

SEBZELERDE ERKEK KISIRLIĞI MEKANİZMASINDAN YARARLANILARAK F₁ HİBRİT TOHUM ÜRETİMİ

Onur KARAAĞAÇ¹

Ahmet BALKAYA^{*2}

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

*e-mail: abalkaya@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 19.12.2008

Kabul Tarihi: 25.03.2009

ÖZET: Sebze çeşit ıslahında; son yıllarda adaptasyon, verim, kalite, hastalık ve zararlılara dayanıklılık yönünden istenen özelliklere sahip çeşitlerin geliştirilmesi ve tohum üretimine yönelik olarak önemli başarılar elde edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda polinasyon kontrol yöntemleri de kullanılmaya başlanmıştır. F₁ hibrit tohumluğunun daha kolay ve ekonomik olarak üretilebilmesi amacıyla sebze ıslahında, polinasyon kontrol yöntemleri üzerinde çok sayıda araştırmalar yürütülmüştür. Sebze türlerinden soğan, havuç ve lahanagillerde erkek kısırlığından yararlanılarak F₁ hibrit tohum üretimi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. *Solanaceae* familyasına ait sebze türlerinde ise pratik kullanım imkanı bulunsa bile pratikte sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu derlemede sebzelerde erkek kısırlık mekanizmasından yararlanılarak F₁ hibrit tohum üretiminin aşamaları ve ıslah programlarında kullanıldığında karşılaşılan sorunlar detaylı olarak verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Çeşit, Erkek kısırlığı, Hibrit tohum, Sebze

F₁ HYBRID SEED PRODUCTION IN VEGETABLE BREEDING USING MALE-STERILITY

ABSTRACT: Important achievements were obtained in vegetable breeding regarding seed production and development of prominent varieties displaying high performance in respect to adaptation, yield and resistance to diseases and pests in recent years. Pollination control methods were used to produce F₁ hybrid vegetable seeds easily and economically. F₁ hybrid seed has been produced extensively by using male sterility in vegetable species like onion, carrot and cabbages in recent days. Male sterility may also be used in vegetables belonging to the *Solanaceae* family, but there are some practical problems. The F₁ hybrid seed production stages using male sterility and the arising problems in breeding programs have been reviewed in detail in this article.

Keywords: Variety, Male sterility, Hybrid seed, Vegetable

1. GİRİŞ

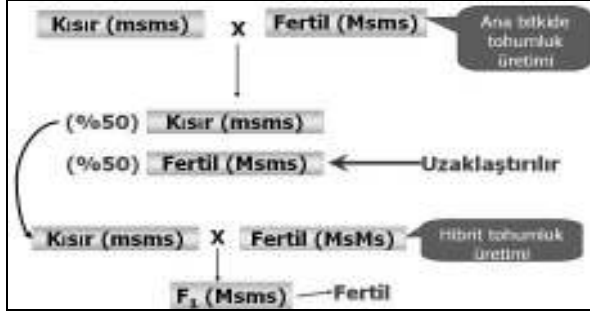
Günümüzde sebze türlerinde hibrit çeşitlerin kullanım oranı oldukça yaygınlaşmıştır. Hibrit çeşitlerde; verim, kalite, dayanıklılık ve adaptasyon yeteneği gibi faktörlerin iyileştirilmiş olmakla birlikte, F₁ hibrit tohumluğu tek kullanımlık olması nedeniyle de ticari bir önem taşımaktadır (Kaloo, 1988). Yüksek oranda yabancı tozlanma gösteren bazı sebze türlerinde hibrit tohumların üretilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Bu türlerin çiçek yapılarının küçük ve melez başına elde edilen tohum sayılarının az olması büyük alanlarda hibrit tohum üretimi maliyetini artırmaktadır. Bu nedenle erkek kısırlığı, bitki ıslahçıları ve hibrit tohum üreticilerinin en çok arzuladığı özelliklerin başında gelmektedir (Tatlıoğlu, 2008). Erkek kısırlığı, erkek organların fonksiyonel olmaması sonucunda canlı polenlerin oluşmamasıdır. Kalıtsal olan erkek kısırlık oluşumu, ya kromozomlar üzerindeki bazı genler ya da stoplazmanın kalıtsal mekanizması tarafından kontrol edilmektedir (Budar ve Pelletier, 2001). Hibrit tohum üretimi yapan firmalar, erkek kısır hatların elde edilmesi için önemli miktarlarda yatırımlar yapmaktadırlar (Mackenzie, 2004). Geniş alanlarda hibrit tohum üretiminde kendine döllenmeyi engellemek için dişi hatlarda erkek organların emaskulasyonu ile bu çiçeklerin melezlenmesi gerekmektedir. Bu işlem maliyeti arttırdığı gibi yoğun bir iş gücüne de ihtiyaç göstermektedir. Bu nedenle, domates, biber, patlıcan, karpuz gibi bazı sebze türlerinde de, melezleme

işlemlerinde zorluklar bulunmamasına rağmen, erkek kısırlığı sistemi geliştirilmesine yönelik araştırmalar da halen devam etmektedir. Sebzelerde F₁ hibrit tohum üretiminde erkek kısırlığı sisteminin kullanımı tohumculuk sektörü gelişmiş olan ülkelerde son yıllarda büyük artış göstermiştir. Ülkemizdeki ıslahçıların da bu yöntemi kullanarak ıslah çalışmalarına başlaması sonucunda hibrit çeşitlerin çok daha ekonomik bir şekilde üretimi söz konusu olabilecektir.

2. ERKEK KISIRLIĞI TİPLERİ

2.1. Genetik Erkek Kısırlığı (GMS)

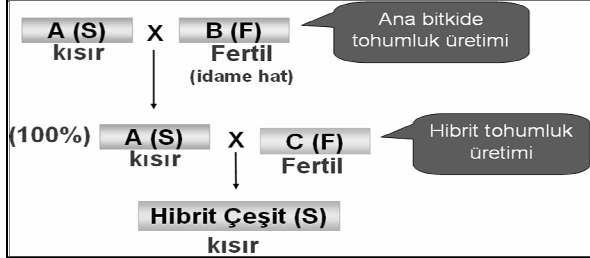
Genetik erkek kısırlığı, genellikle resesif bir gen çifti tarafından idare edilmekte ve "msms" şeklinde sembolize edilmektedir. Bu tip erkek kısırlığı, biber, soğan ve domates gibi sebze türlerinde tespit edilmiştir (Virmani ve Ahmed, 2001). Bu sistemde "msms" genetik yapısına sahip kısır bitkilerin kendini döleyememesi sonucu saf yapıda olan erkek kısır populasyon üretilmemektedir. Kısır bitkilerin yeniden üretilebilmesi için "Msms" genotipindeki bitkilerle tozlanmakta ve elde edilen bitkiler teker teker kontrol edildikten sonra fertil olan erkek bitkiler araziden uzaklaştırılmaktadır (Şekil 1). Geriye kalan kısır bitkiler ise hibrit tohum üretiminde ana ebeveyn olarak kullanılmaktadır. Fertil bitkilerin uzaklaştırma zorluğu nedeniyle, bu kısırlık sisteminin sebze ıslahında kullanımı yaygın değildir (Ying ve ark., 2003).



Şekil 1. Genetik erkek kısırlık sisteminin idamesi ve F₁ hibrit tohumluk üretimi (Bradford, (2004)' dan değiştirilmiştir)

2.2. Stoplazmik Erkek Kısırlığı (CMS)

Stoplazmik erkek kısırlığı, doğrudan doğruya stoplazma tarafından meydana getirilmektedir. Normal stoplazma (N), kısırlığı meydana getiren stoplazma ise (S) ile gösterilmektedir. "S" stoplazmayı taşıyan bitkiler, "erkek kısır" olup yabancı tozlaşma olduğu takdirde tohum oluşumu sağlanabilmektedir. Kısır stoplazma, fertil olan stoplazmaya dominant durumu olması nedeniyle oluşan melez tohumların stoplazmaları her zaman kısır olmaktadır. Yani stoplazmik erkek kısırlığın kalıtımı sadece ana bitki tarafından sağlanmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Stoplazmik erkek kısırlık sistemi ile ana ebeveynin idamesi ve F₁ hibrit tohumluk üretimi (Bradford, (2004)' dan değiştirilmiştir)

CMS, sebzelerde F₁ hibrit tohumluk üretiminde sadece vejetatif organları tüketilen türlerde uygulanmakta olan bir sistemdir. Ürün elde edilmesi için döllenmeye gereksinim duyulan ve meyvesi yenilen sebzelerde ise CMS sistemi uygulanmamaktadır. Çünkü meydana gelen F₁ generasyonu tamamen kısır kalıtıma sahip olmakta ve bu tohumlardan meydana gelen bitkilerden ürün alabilmek için tozlayıcı bulundurulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle baş lahanası, brokkoli, turp, Çin lahanası ve karnabahar sebzelerinde günümüzde en çok kullanılan polinasyon kontrol yöntemi stoplazmik erkek kısırlığı sistemidir (Fang ve ark., 2004).

2.3. Stoplazmik Genetik Erkek Kısırlığı (CGMS)

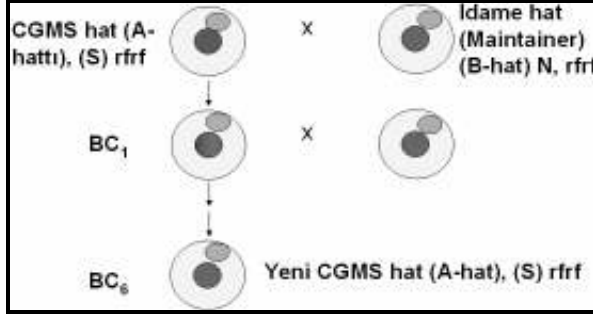
Stoplazmik genetik erkek kısırlığı yaklaşık yüz yıldır bilinmekte ve 150'nin üzerinde bitki türünde stoplazmik genetik erkek kısırlığının görüldüğü bildirilmiştir (Sofi ve ark., 2007). Stoplazmik genetik erkek kısırlığı sisteminde hem çekirdek hem de stoplazmada bulunan genlerin interaksiyonu sonucunda erkek kısırlığı oluşmaktadır. Stoplazma, genlerin homozigot resesif olduğu durumda etkisini göstermektedir. Stoplazma tipi "S" ve çekirdekte bulunan genler "rfrf" yapıda buldukları durumda "erkek kısırlığı" oluşmaktadır (Gulyas ve ark., 2006).



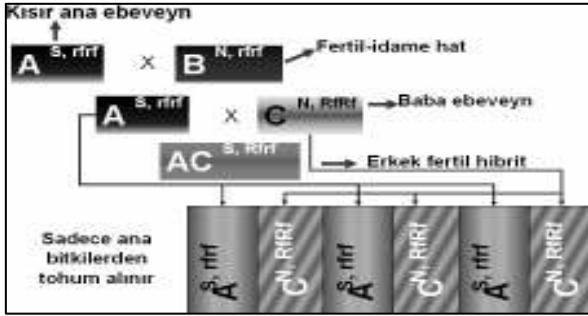
Şekil 3. Stoplazmik-genetik erkek kısırlığı sisteminin oluşturulması için gereken bitki hatları

Stoplazmik-genetik erkek kısırlığı sisteminin uygulanması için ıslah programında A, B, ve C olarak adlandırılan 3 hattın mevcut olması gerekmektedir (Şekil 3). A hattı (S, rfrf), dişi ebeveyn olarak kullanılan erkek kısır olan bitkilerdir. Tohumluk üretiminde sadece bu bitkilerden tohum eldesi mümkündür. B hattı (N, rfrf) ise genetik ve morfolojik yönden A hattına benzemekle birlikte aralarındaki fark, B hattının fertil çiçeklere sahip olmasıdır. B hattı, "maintainer", "sürdürücü" veya "idame hat" olarak tanımlanmaktadır. C hattı, tohumluk üretiminde "baba" olarak kullanılmakta ve "restorer hat" olarak adlandırılmaktadır (Shigyo ve Kik, 2008). C hattının, N ve S RfRf genotipinde olup, A ve B hatlarından genotipik yapı bakımından oldukça uzak olması gerekmektedir. Çünkü heterosis oranının yüksek olması zorunludur. A ve B hatlarının elde edilmesi oldukça zor ve uzun yıllar almaktadır. Mevcut bir kısırlık kaynağı, B populasyonu ile 5-6 generasyon geriye melezlemek suretiyle B hattına kısırlık özelliği aktarılmakta ve A hattı elde edilmektedir (Şekil 4).

Erkek kısır A hattı ile (S rfrf) ile baba (restorer) C hattı (N,S RfRf) melezlendiğinde "S Rfrf" genotipinde fertil F₁ hibritler elde edilmektedir. Bu nedenle tohum eldesi için sürekli olarak erkek kısır (A hattı) hat, idame hat (B) hat ve restorer (C hattı) hatların elimizde bulunması gerekmektedir. A ve B hattı melezlendiğinde kısır A hattı elde edilmekte, A ve C hattı aynı ortamda yetiştirildiklerinde ise emaskulasyon ve melezleme yapmadan A hattı çiçeklerinden melez F₁ hibrit tohum elde edilebilmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. Stoplazmik-genetik erkek kısırlığı sisteminde kullanılacak ana ebeveynin (A) eldesi (Bradford, (2004)' dan değiştirilmiştir)

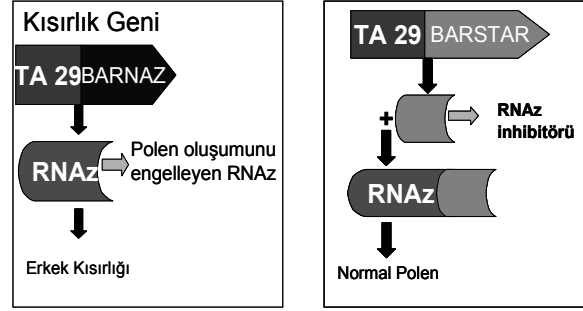


Şekil 5. Stoplazmik-genetik erkek kısırlığı sisteminde ana ebeveynin idamesi ve F₁ hibrit tohumluk üretimi (Bradford, (2004)' dan değiştirilmiştir)

2.4. Genetik Mühendisliğinden Yararlanılarak Erkek Kısır Bitkilerin Elde Edilmesi

Erkek kısırlığı sistemini oluşturmanın uzun yıllar alması ve mevcut kısır hatlarda stabilite sorunlarının ortaya çıkmasından dolayı genetik mühendisliğinden yararlanılarak erkek kısırlığının sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Williams, 1995). Mariani ve ark., (1990), “barnase” genini tütün bitkisinden izole etmişler ve tapetuma özel olan TA29 başlatıcı geninin önüne klonlayarak, *Agrobacterium tumefaciens* bakterisi aracılığı ile *Brassica napus* türüne aktarmışlardır (Turgut, 2002). Genetik mühendisliğinden yararlanılarak elde edilen erkek kısır bitkiler, “barnase” geni taşımaktadırlar. Baba ebeveyn olarak kullanılacak hatta (restorer) ise RNaz enzimini bloke ederek normal polen oluşumunu sağlayan “barstar” geni bulunmaktadır (Bradford, 2004). Barstar geninin, barnaz genine dominant olması sonucunda, baba hattın çiçek tozlarının polinasyonu ile birlikte kısır olan ana hattan melez tohumlar alınabilmektedir. Kısır hatlar ile güvenilir bir şekilde hibrit tohumluk üretimini sağlayan söz konusu sistem “SeedLink™” adıyla patentlenmiştir (Havey, 2004). Şekil 6’da genetik mühendisliği çalışmalarıyla hibrit tohum üretiminde kullanılacak ana ve baba ebeveynin nasıl oluşturulduğu sunulmuştur. Reynaerts ve ark. (1993), TA29-barnase yapısının karnabahara transfer işlemini gerçekleştirmişler ve erkek kısır bitkiler elde etmişlerdir. Ayrıca yine tütün bitkisinden izole edilen etilen reseptor genlerinin, polendeki

tapetum oluşumunu engellediği saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda etilen reseptor geninin transferi sağlanarak kavunda transgenik stabil erkek kısır bitkiler elde edilmiştir (Takada ve ark., 2006).



Şekil 6. Genetik mühendisliğinden yararlanılarak erkek kısır bitkilerin elde edilmesi (Bradford, 2004).

Diğer bir genetik mühendisliği çalışması ise Şikori (*Cichorium intybus*)’de yapılmıştır. Şikori bitkisinde de kalıtsal olarak CMS özelliği bulunmamaktadır. Bu nedenle *Helianthus petiolaris* ve *Helianthus annuus melezi olan* PET-1 hattında bulunan ve kısırlık özelliğini determine eden *ORF522* geni, şikori bitkisine aktarılabilmektedir (Lucchin ve ark., 2008). Ayrıca domatestede (Pal ve ark., 2007) ve biberde de (Dong ve ark., 2007) transgenik erkek kısır hat elde edilmesinde başarılı sonuçlar alınmıştır.

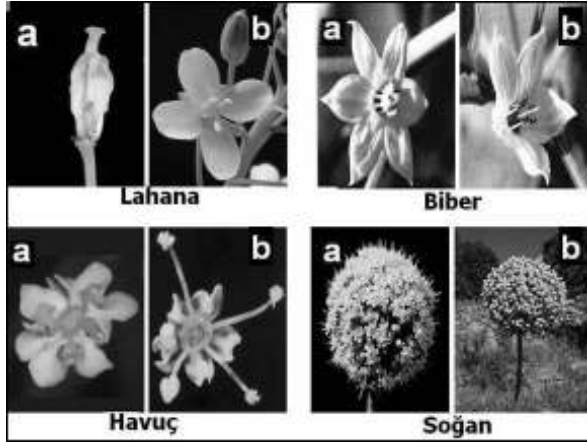
3. SEBZE TÜRLERİNDE F₁ HİBRİT TOHURLUK ÜRETİMİNDE ERKEK KISIRLIĞI SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

Günümüzde F₁ hibrit çeşitlerin bulunduğu sebze türlerinde polinasyon kontrol yöntemlerini geliştirme çalışmaları artan bir ivme ile devam etmektedir. Hibrit çeşit ıslahında, erkek kısırlığından yararlanılarak tohum üretiminde kullanılan yada bu sistemin geliştirilmesine çalışılan sebze türleri Çizelge 1’de ve bazı sebze türlerine ait kısır ve fertil çiçeklerin görünümleri ise Şekil 7’de verilmiştir.

3.1. Lahanagillerde (*Brassicaceae*) Erkek Kısırılığı Sistemi ile F₁ Hibrit Tohumluk Üretimi

Lahanagillerde kalıtsal olarak erkek kısırlığı olmadığı için son yıllara kadar hibrit tohum üretiminde sporofitik kendine uyumsuzluk sistemi yoğun olarak kullanılmaktaydı (Ordás ve Cartea, 2008). Fakat kendine uyumsuzluk sisteminin karmaşık kalıtımı (Takuno ve ark., 2007), stabilite sorununun olması ve F₁ hibrit genotiplerin kalitesinin düşük olabilmesi gibi bazı olumsuzluklarından dolayı F₁ hibrit tohum üretiminde başka arayışlara gidilmiştir. Erkek kısırlığı sistemi kullanılarak tohum üretiminin daha güvenilir olduğu tespit edilmiştir (Kuçera ve ark., 2006). Bu sistem sporofitik kendine uyumsuzluk sistemine oranla daha stabil olup çevre şartlarından daha az etkilenmektedir. (Ordás ve Cartea, 2008). Son on yıl içerisinde erkek kısırlığından yararlanılarak F₁ çeşitlerin geliştirilmesinde büyük bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Schnable ve Wise, 1998).

Brassica oleraceae türünde hibrit tohum üretiminde hem GMS hem de CMS sistemleri kullanılmaktadır (Delourme ve Budar, 1999). Doğada en çok monogenik resesif kalıtım gösteren genetik erkek kısırlığına rastlanmaktadır. Bu tip erkek kısırlığın stabilitesinin güvenilir olmaması ve hibrit tohum üretimi sırasında çiçeklenmeden önce erkek fertil bitkilerin sökülmesi nedeniyle pratikte kullanımı sınırlıdır. Bu nedenle, *Brassica* türlerinde hibrit tohum üretimi için en fazla, sitoplazmik erkek kısırlığından (CMS) yararlanılmaktadır (Delourme ve Budar, 1999).



Şekil 7. Lahana, biber, havuç ve soğan türlerine ait kısır ve fertil çiçeklerin görünümü a: Kısır çiçek b: Fertil çiçek (Hanson ve Bentolila, 2004; Gulyas ve ark., 2006; Simon ve ark., 2008)

Brassicaceae familyasına ait sebze türlerinde ticari olarak en fazla kullanılan erkek kısırlığı sistemi Ogura CMS'dir (Pelletier ve ark., 1983). İlk olarak Ogura adlı araştırmacı tarafından 1968 yılında stoplazmik erkek

kısır olan turp genotipi bulunmuştur. (Ogura, 1968). 1974 yılında kısır stoplazmalı turplar, baş lahanalar ile melezlenerek amphidiploid "*raphanobrassica*" adı verilen bitkiler elde edilmiştir. Bu bitkiler açık tozlamaya alınmış ve bunlardan elde edilen bitkilerin bazılarında erkek kısır bireylerin olduğu saptanmıştır (Bannerot ve ark., 1974). Ogura stoplazması, *Brassicaceae* familyasında hibrit tohum üretiminde kullanılan ve kendine uyumsuzluk sistemine alternatif olan bir sistemdir. Özellikle *B. oleraceae* türüne ait sebzelerde oldukça fazla miktarda ve kolaylıkla uygulanmaktadır. Ancak transfer aşamasından sonra birçok generasyon geriye melezleme yapılarak materyalin kendine has özelliğinin kazandırılması gerekmektedir. Bu yöntem, protoplast füzyon tekniği kullanılarak elde edilen sibrit hücre üretimi ile daha kısa sürede yapılabilmektedir. Baş lahanalarda kısırılık kaynağı, protoplast füzyonu tekniği ile brokoliden aktarılmıştır (Sigareva ve Earle, 1997). Kısır stoplazmanın transferinden sonra mikrospor kültürü ile "double haploid bitkiler" elde edilerek oluşturulan sitoplazmik erkek kısırılık sistemi (CMS) ile daha hızlı bir şekilde çeşitler ortaya çıkarılabilmektedir (Hawladar ve ark., 1997). Diğer bir CMS kısırılık kaynağı ise *Brassica oleraceae* türü içinde yer alan sarı şalgam (*B. napobrassica*) ile kolza'nın (*B. napus*) türlerarası melezlenmesi sonucu elde edilmiştir (Chiang ve Crete, 1985, 1987). Fang ve ark. (1997), yaptıkları çalışmada 79-399-3 nolu baş lahanada kendiliğinden mutasyon sonucu oluşmuş olan dominant genetik erkek kısırlığı tespit etmişlerdir. "Ms-cd1" geni taşıyan bu tip erkek kısırılık, Çin'de yapılan ıslah çalışmalarında yoğun olarak kullanılmakta ve hibrit tohumluk üretiminde uygulanmaktadır (Wang ve ark., 2005).

Çizelge 1. Hibrit çeşit ıslahında erkek kısırlığından yararlanılarak tohum üretiminde kullanılan yada bu sistemin geliştirilmesine çalışılan sebze türleri

Familya Adı	Sebze Türü	Kısırılık Tipi		
		GMS	CMS	CGMS
<i>Brassicaceae</i>	Baş lahanalar	X*	X	
	Karnabahar	X	X	
	Brokkoli	X	X	
	Turp	X	X	
<i>Liliaceae</i>	Soğan			X
<i>Umbelliferae</i>	Havuç			X
<i>Solanaceae</i>	Biber	X		X
	Domates	X		X
	Patlıcan	X		X
<i>Asteraceae</i>	Şikori	X		
<i>Cucurbitaceae</i>	Karpuz	X		
<i>Chenopodiaceae</i>	Bahçe Pancarı			X

*Koyu karakterler, geniş alanlarda ticari olarak hibrit tohumluk üretiminin yapılabildiğini göstermektedir

3.2. Soğanda (*Allium cepa* L.) Erkek Kısırlığı Sistemi ile F₁ Hibrit Tohumluk Üretimi

Soğanda, stoplazmik genetik erkek kısırlığı sistemi görülmektedir. İlk kısır materyal, 1943 yılında Kaliforniya’da yetiştirilen İtalyan kırmızı soğan çeşidinde keşfedilmiştir (Budar ve Pelletier, 2001). Soğanda F₁ hibrit tohum üretiminde üç farklı tipte kısır stoplazma kaynağı kullanılmaktadır. Bunlar;

a. CMS-S: Jones ve Clarke (1943), tarafından İtalyan kırmızı soğan çeşidinde bulunmuştur.

b. CMS-C: Banga ve Petiet (1958), tarafından *Rijnsburger* soğan çeşidinde tespit edilmiştir.

c. CMS-T: Berninger (1965), *Jaune paille des vertus* çeşidinde rastlanmıştır.

F₁ hibrit soğan çeşitlerinin geliştirilmesinde en çok kullanılan kısır kaynak, CMS-S’dir. CMS-T tip kısır stoplazma kaynağına ise sadece Hollanda ve Japon soğan çeşitlerinde rastlanmıştır (Shigyo ve Kik, 2008).

CMS kısır tip Frenk soğanı (*Allium schoenoprasum* L.) ve gal soğanında da (*A. fistulosum* L.) tespit edilmiştir. Frenk soğanında bulunan CMS’nin tetrasiklin adlı antibiyotiğe oldukça duyarlı olduğu belirlenmiştir (Tatlıoğlu, 1986). Duyarlılığın resesif homozigot (aa) allellerle determine edildiği ve bu özelliğin erkek kısırlığın idamesinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Tatlıoğlu ve Wricke, 1988)

Son yıllarda yabancı bir tür olan *A. galanthum*’dan yeni bir CMS kaynağı aktarılmıştır. Bu kaynağın tohum verimi yönünden CMS-S tipine benzer özellikler taşıdığı saptanmıştır (Havey, 1999). Shigyo ve Kik (2008), söz konusu kısır kaynak kullanılarak CMS sistemi geliştirildiği takdirde, hibrit soğan üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Soğanda hibrit tohum üretiminde kullanılan kısırlığın farklı kaynaklardan aktarılması son derece önemli bir faktördür. Alternatif kısır kaynakları, soğan ıslahında tek bir gen kaynağına bağımlı olmamayı sağlamaktadır. Bu durum CMS ile bağlantılı bulunan bazı hastalıklara duyarlı olma riskini de azaltmaktadır (Brewster, 1996). Nitekim 1970’li yıllarda tek bir kısır kaynak bağımlı hibrit mısır üretiminde, mısır güney yaprak yanıklığına (*Bipolaris maydis*) duyarlılığın artmasıyla büyük bir verim kaybı yaşanmıştır (Pring ve Levings, 1978).

Soğanda da diğer CGMS gösteren türlerde olduğu gibi S stoplazma ve homozigot resesif ms geni içeren hat ana olarak, N stoplazma ve msms geni ise restorer olarak kullanılmaktadır. Klasik melezleme çalışmaları ile bir soğan populasyonu veya karakterize edilmemiş açılım materyallerinden idame hatların izolasyonu için en az 4 yıl kadar bir süre gerekmektedir. Yapılan moleküler çalışmalar sonucunda markerler yardımıyla normal ve kısır stoplazmalar ayırtılabilmektedir (Havey, 1995). Moleküler marker kullanılmak suretiyle ms lokusunun klonlanması çalışmaları da yapılmış ve ileriki yıllarda yapılacak çalışmalara da temel oluşturacak bilgiler elde edilmiştir. Nitekim Ms

locusu RFLP tekniği kullanılarak 1.9 - 8.6 cM uzunlukta klonlanabilmiştir (Gökçe ve ark., 2002; Gökçe ve Havey 2002). İslahçılar; Ms lokusunun, daha yakın klonlanması halinde, test melezlemelerine gereksinim duymadan CMS idamesini sağlayacak genotipleri kısa zamanda belirleyebileceklerdir.

3.3. Havuçta (*Daucus carota* L.) Erkek Kısırlığı Sistemi ile F₁ Hibrit Tohumluk Üretimi

Stoplazmik genetik erkek kısırlığı, havuçta “kahverengi anter” ve “petaloid” şeklinde kendini göstermektedir. Soğanda kahverengi anter erkek kısırlığı ilk olarak 1947 yılında Tendersweet çeşidinde tesadüfen keşfedilmiştir (Michalik ve ark., 1988). “Kahverengi anter” daha sonra birçok çeşit ve yabancı havuç türlerinde de bulunmuştur. Bu tip erkek kısırlıkta anterler normal oluşmakta fakat polen gelişimi belli bir aşamada durmakta ve anterler daha koyu renk almaktadır. Kahverengi anter kısırlığı, günümüzde özellikle erkenci hibrit havuç çeşitlerinin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Stein ve Nothnagel, 1995). Fakat bu kısır kaynakta sık sık stabilite sorunu yaşanmaktadır. Son yıllarda Kore’de yapılan çalışmalarla stabil olan kahverengi anter kısırlığı elde edilmiş ve petaloid tipi erkek kısırlıktan daha fazla tohum verimi alınmıştır.

Petaloid erkek kısırlığı, 1953 yılında yabancı bir havuçta keşfedilmiştir. Bu tip kısır, petallerde meydana gelen bir mutasyon sonucu meydana gelmiştir. Günümüzde petaloid erkek kısırlığı, özellikle Kuzey Amerika’da hibrit tohum üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerek çiçeklenme aşamasında ve gerekse tohum üretiminde, farklı ekolojik koşullarda oldukça stabil özellikte olduğu belirlenmiştir. Ancak, petaloid kısır, özellikle geç dönemde yapılan üretimlerde kırılabilmektedir (Simon ve ark., 2008).

Günümüzde tüm dünyada kullanılmakta olan hibrit havuç çeşitlerinin %70’i ve ABD’deki çeşitlerin %90’ı petaloid erkek kısırlığı mekanizmasından yararlanılarak üretilmektedir. Geriye kalan çeşitlerin eldesinde ise kahverengi anter erkek kısırlığı kullanılmaktadır (Havey, 2004). 1992 ve 1996 yılları arasında havuçta 3 yeni kısır kaynak daha belirlenmiştir. Yeni kısır sistemleri, *D. carota* ssp. *gummifer*, *D. carota* ssp. *maritimus* ve *D. carota* ssp. *gadecaei* alt türlerinin stoplazmaları kullanılarak geliştirilmiştir (Nothnagel ve ark., 2000).

Kendilenmiş havuç hatlarına kısırlığın aktarılması ve bu sistemle hibrit tohum üretimi, diğer türlere benzer aşamalarla gerçekleştirilmektedir. Bu süreç F₂ yada F₃ generasyonunda başlamakta ve seçilen fertil genotiplerle kısır kaynak melezlenmektedir. Daha sonraki generasyonda oluşan erkek fertil hatların idame hat olarak kullanılabilme durumu, test melezlemeleri yapılarak ortaya konulmaktadır (Morelock ve ark., 1996; Simon ve ark., 2008).

3.4. Biberde (*Capsicum annuum L.*) Erkek Kısırlığı Sisteminin Kullanılabilme Potansiyeli

Biberde erkek kısırlığı, ilk olarak 1955 yılında kayıt edilmiştir. Yapılan çalışmada biberde hem genetik ve hemde stoplazmik genetik erkek kısırlığı bulunduğu saptanmıştır (Shifriss, 1997). Genetik erkek kısırlığı, ana ebeveyn üretimi sırasında meydana gelen bitkilerin %50'sinin fertil olması gibi büyük bir dezavantaja sahiptir. Buna rağmen, özellikle blok tipi ve acı biber tipi hibrit biber tohumu üretiminde kullanım alanı bulmuştur (Crosby, 2008). ms-509 hattı blok tipi biberlerde, MS-12 hattı ise acı biberlerde hibrit tohum üretiminde kullanılmaktadır (Hundal ve Dhall, 2005). Tatlı biber genotiplerinin büyük bir bölümünde ise *Rf* geninin olmaması, erkek kısırlığı ile F_1 hibrit tatlı biberlerin üretimini sınırlamaktadır (Kumar ve Singh, 2004). Havuç ve soğanda başarı ile uygulanmakta olan CGMS sistemi, GMS sistemine göre daha avantajlı olmasına rağmen biberde stabilite sorununu oluşturmaktadır. Özellikle düşük sıcaklıklarda kısır bitkiler, fertil hale dönüşebilmektedir. Lee ve ark. (2005), stabil CMS özelliği taşıyan *St* geni üzerindeki çalışmalarda başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Buna ek olarak kısır ve fertil stoplazmaları moleküler markerler ile belirlemeye yönelik yöntemlerde geliştirilmiştir (Kim ve Kim, 2005). Kısır hatlardaki stabilite probleminden dolayı geniş alanlarda CGMS sistemi kullanılarak yapılan hibrit tohum üretiminde sorunlarla karşılaşmaktadır. Ancak geniş alanlarda GMS sistemi kullanılarak ticari F_1 hibrit biber tohumluk üretimi de yapılabilmektedir (Lee ve ark., 2008).

3.5. Patlıcanda (*Solanum melongena L.*) Erkek Kısırlığı Sisteminin Kullanılabilme Potansiyeli

Patlıcanda genetik erkek kısırlığı sisteminin, hibrit tohumluk üretiminde kullanılabilirliği üzerine çalışmalar halen devam etmektedir. Phatak ve ark., (1990), "Florida Highbush" adlı çeşitten mutasyon sonucu meydana gelen ve fonksiyonel erkek kısır olan UGA 1-MS hattını belirlemişlerdir. Daha sonra bu kısırılık özelliğinin monogenik resesif kalıtmı olduğu ve *fms* geni ile determine edildiği bulunmuştur. Bu genin mor meyve rengi ile bağlantılı olduğu da bilinmektedir. Tian ve ark. (2004), UGA 1-MS hattını ıslah programında kullanarak restorer hatları elde etmişler ve hibrit tohum üretiminde kullanılabilme potansiyelini ortaya koymuşlardır. Ancak ana ebeveynin tohum üretimi sırasında canlı polen taşıma riski de bulunabilmektedir. Isshiki ve Yoshida (2002), *S. violaceum* (dişi) ve *S. melongena* (erkek) türler arası melezinden genetik stoplazmik erkek kısır hatlar elde etmişlerdir. Fakat yapılan çalışmalar, henüz erkek kısır hibrit tohum üretiminde kullanılabilir hatlar elde etme düzeyindedir. Bu nedenle patlıcanda hibrit tohumluk üretiminde erkek kısırlığın kullanılabilmesi için daha fazla çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

3.6. Domateste (*Solanum lycopersicum*) Erkek Kısırlığı Sisteminin Kullanılabilme Potansiyeli

Domateste tek resesif gen ile determine edilen 3 tip erkek kısırlığı bulunmaktadır (Díez ve Nuez, 2008).

a. ms gen serisi ile kısır polen oluşumu meydana gelmektedir. Bu gen serisinin tümü (MS-48 hariç) resesif özelliğindedir. Ana ebeveyn üretimi sırasında meydana gelen bitkilerin % 50'si uzaklaştırılmaktadır. Bu işlemi, kolaylaştırmak amacıyla yapılan çalışmaların sonucunda *ms10³⁵* geni ile antosiyaninsizliği determine eden "aa geni" arasında bağlantı bulunmuş ve bu özellik morfolojik marker olarak kullanılmaya başlanmıştır

b. Stamensizlik geni olan "sl", sayesinde farklı çevre koşullarında anterlerde polen oluşumu meydana gelmemektedir.

c. Pozisyonel kısır (ps), pozisyonel kısır-2 (ps-2), kleistogamy 2 (cl-2), dialitik (dl), exserted stigma (ex) gibi özellikleri kapsayan ve mutasyonla meydana gelen fonksiyonel erkek kısırlığı kullanılabilmektedir. Bunların içerisinde en çok kullanılanı ise ps-2 genidir. ps-2 geni Vrbicanske nizke adlı çeşitten mutasyon sonucu oluşmuştur. ps-2 geni içeren kısır genotiplerle hibrit tohum üretimi, Çek Cumhuriyeti, Moldova, Bulgaristan ve Polonya gibi ülkelerde kullanılmaktadır (Atanassova, 1999).

Domates ıslahında genetik erkek kısırlığı uygulanması üzerinde çok sayıda araştırmalar yapılmış ve ms10 aa, ps ve ps-2 kısırılık kaynaklarının F_1 hibrit tohum üretiminde kullanılabilecekleri belirtilmiştir (Atanassova ve Georgiev 2002; Atanassova, 2007). Buna rağmen, günümüzde domateste geniş alanlarda F_1 hibrit tohum üretiminde erkek kısırılık sistemleri uygulanması oldukça sınırlıdır (Díez ve Nuez, 2008).

Domateste stoplazmik-genetik erkek kısırlığı kaynağı da bulunmuştur. *L. peruvianum* ve tetraploid yapıdaki *L. pennellii* arasındaki türlerarası melezleme ile "CMS – *pennellii*" kısır hattı elde edilmiştir. Tohumluk üretiminde kullanılabilmesi için gerekli test çalışmaları devam etmektedir (Stoeva-Popova ve ark., 2007).

3.7. Kabakgillerde (*Cucurbitaceae*) Erkek Kısırlığı Sisteminin Kullanılabilme Potansiyeli

Kabak türleri üzerinde (*Cucurbita pepo*, *C. maxima* ve *C. moschata*) yapılan çalışmada mutasyon sonucu oluşan *ms-1*, *ms-2* ve *ms-3* genleri tespit edilmiştir (Paris ve Brown, 2005). Genetik erkek kısırlığı olan bitki popülasyonların elde edilmesinin ve idamesinin zor olması nedeniyle kullanılmamaktadır. Sitoplazmik genetik erkek kısırlığı ise *Cucurbitaceae* familyasına ait bitki türlerinde bulunmamaktadır (Paris, 2008).

Karpuzda genetik erkek kısırlığının varlığı tespit edilmiş olup kısırlığı determine eden dört adet gen olduğu bildirilmiştir (Wehner, 2008a). Glabrous (tüysüz) erkek kısırlığı (gms) olan bitkilerin yaprakları tüysüz olup gama ışını ile mutasyon sonucunda meydana gelmiştir. Bu tür bitkiler kısır olmasına

rağmen oldukça yavaş büyüme ve gelişme göstermektedirler. Tohum verimlerinin, diğer karpuz genotiplerine oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Wehner, 2008b). İkinci tip erkek kısırılık tipi ise “Chinese erkek kısırılığı (cms) olup ms-1 geni tarafından determine edilmektedir. Bu tür bitkilerin çiçekleri küçük, büzülmüş anterli ve abortif polenli olmaktadır (Yang, 2001). Üçüncü erkek kısırılık tipi ise cücelik özelliği ile birlikte görülmekte olup “ms-dw” geni tarafından sağlanmaktadır. Bu mutantlar hibrit tohum üretiminde kullanılabilir olsalar da tohum verimlerinin düşük olması nedeniyle ümitvar değildir. Ancak ms-2 genini taşıyan genotiplerin yeterli miktarlarda tohum tuttuğu belirlenmiş ve bu genotiplerin hibrit tohum üretiminde kullanılabilceği bildirilmiştir (Wehner, 2008b).

Çekirdeksiz karpuz tohumluğu üretiminde erkek kısırılığının kullanımı ayrı bir öneme sahip bulunmaktadır. Bu tip karpuz tohumluğunun üretim maliyeti, diploid çeşitlere oranla daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni çekirdeksiz triploid yapıdaki melez tohumluğun elde edilmesinde, tetraploid yapıdaki ana ve diploid yapıdaki baba ebeveynlerin kullanılmasıdır (Aras ve Sarı, 2003). Emaskulasyon ve melezleme işlemlerini ortadan kaldırmak amacıyla diploid genotiplerde bulunan resesif yapıdaki genetik erkek kısırılığının tetraploid ana ebeveyne aktarılma çalışmaları da yapılmıştır (Love ve ark., 1986).

Kavunda ise diğer kabakgillerde olduğu gibi kalıtsal bir kısırılık mevcut değildir. Ancak mutasyon sonucu oluşmuş erkek kısır bitkiler belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarla kavunda beş adet resesif ms geni bulunmuştur (Dhillon ve Kumar, 2008). Bunlardan ms-5 genine sahip bitkilerin, ticari F₁ hibrit tohum üretiminde kullanım olanağı bulunmaktadır. Fakat GMS sisteminin dezavantajları nedeniyle geniş alanlarda tohum üretimi hala yapılamamaktadır (Pitrat, 2008). Son yıllarda genetik mühendisliği çalışmalarında, *Bacillus thuringiensis* bakterisi aracılığı ile etilen reseptör geninin aktarılmasıyla kavunda da stabil transgenik erkek kısır bitkiler elde edilebilmiştir (Takada ve ark., 2005)

4. ERKEK KISIRLIĞI SİSTEMLERİNDE DİKKAT EDİLECEK ÖNEMLİ FAKTÖRLER

Hibrit çeşidin yüksek verim ve kaliteye sahip olabilmesi için ebeveynlerinin arasında yüksek oranda pozitif heterosisin olması zorunludur. Heterosis oranının yüksek olması için ana ebeveyn ile baba ebeveynin oldukça farklı genotipik yapıya sahip olmaları gerekmektedir. Erkek kısırılığı sistemi oluşturulurken A ve C hatlarının farklı genotipik yapıya sahip olmasına dikkat edilmelidir. Elde edilen hibrit çeşit verim ve kalite kriterleri yönünden üretici tarafından istenilen özellikleri göstermezse oluşturulan erkek kısırılığı sisteminin hiç bir önemi kalmamaktadır (Apan, 1983).

Mezlenecek ebeveynlerin çiçeklenme zamanları da birbirine uyumlu olmalıdır. Çiçeklenme dönemleri

uyuşmayan iki ebeveyn tohumluk üretiminde kesinlikle kullanılmamalıdır. Aksi durumda arılarla yapılacak doğal melezleme sırasında tozlaşma gerçekleşmeyecek ve ana bitkilerden tohum alınmayacaktır.

Polinasyon kontrol sistemlerinin ekstrem sıcaklıklardan etkilenmemesi de diğer önemli bir faktördür. Sebze ıslahında erkek kısırılığı sisteminin uygulanışını sınırlayan belki de en önemli sorun, hatların stabil bir özellik gösterememeleridir. Farklı ekolojik koşullarda yada ekstrem çevre şartları altında strese girmek sureti ile kısırılık özelliği bazı durumlarda kırılabilir. Son yıllarda yapılan çalışmaların büyük bir kısmını stres koşullarından etkilenmeyen oldukça stabil erkek kısır hatların geliştirilmesi oluşturmaktadır (Sandhu ve ark., 2007).

5. SONUÇ

Hibrit tohum üretiminde, ekonomik öneminden dolayı erkek kısırılığı üzerindeki çalışmalar son yıllarda artan bir ivme kazanmıştır. Dünyada birçok ülkede sebze ıslahçıları ve tohumluk üreticilerinin erkek kısırılığı sistemi gibi polinasyon kontrol yöntemlerini yoğun olarak kullandığı bilinmektedir. Tohumluk üretim ve teknolojisinde ileri olan ülkelere, birçok sebze türünde polinasyon kontrol yöntemlerinden yararlanılarak F₁ hibrit çeşitler geliştirilmiştir. Henüz ülkemizde yüksek oranda yabancı tozlanan sebze türlerinde, ıslah çalışmaları ile geliştirilmiş yerli F₁ hibrit çeşitler bulunmamaktadır. Bu sorunun en büyük nedenlerinden birisini, F₁ hibrit çeşitlerin tohumluk üretimindeki güçlükler oluşturmaktadır. Bu nedenle ülkemizde de üniversite ve araştırma kuruluşlarının polinasyon kontrol yöntemleri ile ekonomik hibrit tohumluk üretimine yönelik çalışmalara öncelik vermesi çok önemlidir. Ayrıca yerli sebze tohumculuğumuzun daha çok geliştirilebilmesi için hibrit tohumluk üretimi yapan firmaların da erkek kısır hatların elde edilmesine yönelik olarak yatırım yapmaları ve ıslah programlarını da buna göre oluşturmaları büyük bir önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Apan, H., 1983. Sebze Islahı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Doktora Dersi Notları (Basılmamış).
- Aras, V., Sarı, N., 2003. Çekirdeksiz karpuz tohumlarında bazı uygulamaların çıkış ve fenolojik özelliklere etkileri. Alatarım, 2 (1): 1-8.
- Atanassova, B., 1999. Functional male sterility (ps-2) in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and its application in breeding and hybrid seed production. Euphytica, 107(1):13-21.
- Atanassova, B., 2007. Genic male sterility and its application in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Hybrid Breeding and Hybrid Seed Production. Proc. IIIrd Balkan Symp. on Vegetables and Potatoes. Acta Hort., 729:45-51.
- Atanassova, B., Georgiev, H., 2002. Using genic male sterility in improving hybrid seed production in tomato

- (*Lycopersicon esculentum* mill.). *Acta Hort.*, 579:185-188.
- Banga, O., Petiet, J., 1958. Breeding male sterile lines Dutch onion varieties as preliminary to the breeding of hybrid varieties. *Euphytica*, 7: 21-30.
- Bannerot, H., Boulidard, L., Couderon, Y., Temple, J., 1974. Transfer of cytoplasmic male sterility from *Raphanus sativus* to *Brassica oleracea*. In: Wills, A.B. & North, C. (Eds) *Proceedings Eucarpia Meeting of Cruciferae*. Scottish Horticulture Research Ins. Invergavrie, p.52-54.
- Berninger, E., 1965. Contribution a l'etude de la sterilité male de l'oignon (*Allium cepa* L.). *Ann. Amélior. Plant*, 15:183-199.
- Bradford, K.J., 2004. Seed Production and Quality. Chapter IV: Controlling male fertility, pollination and fertilization for hybrid seed production. p. 21-30.
- Brewster, J.L., 1996. Onions and Other Vegetable Alliums. CAB International, p. 256.
- Budar F. Pelletier. G., 2001. Male sterility in plants: occurrence, determinism, significance and use. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 324(6): 543-550.
- Chiang, M.S., Crete, R., 1985. Male fertile and male sterile cabbage, broccoli, and cauliflower clubroot resistant breeding lines. *HortScience*, 20: 457-458.
- Chiang, M.S., Crete, R., 1987. Cytoplasmic male sterility in *Brassica oleracea* induced by *B. napus* cytoplasm, female fertility and restoration of male fertility. *Canadian Journal of Plant Science*, 67: 891-897.
- Crosby, K.M., 2008. Pepper. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables II. Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. p. 221-248.
- Delourme, R., Budar, F., 1999. Male sterility. In: Gómezcampo C. (ed.), *Biology of Brassica Coenospecies*. Amsterdam, Elsevier Science, 185-216.
- Dhillon, N.P.S., Kumar, J., 2008. Assessment of stability of expression of various male-sterile genes in melon in sub-tropical field conditions. *Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae* (Pitrat M, ed), INRA, Avignon (France), May 21-24, 2008. p. 535-538.
- Díez, M.J., Nuez, F., 2008. Tomato. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables II Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. p. 249-323.
- Dong, K., Jeong, K., Byung-Dong, K., 2007. Isolation and characterization of the cytoplasmic male sterility-associated orf456 gene of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Molecular Biology*, 63(4):519-532.
- Fang, Z., Liu, Y., Lou, P., Liu, G., 2004. Current trends in cabbage breeding. *Journal of New Seeds*, 6:75-107.
- Fang, Z.Y., Sun, P.T., Liu, Y.M., Yang, L.M., Wang, X.W., Zhuang, M., 1997. A male-sterile line with dominant gene (Ms) in cabbage and its utilization for hybrid seed production. *Euphytica*, 97: 265-268.
- Gökçe, A.F., Havey, M.J., 2002. Linkage equilibrium among tightly linked RFLPs and the Ms locus in open-pollinated onion populations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 127:944-946.
- Gökçe, A.F., McCallum, J., Sato, Y., Havey, M.J., 2002. Molecular tagging of the Ms locus in onion. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 127:576-582.
- Gulyas, G., Pakozdi, K.J., Lee, S., Hirata, Y., 2006. Analysis of fertility restoration by using cytoplasmic male-sterile red pepper (*Capsicum annuum* L.) lines. *Breeding Science*, 56:331-334.
- Hanson, M.R., Bentolila, S., 2004. Interactions of mitochondrial and nuclear genes that affect male gametophyte development. *The Plant Cell*, 16:154-169.
- Havey, M.J., 1995. Identification of cytoplasm using the polymerase chain reaction to aid in the extraction of maintainer lines from open-pollinated populations of onion. *Theor. Appl. Genet.*, 90:263-268.
- Havey, M.J., 1999. Seed yield, floral morphology, and lack of male-fertility restoration of male-sterile onion (*Allium cepa* L.) populations possessing the cytoplasm of *Allium galanthum*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 124: 626-629.
- Havey, M.J., 2004. The use of cytoplasmic male sterility for hybrid seed production. Chapter 23. *Molecular Biology and Biotechnology of Plant Organelles*. p. 623-634.
- Hawclader, M.S.H., Mian, M.A.K., Ali, M., 1997. Identification of male sterility maintainer lines for Ogura radish (*Raphanus sativus* L.). *Euphytica*, 96: 297-300.
- Hundal, J.S., Dhall, R.K., 2005. Breeding for Hybrid Hot Pepper. *Journal of New Seeds*, 6: (2) 31-50.
- Isshiki, S., Yoshida, S., 2002. Characteristics of the cytoplasmic male sterility in the eggplant (*Solanum melongena* L.) carrying the cytoplasm of *S. violaceum* ort. *Bull. Fac. Agr, Saga Univ*, 87: 87-93.
- Jones, H.A., Clarke, A.E., 1943. Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 43: 189-194.
- Kaloo, D., 1988. *Vegetable Breeding, Vol. 1*. CRC Pres Inc., Boca Raton, Florida, p. 239.
- Kim, B., Kim, D.H., 2005. Development of SCAR markers for early identification of cytoplasmic male sterility genotype in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *Mol. Cells*, 20: 416-422.
- Kučera, V., Chytilová, V., Vyvadilová, M., Klíma, M., 2006. Hybrid breeding of cauliflower using self-incompatibility and cytoplasmic male sterility. *Hort.Sci.(Prague)*, 33: (4) 148-152.
- Kumar, S., Sing, P.K., 2004. Mechanisms for hybrid development in vegetables. *Hybrid Vegetable Development* (Edit: Singh, P.K., Dasgupta, S.K., Tripathi, S.K). p. 383-410.
- Lee, J., Lee, D.H., Park, H.G., 2005. Mapping of St locus flanking region related to incomplete phenotype of cytoplasmic-genic male sterility in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant and Animal Genome, XIII*. p. 194.
- Lee, J., Lee, W. P., Do, J. W., Ryu, H., Kim, S. H., Park, H. G., Han, J.H., Yoon, J. B., 2008. A caps marker linked to the genic male sterility gene in the colored sweet pepper, paprika (*Capsicum annuum* L.). The 19th International Pepper Conference, September 7-10, 2008 Atlantic City, New Jersey USA. Basımda
- Love, S. L., Rhodes, B. B., Nugent, P. E., 1986. Controlled pollination transfer of a nuclear male sterile gene from a diploid to a tetraploid watermelon line. *Euphytica*, 35:636-638.
- Lucchin, M., Varotto, S., Barcaccia, G., Parrini, P., 2008. Chicory and endive. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. 1:3-49.
- Mackenzie, S., 2004. The influence of mitochondrial genetics in crop breeding strategies. *Plant Breeding. Rev.* 25, 115-138.

- Mariani, C., De Beuckeleer, M., Truettner, J., Leemans, J., Goldberg, R.G., 1990. Induction of male sterility in plants by a chimaeric ribonuclease gene. *Nature*, 347: 737-741.
- Michalik, B., Zabaglo, A., Zukowska, E., 1988. Nutritional value of hybrids in relation to parental lines of carrot. *Acclimatization Seed Prod*, 32:251-254.
- Morelock, T.E., Simon, P.W., Peterson, C.E., 1996. Wisconsin wild: another petaloid male-sterile cytoplasm for carrot. *Hortscience*, 31(5):887-888.
- Nothnagel, T., Straka, P., Linke, B., 2000. Male sterility in populations of *Daucus* and the development of alloplasmic male sterile carrot lines. *Plant Breeding*, 119, 145-152.
- Ogura, H., 1968. Studies on the new male sterility in Japanese radish, with special reference to the utilization of this sterility towards practical raising of hybrid seed. *Mem. Fac. Agric. Kagoshima Univ*, 6:39-78.
- Ordás, A., Carrea, M.E., 2008. Cabbage and Kale. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. 1:119-150.
- Pal, A., Sandhu, S., Abdelnoor, R. V., Mackenzie, S. A., 2007. Transgenic induction of mitochondrial rearrangements for cytoplasmic male sterility in crop plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104 (6): 1766-1770.
- Paris, H.S., 2008. Summer squash. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. 1:351-380.
- Paris, H.S., Brown, R.N., 2005. The genes of pumpkin and squash. *HortScience*, 40: 1620-1630.
- Pelletier, G., Primard, C., Vedel, F., Chétrit, P., Rémy, R., Renard, M., 1983. Intergeneric cytoplasmic hybridization in *Cruciferae* by protoplast fusion. *Mol. Gen. Genet.*, 191:244-250.
- Phatak, S.C., Liu, J., Jaworski, C.A., Sultanbawa, A.F., 1990. Functional male sterility in eggplant: inheritance and linkage to the purple fruit color gene. *HortScience*, 25: 1002-1183.
- Pitrat, M., 2008. Melon. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. 1: 283-315.
- Pring, D.R., Levings, C.S., 1978. Heterogeneity of maize cytoplasmic genomes among male-sterile cytoplasm. *Genetics*, 89(1):121-136.
- Reynaerts, A., Vandewiele, H., Desutter, G., Janssens, J., 1993. Engineered genes for fertility and their application in hybrid seed production. *Scientia Hort.*, 55, 125-139.
- Sandhu, A.P., Abdelnoor, R.V., Mackenzie, S.A., 2007. Transgenic induction of mitochondrial rearrangements for cytoplasmic male sterility in crop plants. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 104, 1766-1770.
- Schnable, P.S., Wise, R.P., 1998. The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration. *Trends Plant Sci.*, 3: 175-180.
- Shifriss, C., 1997. Male sterility in pepper (*Capsicum annum* L.). *Euphytica*, 93: 83-88.
- Shigyo, M., Kik, C., 2008. Onion. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables II Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. p. 121-162.
- Sigareva, M.A., Earle, E.D., 1997. Direct transfer of a cold-tolerant *Ogura* male-sterile cytoplasm into cabbage (*Brassica oleracea* ssp. *capitata*) via protoplast fusion. *Theor Appl Genet.*, 94: 213-220.
- Simon, P.W., Freeman, R.E., Vieira, J.V., Boiteux, L.S., Briard, M., Nothnagel, T., Michalik, B., Kwon, Y.S., 2008. Carrot. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables II Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. p. 327-357.
- Sofi, P.A., Rather, A.G., Wani, S.A., 2007. Genetic and molecular basis of cytoplasmic male sterility in maize. *Communications in Biometry and Crop Science*, 2(1): 49-60.
- Stein, M., Nothnagel, T., 1995. Some remarks on carrot breeding. (*Daucus carota sativus* Hoffm.). *Plant Breeding*, 114: 1-11.
- Stoeva-Popova, P.K., Dimaculangan, D., Radkova, M., Vulkova, Z., 2007. Towards cytoplasmic male sterility in cultivated tomato. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*. Available from <http://www.scientificjournals.org/journals2007/articles/1058.htm> (Ulaşım: 01.12.2008)
- Takada, K., Kamada, H., Ezura, H., 2005. Production of male sterile transgenic plants. *Plant Biotechnol.*, 22(5): 469-476.
- Takada, K., Ishimaru, K., Kamada, H., Ezura, H., 2006. Anther-specific expression of mutated melon ethylene receptor gene Cm-ERS1/H70A affected tapetum degeneration and pollen grain production in transgenic tobacco plants. *Plant Cell Rep.*, 25(9): 936-941.
- Takuno, S., Fujimoto, R., Sugimura, T., Sato, K., Okamoto, S., Zhang, S., Nishio, T., 2007. Effects of recombination on the hitchhiking diversity in *Brassica* self-incompatibility locus complex. *Genetics*, 177: 949-958.
- Tatlıoğlu, T., 1986. Influence of tetracycline on the expression of cytoplasmic male sterility (ems) in chives (*Allium schoenoprasum* L.). *Plant Breeding.*, 97, 46-55.
- Tatlıoğlu, T., 2008. Hibrid çeşit ıslahı ve hibrid çeşit ıslahında kullanılan genetik mekanizmalar. VII. Sebze Tarım Sempozyumu. 26-29 Ağustos 2008, Yalova. (Basımda).
- Tatlıoğlu, T., Wricke, G., 1988. Genetic control of tetracycline-sensitivity of cytoplasmic male sterility (ems) in chives (*Allium schoenoprasum* L.). *Plant Breeding*, 100: 34-40.
- Tian, S., Wang, Y., Liu, F., Luo, Z.G., Pi, W., Chen, Y., Liu, J.S., 2004. Development of eggplant functional male sterile lines and its utilization. *Proceedings of the 12. Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant*, 91.
- Turgut, K., 2002. Erkek kısır bitkilerin üretimi. *Bitki Biyoteknolojisi II- Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları*, 327-333.
- Virmani, S.S., Ahmed, M.I., 2001. Environment-sensitive genic male sterility in crops. *Advances in Agronomy*, 139-202.
- Wang, X., Lou, P., Bonnema, G., Yang, B., He, H., Zhang, Y., Fang, Z., 2005. Linkage mapping of a dominant male sterility gene Ms-cd1 in *Brassica oleracea*. *Genome*, 48 (5):848-854.
- Wehner, T.C., 2008a. Overview of the genes of Watermelon. *Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae* (Pitrat M, ed), INRA, Avignon (France), May 21-24, 2008. p. 79-89.
- Wehner, T.C., 2008b. Watermelon. *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. 1: 382-418.
- Williams, M. E., 1995. Genetic engineering for pollination control. *Trends in Biotechnology*, 13: 344-349.

Yang, D.H., 2001. Characterization of a new male sterile mutant in watermelon. Cucurbit Genetics Cooperative Report, 24:52–58.

Ying, M., Dreyer F., Cai, A., Jung, C., 2003. Molecular markers for genic male sterility in Chinese cabbage. Euphytica, 132:227–234.