annuum türü içerisinde alt türler arasındaki ana farklılık 1 veya 2 çift akrosentrik kromozonlardan kaynaklanmaktadır. İki çift akrosentrik kromozonlu *C. annuum* Meksika'da bulunmuştur. Buradan *C. annuum*'un Meksika'da bulunan yöresel yabani formlardan kültür formuna dönüştüğü sonucu çıkarılabilir.

C. baccatum türü içerisinde var olan farklı karyotipleri ise ana sınırları belirli coğrafik dağılımlar içerisinde incelemek mümkün değildir. Bu nedenle kromozom morfolojisine bakarak bu türün kültür formuna dönüşme yeri belirlenemez. Ancak bu tür içerisindeki morfolojik ve kromozomal varyasyon daha çok Bolivya'da yoğunlaşmaktadır (PICKERSGILL, 1971).

C. chinense ve *C. frutescens* türleri üzerinde yapılan kromozom morfolojisi çalışmaları son derece sınırlı olduğundan bu türlerin kültür formlarının oluşma bölgesi hakkında herhangi bir kanıya varmak mümkün değildir.

Genetik Linkage Grupları

Herhangi bir tür için belirli bir oranda tamamlanmış genetik linkage haritalarının oluşturulması ıslahçıların bazı konularda çalışmalarını kolaylaştıracaktır. Örneğin domateslerde nematoda dayanıklılık geninin asit fosfat geni ile bağlantılı olmasının bulunması, açılım gösteren populasyonlarda herhangi bir yapay bulaştırma riskine girmeden dayanıklı tipleri izoenzim fenotipine bakarak seçmeyi sağlamıştır (TANKSLEY VE RICK, 1980). Benzer şekilde erkek kısırılık geni taşıyan veya bazı meyve özellikleri gibi bitki büyümesinin geç dönemlerde görülebilecek bazı karakterleri taşıyan bitkileri bitki büyümesinin daha erken dönemlerinde seçmek mümkün olacak ve böylece zaman ve para tasarrufu sağlanacaktır.

Capsicum cinsi içerisinde oluşturulmuş genetik linkage haritaları yakın zamana kadar yoktu. Günümüzde var olan bazı linkage haritalarının ise domatesde oluşturulmuş haritalarla kıyaslandığında oldukça boş olduklarını söylemek mümkündür (PICKERSGILL, 1991). İzoenzimlerin ve DNA markerlarının bu alanda yoğun olarak kullanılması nispeten boş olan genetik haritaların doldurulmasına önemli katkılar sağlamıştır. İzoenzimler ve DNA markerları bitkiler fide aşamasında iken daha kullanılabilirliklerinden dolayı oldukça fazla sayıda açılım gösteren generasyonlar üzerinde çalışmak mümkündür. İzoenzim çalışmalarında aynı lokusda bulunan allelerin genelde ko-dominant yapıda olması heterozigotların homozigotlardan ayrı teşhisine olanak tanır. Bu nedenle F₂ ve çeşitli geriye melezleme generasyonları üzerinde linkage çalışmalarını yapılması mümkün hale gelir.

Korunmuş Linkage Grupları

Bazı bitki familyalarında geçirilen evölüsyon süresince bazı linkage gruplarının korunmuş olabileceği tezi bazı araştırmacılar tarafından uzun zamandır savunulmaktadır (TARKSLEY, 1984).

C. annum x *C. chinense* ve *C. baccatum* x *C. chinense* üzerinde izoenzimlerle yapılmış genetik linkage çalışmalarında iki Esterase lokusu arasında yakın linkage tespit edilmiştir (TANKSLEY, 1984; GONZALEZ deLEON, 1986). TANKSLEY (1984)'e göre bu linkage grubu *Capsicum* ve *Lycopersicon* cinslerinin geçirilen evölüsyona bağlı olarak farklılaşmasından günümüze kadar korunmuş üç linkage grubundan biridir.

Bu noktadan sonra sorulması gereken soru acaba bu korunmuş linkage gruplarının oluştuğu kromozomların parça değişiminde rol oynayan kromozomlar olup olmadıkları sorusudur. Bu soruyu cevaplandırabilmek için aydınlatılması gereken nokta belirli linkage gruplarının belirli kromozomlar üzerinde bulunup bulunmadığıdır.

Genlerin Parça Değişimine Uğramış Kromozomlarla İlişkisi

Tek bir parça değişimi bakımından ve diğer çeşitli genetik lokuslar bakımından heterozigot olan bir F1 hibridin ebeveynlerden biri ile geriye melezlendiğini dűřünelim. Eđer bu ebeveyn her iki bir ağılım gösteren karakter için resesif veya ko-dominant allelleri taşıyorsa homozigot ve heterozigot olarak iki tipte bireyler ortaya çıkacaktır. Buna ilave olarak parça değişimi de ağılım gösterecek; tam verimli ve yapısal homozigot ile kısmen kısır yapısal heterozigot bireyler elde edilecekler. Eđer herhangi bir karakter için ağılım gösteren “gen” parça değişimine uğramış kromozomların kırılma noktasının yanında bulunuyorsa bu gen bakımından heterozigot olan bitkiler parça değişimi bakımından da heterozigot ve dolayısı ile kısmen kısır olacaklardır. Diđer taraftan ağılım gösteren “gen” bakımından homozigot olan bitkiler parça değişimi bakımından da homozigot ve dolayısı ile tam verimli olacaklardır. Bu nedenle de homozigot ve heterozigot yapıda olan bireylerin polen boyanabilirliği (canlılığı) arasında farklılıklar olacaktır. Buna karşın eđer ağılım gösteren “gen” kırılma noktasının yanında değilse homozigot ve heterozigot yapıda olan bireyleri polen boyanabilirliliği (canlılığı) arasında bir fark olmayacaktır (PICKERSGILL, 1991).

Belirtilen bu durum kűltür formu *C. annuum* x *C. chinense* kombinasyonunun geriye melezleme generasyonları üzerinde denenmiřtir (TANKSLEY, 1984). Bu melezleme sonucu elde edilen F1 hibridin tek bir parça deđiřimi yönűnden heterozigot olduđu ve *C. annuum*'dan gelen bir akrosentrik kromozomun parça deđiřiminde yer aldıđı bulunmuřtur (POCHARD, 1970; 1977). IDH izoenzimini kontrol eden allellerden biri olan *ldh-1* allelinde yine bu akrosentrik kromozom (kromozom XII) üzerinde, parça deđiřiminin olduđu kırılma noktasına yakın bir bölgede olduđu bulunmuřtur (TANKSLEY, 1984). Kromozom XII üzerinde bulunmayan *Pgm-2* ve *skdh-1* genlerinin ise parça deđiřiminin

olduğu yere yakın oldukları bulunmuş ve büyük bir olasılıkla parça değişiminde yer alan diğer "heterelogous" kromozomun markerları oldukları düşünülmüştür.

GONZALEZ deLEON (1986) *C. baccatum* x *C. chinense* melezlemesi sonucu elde edilen F1'in 3 çift "heterelogous" kromozom arasında meydana gelen parça değişimi ile heterozigot yapıda olduğunu bildirmiştir (GONZALEZ deLEON, 1986). GONZALEZ de LEON (1986) ve TANKSLEY, 1984 çalışmalarından çıkan sonuç *C. baccatum* x *C. chinense* ve *C. annuum* x *C. chinense* melezlerinden farklı genlerin parça değişimleri ile bağlantıları olmasıdır. O halde parça değişimlerinde rol alan farklı kromozonlar bu üç türü birbirinden farklılaştırmıştır.

Hastalık ve Zararlılara Dayanıklılığın Genetik Kontrolü

Capsicum cinsi pek çok hastalık ve zararlılara maruz kalmaktadır. Bunlar arasında çeşitli böcekler, nematodlar, mantarlar ve virüsler yer alır. *Capsicum* türlerinden özellikle *C. annuum* çeşitli hastalık ve zararlılara karşı oldukça duyarlıdır. Ancak dünyanın Avrupa dışında kalan diğer bölgelerinde bulunan *C. annuum* türü içerisinde yer alan bazı alt türlerde dayanıklı hatları bulmak mümkündür (DUMAS de VAULX ve POCHARD, 1986). Diğer taraftan *C. annuum* dışında kalan türler üzerinde tam olarak çalışılmamakla birlikte henüz değerlendirilmemiş bazı dayanıklı hatların olduğu bilinmektedir (PICKERSGILL, 1991). Bu türler özellikle Tütün Mozaik Virüsü (TMV)'ne dayanıklılık ıslahı çalışmalarında oldukça yoğun olarak kullanılmışlardır. L lokusunda bulunan bazı allal serileri TMV'ye dayanıklılık sağlamakla birlikte virüs bir süre sonra bu dayanıklılığı ortadan kaldıran yeni patojenler üretebilmektedir. Örneğin patojen "0" L^+ L^+ genotipindeki biberler üzerinde etkili olmaktadır. Patojen "1" L^1 allelini taşıyan genotiplere etki yaparken patojen 1-2 *C. frutescens*'den eldedilen L^2 allelini taşıyan genotiplere etki yapmaktadır. Diğer yandan patojen 1-2-3 ise *C. chinense*'den elde edilen L^3 allelini taşıyan genotipleri üzerinde etkili olmaktadır (PICKERSGILL, 1991). L^4 alleli (*C. chacoense* türünden elde edilen) üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır ve bu allelin sağladığı dayanıklılığın daha uzun süre devam edeceği umulmaktadır.

Ancak genetiksel olarak daha kompleks olan ve birden fazla faktör tarafından kontrol edilen dayanıklılık mekanizmasının; uzun dönem dayanıklılığı sağlama konusunda tek majör genlerden daha etkili olacağı düşünülmektedir. Bu tür kompleks dayanıklılık mekanizmasının esaslarının anlaşılması üzerinde double-haploid bitkiler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (DUMAS de VAULX ve POCHARD, 1986).

Haploid Bitki Eldesi ve Double-Haploid Bitkilerin Genetik Analizlerde Kullanımı

Haploid bitkiler son derece yavaş büyümelerine ve az miktarda tohum üretmelerine rağmen yaşayabilme kabiliyetindedirler. Sadece polenden oluşan ve bu nedenle sadece erkek ebeveyn özelliklerine haploid bitkiler MORGAN (1958) tarafından bildirilmiştir. Doğal olarak meydana gelen haploid bitkilerin oranı bitkinin genotipi ve bulunduğu çevreye göre %0-1 arasında değişir (DUMAS de VAULX ve POCHARD, 1986). Bu yöntem ile 100 anter başına yaklaşık 5-15 arasında haploid bitki elde etmek mümkündür. Anter kültüründe haploid bitkiler kallus oluşum aşaması araya girmeden "embriyogenesis" yoluyla meydana gelmektedir. Elde edilen bu haploid bitkilerden doğal olarak diploid bitki elde etme oranı %10-30 arasında değişir. Kolhisin uygulaması da diploid bitki elde etme şansını artırır ve yaygın olarak pratikte kullanılır (PICKERSGILL, 1991).

Teorik olarak herhangi bir geriye melezleme veya F2 bitkisinden anter kültürü yoluyla double-haploid bitki eldesi mümkündür. Bu yöntemle elde edilen bitkilerin tümü aynı genotipe sahip olmayacak ancak tümü homozigot ya da olacaklardır. Bu durumda örneğin tek bir F2 bitkisinden elde edilmiş double-haploid bitkilerin her biri farklı patojen veya zararlılara karşı test edilebilir. Böylece F2 generasyonu içerisinde zararlıya veya hastalığa karşı dayanıklılık ve duyarlılığın mekanizması açığa çıkarılabilir. Oysa F2 bitkisinin kendisi bir önceki patojen tipi bir sonra gelen patojen tipini etkileyeceğinden dolayı farklı patojen tipleri ile test edilemez (PICKERSGILL, 1991).

Double-haploid bitkiler kullanılarak *C. annuum* türü içerisinde nematoda dayanıklılığı sağlayan beş farklı gen tespit edilmiştir. *C. annuum*'un alt türlerinden biri içerisinde bulunan 2 dayanıklılık geni arasında ise linkade olduğu ve komplementer

gen etkisi gösterdikleri tespit edilmiştir (HENDY ve ark., 1985).

Yine double-haploid bitkiler kullanılarak "phytophthora"ya dayanıklılık mekanizması da araştırılmıştır (POCHARD ve ark., 1986). Hastalık etmeni olan fungus genellikle köklere saldırılmakla birlikte yaprak ve gövdeyi de hastalık etmeni ile bulaştırabilmektedir. Patojene karşı köklerde oluşan dayanıklılık gövdede oluşan dayanıklılık ile ilişkilidir. Konu üzerinde çalışan araştırmacılar dayanıklılığın genç yapraklarda sentezlenen ve daha sonra kök bölgesine transfer edilen ve burada biriken, adı konulamayan bir içeriğe bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Bu içeriğin varlığı veya yokluğu tek bir gen tarafından kontrol edilirken içeriğin köke taşınması ve burada birikmesi kompleks poligenler tarafından sağlanmaktadır.

SONUÇ

Domates üzerinde yapılan çalışmalarla kıyaslanacak olursa *Capsicum* cinsi üzerinde yapılan çalışmaların son derece sınırlı olduğu söylenebilir. Günümüze kadar yapılan çalışmalardan çıkan sonuç; ıslah yolu ile tüm kültür formu *Capsicum* türlerinin iyileştirilebileceğidir. Bu tür ıslah çalışmalarında kullanılacak genetik varyasyon farklı türler içerisinde mevcut olup bu potansiyelden sınırlı oranda faydalanılmıştır. Özellikle *C. annum* dışında kalan türlerde ıslahçının işine yarayacak hastalık ve zararlılara dayanıklılık karakterleri bulunmaktadır. Bu nedenle türler arasında melezlenebilme kabiliyetlerinin araştırılarak ıslahçının hizmetine sunulması gerekir. Ancak ıslah çalışmalarında karşılaşılan genel problem örneğin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık genlerini seçerken tat, renk, koku, acılık derecesi, kabuk kalınlığı gibi tüketici tercihlerini belirleyen kalite unsurlarının korunmasıdır. Bu anlamda moleküler markerların geliştirilmesi ve bunların aracılığı ile seleksiyon yapılması ıslahçıların işini büyük oranda kolaylaştıracaktır.

ÖZET

Capsicum cinsi içerisinde yer alan türler tropik ve subtropik iklimlerde yetiştirdikleri gibi ılıman iklim kuşağında da açık alan ve örtüaltı sebzeçiliğinin önemli

ürünlerini oluştururlar. Buna rağmen domates üzerinde yapılan çalışmalarla kıyaslanacak olursa *Capsicum* türleri üzerinde yapılan çalışmalar göstermiştir ki ıslah yolu ile tüm kültür formu *Capsicum* türleri iyileştirilebilir ve bu ıslah çalışmalarında kullanılacak genetik varyasyon cins içerisinde mevcut olup bu potansiyelden şu ana kadar sınırlı olarak yararlanılmıştır.

SUMMARY

Species of *Capsicum* are grown through out the tropics and subtropics and are valuable crops under protected cultivation in many temperate countries. *Capsicum* has been neglected by researchers when compared to tomato. Experiments conducted so far on *Capsicum* proved that further improvement of all cultivated species of *Capsicum* through breeding is possible and genetic diversity to be used to achieve different breeding purposes is certainly present in the genus.

KAYNAKLAR

- BERMAWIE, N., 1990.** Isozymic variability and barriers to hybridization between *Capsicum chacoense* and two purpleflowered species (*Capsicum tovarii*) Ph.D Thesis, University of Reading.
- BOUKE.MA, I. W., 1982.** Resistance to a new stain of TMV in *Capsicum chacoense*. Hunz. *Capsicum Newsletter* 1: 49-51.
- BOUKE.MA, I. W., 1984.** Resistance to TMV in *Capsicum Newsletter*. 3: 47-48.
- DUMAS DE VAULX,R.,and E., POCHARD, 1986.** Parthenogenese et androgenese chez le piment. Role actuel dans les programmes de selection. Le Selectionneur Français. 36: 1-2.
- GOZALES DE LEON, D. R., 1986.** Interspecific hybridization and the cytogenetic architecture of two species of chili pepper (*Capsicum- Solanaceae*) Ph. D Thesis, University of Reading.

HAJI ITAM, K., 1988. Studies on the relationship and barriers to hybridization between the purple flowered *Capsicum cardenasii* and the white flowered *Capsicum baccatum*. M. Phil Thesis, University of Reading.

HENDY, H., POCHARD, E., and A., DALMASSO, 1985. Transmission hereditaire de la resistance aux nematodes Meloidoy Chitwood portee par 2 lignees de *Capsicum annum* L. etude de descendes homozygotes issue d'androgenese. Agronomie 5: 93-100.

HOGENBOOM, N., 1975. Incompatibility and incongruity: two different mechanisms for the nonfunctioning of intimate partner relationship. Proc. R. Soc. London. B. 188: 361-375.

KOOMPAI, P., 1976. Some barriers to interspecific crossing and gene exchange in five species of *Capsicum*. M. Phil. Thesis, University of Reading.

MOLHOVA, E., 1977. Cytoembryologie du genre *Capsicum* IN: *Capsicum* 77, C. R., 3eme Congress EUCARPIA. Piment ED. E. Pochard, pp. 27-37. INRA, Avignon-Montfavet, France.

MORGAN, D. T., R.D. RAPPLEYE, 1958. Twin and triplet seedling: a study of polyembryony in *Capsicum frutescens*. J. Hered. 41: 91- 95.

ONUS, A. N., 1995. Unilateral incompatibility in *Capsicum*. Ph.D Thesis, The University of Reading.

PANDEY, P., 1986. Incompatibility, transformation and genetic manipulation using solanaceous plants. In: *Solanaceae: Biogly and Systematics*. Ed. D' Arcy. W. G. Columbia University Press, New York, pp. 553-565.

PETERSON, P., 1958. Cytoplasmically inherited male sterility in *Capsicum*. American Naturalist 92: 111-119.

PICKERSGILL, P., 1971. Relationship between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers(genus *Capsicum*) Evolution 25: 683-691

PICKERSGILL, P., 1977. Relationship between weedy and evolution in *Capsicum*. In: *Capsicum 77*, C. R., 3eme Congress EUCARPIA. Piment Ed. E.. Pochard, pp. 27-37. INRA, Avignon Montfavet, France.

PICKERSGILL, P., 1980. Some aspects of interspecific hybridization in *Capsicum*. Paper presented during the fourth meeting of the EUCARPIA *Capsicum* working group, Wageningen, Netherlands.

PICKERSGILL, P., 1988. A multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. *Biol. Zent. Bl.* 107:381-389.

PICKERSGILL, P., 1991. Cytogenetic and evolution in *Capsicum*. In: *Chromosome engineering in plants: Genetics, Breeding, Evolution*. Edited by T. Tsuchiya and P.K. Gupta, Elsevier.

POCHARD, E., PALLOIX, A., A, M, DAUBEZE, 1986. The use of androgenetic autodiploid lines for the analysis of complex resistance systems in peper. Paper presented at the fifth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of *Capsicum* and Eggplant.

TANKSLEY, S. D., C. M. RICK, 1980. Linkage relationship and chromosomal locations of enzyme coding genes in peper, *Capsicum annuum*. *Chromosoma (Berl.)* 89:352- 360.

TANKSLEY, S. D., 1984. Isozymic gene linkage map of tomato: applications in genetics and breeding. *Theor. Appl. Genet.* 57:161- 165