

## Mısır Islahında İndirgeyici Hatların Kullanımı ve Dihaploidizasyon

Mustafa YORGANCILAR<sup>1</sup> Mehmet Akif YAŞAR<sup>2</sup> Emine ATALAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya

<sup>2</sup>Beta Ziraat ve Ticaret A.Ş., Tohum Ar-Ge Müdürlüğü, Konya  
myorg@selcuk.edu.tr

### Öz

Mısır (*Zea mays* L.), insan ve hayvan beslenmesi yanı sıra endüstride de geniş kullanım alanı bulan önemli ve stratejik bir bitkidir. Değişen iklim koşulları, piyasadaki talep edilen kaliteli ürün ve yüksek verim, hastalık ve zararlıların direnç kazanması hususları sürekli olarak yeni melez çeşitlere olan talebi artırmaktadır. Mısır bitkisinde yüksek verimli ve kaliteli melezlerin geliştirilmesi için devamlı olarak üstün vasıflı ebeveyn hatların oluşturulması gerekmektedir. Klasik ıslah metodlarıyla saf hatta ulaşmak en az 6-7 generasyon sürmekte bu süre sonrasında istenilen özellikteki saf hatlar bazen elde edilememekte ve böyle durumlarda uzun süren ıslah programları başarılı olamamaktadır. Bu nedenle ıslah çalışmalarında süreyi kısaltmak ve ıslah programlarının etkinliğini arttırmak için yeni teknolojilere başvurulmaktadır. *In vivo* katlanmış haploid tekniği de bu teknolojilerden biridir. Mısırdaki haploid bitki elde etmenin temelinde indirgeyici genotip bulunur. İndirgeyici genotipler melezlemeye girerek bir generasyonda homozigot bireyler elde etme imkanı tanıyan özel genotiplerdir. Bu genotipler ıslah programının amacına uygun olarak belirlenen heterozigot yapıdaki bitkilerle melezlenir ve bu melezleme sonucu elde edilen tohumlarda yapılan renk seleksiyonu ile n kromozoma sahip haploid tohumlar elde edilebilmektedir. Elde edilen haploid tohumlarda kromozom katlaması yapılarak 2n kromozomlu katlanmış haploid bitkiler elde edilir. Bu teknoloji sayesinde %100 homozigot hatlar 2-3 generasyonda elde edilebilmekte, ıslah çalışmalarının süresi kısaltılmakta, hızlı ve güvenilir bir şekilde ıslah programlarının etkinliği artmaktadır. Bu derlemede; mısır bitkisinin ve mısır ıslahının tarihçesi, *in vivo* katlanmış haploid tekniğinin mısır ıslah çalışmalarında kullanılması ve mısır ıslah programlarına sağlayacağı faydalar ele alınmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Bitki ıslahı, katlanmış haploid, indirgeyici hat, *in vivo*

### Use of Inducer Lines and Dihaploidization in Maize Breeding

#### Abstract

Corn (*Zea mays* L.) is an important and strategic plant that has wide use in both human and animal nutrition and industry. Changing climatic conditions, high quality products demanded from the market, high yields, resistance to diseases and pests continuously increase the demand for new hybrid varieties. New pure lines have to be continuously developed for the development of high-yield and high quality hybrids in maize plants. The access to the pure line by classical breeding methods is at least 6-7 generations since both the genetic factors and the environmental conditions are influenced after this time, the pure lines with the desired properties cannot be obtained and the breeding program is not successful. For this reason, new technologies are used to shorten the time in breeding activities and to increase the efficiency of the breeding programs. *In vivo* double haploid technique is one of these technologies. The basis of obtaining haploid plant in maize is the inducer genotype. Inducer genotypes are special genotypes that allow hybridization to be obtained in a generation by obtaining homozygous individuals. This genotype with the main plant determined according to the purpose of the breeding program is hybridized and thus obtain haploid seeds with n chromosome. In the obtained haploid seeds, chromosomes are folded and double haploid plants with 2n chromosomes are obtained. Thanks to this technology, 100% homozygous lines can be obtained in 2-3 generations, shorten the duration of breeding activities and increase the efficiency of breeding programs quickly and reliably. In this review; the history of maize plant and maize breeding, the *in vivo* double haploid technique for corn breeding studies and the benefits of maize breeding programs were discussed.

**Keywords:** Plant breeding, double haploid, inducer line, *in vivo*

## 1. Giriş

Mısır, buğdaygiller (*Poacea*) familyasına ait tek çenekli bir bitkidir. Mısır,  $2n=20$  kromozoma sahip diploid bir bitkidir. Mısır, deniz seviyesi ile 3000 metreye kadar olan yüksekliklerde Dünya'nın farklı bölgelerinde ve ayrıca birçok toprak tipinde tarımı yapılabilmektedir.

Mısır, binlerce yıldan beri tarımı yapılan birkaç ender bitkiden biridir. Yapılan arkeolojik kazılardan elde edilen veriler, mısır bitkisinin 8 000 ile 10 000 yıllık bir geçmişe sahip olduğunu göstermektedir. Taksonomide mısırın yabani akrabası olarak sınıflandırılan *Teosinte*, Guetamala ve Meksika'nın doğal florasında bulunan endemik bitkiler arasında yer aldığı için mısırın orijininin Meksika olduğu düşünülmektedir. Bugüne kadar mısırın orijin ve tarihine ilişkin kesin bir bilgi elde edilememekle birlikte, çeşitli teoriler halen günümüzde tartışılmaktadır (Wilkes, 1966).

Mısır, hem insan ve hayvan beslenmesinde hem de endüstride geniş kullanım alanı bulan buğday ve çeltikten sonra en fazla tarımı yapılan önemli ve stratejik bir bitkidir. İçerdiği zengin besin maddeleri açısından insan beslenmesinde kullanılmasının yanı sıra, nişasta, yağ, glikoz ve yem sanayisinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması, endüstride farklı ürünlerin elde edilmesinde hammadde olarak kullanılmasından dolayı mısıra olan talep hızlı bir şekilde artış göstermekte, buna paralel olarak tüm bu ihtiyaçlara cevap verecek kaliteli, yüksek verimli çeşitlerin ıslah edilmesi gerekmektedir.

Kültüre alınışı ve tarıma girişi çok eskilere dayanan mısır, ıslah çalışmalarında geçmişten günümüze model bitki olmuştur. Yabani bir bitkinin kültüre alınması ve zayıf bir koçan yapısından iri taneli yüksek verimli bir bitkinin elde edilmesi geçmişte ıslah metodlarının kullanılması ile mümkün olmuştur (Kahraman ve ark., 2013).

Türkiye'nin coğrafi konumundan dolayı eski ticaret ve ulaşım yolları üzerinde bulunması birçok mısır çeşidinin ülkemize gelmesine neden olmuştur. Diğer yandan zaman içerisinde yabancı tozlaşma nedeniyle birçok doğal melez varyete ortaya çıkmıştır (Kün, 1985). Anadolu'da Zuhukowsky ve arkadaşlarının 1951 yılında topladıkları materyallere ilişkin ilk bulgularında, 9 adet sert mısır, 5 adet cin mısır, 3 adet at dişi mısır varyetesini içerdiği en yaygın olanın sert ve cin mısır olduğu, ayrıca Karadeniz Bölgesinde sert mısırın da yer aldığını belirtmişlerdir (Öner ve ark., 2013).

Türkiye'de melez mısır çalışmalarına 1950 yılında başlanmıştır. Başlangıçta FAO kanalıyla ABD'den getirtilen çok sayıda melez mısır Türkiye'nin mısır tarımı yapılan çeşitli ekolojik bölgelerinde denemeye alınmış, bu arada yurt içinden ve yurt dışından temin edilen materyal ile kendileme çalışmaları başlatılmıştır. Melez mısır ıslahının esasını teşkil eden kendilenmiş hatların elde edilmesi çalışmalarına da hız verilmiştir (Arıkoğlu, 1979). Mısırdaki tane verimi 1950 yıllarında dekara 109 kg iken yapılan ıslah çalışmaları sonrasında 1970 yılında verim 161 kg olarak gerçekleşmiştir.

1973 yılında Ülkesel Mısır Araştırma Projesi'nin başlaması ile araştırmalar proje ilkelerine göre yönlendirilirken, ilk kez bölgesel hedefler ülke geneline uyarlanmaya başlanmıştır. CIMMYT ile başlayan ilişkiler ve metodolojideki değişiklikler önemli yenilikler ortaya çıkarmıştır. 1973-1979 yılları arasında daha çok kompozit çeşit geliştirilmeye ağırlık verilmiştir. 1980 yılından itibaren melez mısır ıslahına ağırlık verilmeye başlanmış olup, 8 adet melez mısır çeşidi elde edilmiştir (Yanıkoglu, 2013).

1980 sonrasında biyoteknolojinin başarılı uygulamaları ile mısır ıslahında önemli çalışmalar sonuçlandırılmıştır. Mısır ıslahında moleküler teknolojiler başarılı bir şekilde seleksiyon aşamasında kullanılmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesi, genom düzeyinde ıslaha olanak vermesi ve haploid bitki üretim teknolojileri son yıllarda öne çıkmaktadır.

Ülkemiz mısır ıslah programları gerekli alt yapı gelişimlerini tamamlamış olup, son yıllarda yeni teknolojilerin uygulamaya alınması ile daha da etkin ıslah programları yürütülmeye başlanmıştır.

## 2. İndirgeyici Hat Tekniği

*In vivo* haploid tekniği ile çok kısa sürede saf hatlar elde etmek mümkündür. Tekniğin temelinde ‘indirgeyici hat/genotip’ bulunmaktadır. İndirgeyici hattan/genotipten gelen polen, yumurta hücresinin sadece haploid maternal genom içeren bir embriyoya gelişimini tetikler. *In vivo* gynogenesis olarak tanımlanan özellik sayesinde indirgeyici genotip ile tozlanan hatlardan haploid embriyolar elde edilmektedir (Dwivedi ve ark., 2015; Anonim, 2017). İndirgeyici hatlar tozlayıcı olarak kullanılmakta ve toz verdiği bitkinin koçanlarında haploid olan tohumların oluşmasını sağlamaktadır. *In vivo* tekniği ile haploid bitki elde etmede “maternal haploidi” ve “paternal haploidi” olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. İndirgeyici hattın polen verici yani baba olarak kullanılması yöntemine maternal haploidi, indirgeyici hattın polen alıcı yani ana olarak kullanılması yöntemi ise paternal haploidi olarak ifade edilmektedir. Maternal haploid yöntemi ile elde edilen haploid oranı, paternal haploid yöntemine göre daha yüksektir (Cerit ve ark., 2016). Maternal haploid tekniğinde donör olarak kullanılan İndirgeyici hatların haploid bitki oluşturma oranı %0.1 iken, günümüzdeki indirgeyici hatların atası olarak nitelenen Stock 6 indirgeyici hattından geliştirilen modern indirgeyici hatlar ile bu oran %6-14’e kadar yükselmiştir (Coe, 1959; Geiger, 2011). Donör olarak kullanılan indirgeyici hatların haploid bitki elde etme başarılarında önemli farklılıklar saptanmıştır. Bu başarı oranını genotipin yanında çevresel faktörler, kullanılan metot ve toz verme zamanı da etkilemektedir (Röber ve ark., 2005).

Özel "indirgeyici" hatlar 1950’lerin başlarında keşfedilmişse de, son 10 yıl içerisinde stabil bir üretim protokolü geliştirilmiştir ve son zamanlarda rutin olarak mısır ıslah çalışmalarında kullanımı yaygınlaşmıştır (Özgören, 2015). Haploidler fenotipik belirteçlerle diploidlerden veya yetişkin aşamada bitki özelliklerinde farklılıklardan kolaylıkla ayırt edilebilir (Chaikam ve ark., 2018). Konvansiyonel yöntemlerle kıyaslandığında indirgeyici hatların ıslahta süre açısından avantaj sağladığı (Khakwani, 2015), bu nedenle yürütülen birçok mısır ıslah programında indirgeyici hatların kullanıldığı ve dihaploidizasyon ile yeni mısır varyetelerinin geliştirildiği bildirilmiştir (Vanous ve ark., 2017; Anonim, 2017).

Modern indirgeyici olarak bilinen ve Hohenheim Üniversitesi Bitki Islahı Enstitüsünde geliştirilen RWS ve RWK-76 adlı hatlar, son yıllarda geliştirilen en etkili indirgeyici hatlardan olup KEMS ile WS14 indirgeyici hatlarının melezinden elde edilmiştir. Mısır ıslahında bu hatlar haploid tohum elde etmede kullanılmakta ve indüksiyon oranı yaklaşık %8-12 civarlarındadır. Bu hatlar ılıman iklimlere adaptasyonu iyi olan hatlar olduğu gibi tropikal iklimlere de uyum sağlayabilen hatlardır. İndirgeyici hat tekniği dünyada farklı araştırmacılar, kurum ve kuruluşlar tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. WS14, W23, Stock 6 (Lashermes ve Beckert, 1998), ZMS (Chalyk, 1994), CAUHOI (Liu ve Song, 2000), MHI, M741H (Eder ve Chalyk, 2002), KEMS (Röber ve ark., 2005), UH400 (Kebede ve ark., 2011) JAAS3 (Cai ve ark., 2007), CAU-5 (Xu ve ark., 2013) gibi birçok indirgeyici hat/genotip ile çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Türkiye’de ise ilk defa 2018 yılında Mısır Araştırma Enstitüsü tarafından **ADAIL-1** ve **ADAIL-2** indirgeyici hatları geliştirilmiştir ve 28 Ocak 2019 Sıcak İklim Tahılları Tohumluk Tescil Toplantısında üretim izni almıştır.

### 3. İndirgeyici Hatların Çalışma Mekanizması ve Haploidlerin Eldesi

İndirgeyici hatlar kullanılarak haploid bitki üretiminin gerçek mekanizmasının tam olarak bilinmemesinin yanı sıra bu konu ile ilgili çeşitli hipotezler ortaya atılmıştır. Bunlardan ilki, çift döllenenin yerine tek döllenenin meydana gelmesidir. İndirgeyici hatta bulunan, donör bitkiyi dölleyecek olan iki sperm aynı oranda gelişmemekte ve spermelerden sadece bir tanesi döllene için hazır halde bulunmaktadır. Döllene sırasında uygun halde bulunan sperm, 2n kromozoma sahip sekonder çekirdekle birleşerek endospermi meydana getirirken, yumurtalık döllene memekte ve bunun sonucunda ise haploid embriyo oluşmaktadır (Belicuas ve ark., 2007). Döllene memiş yumurta hücresinin gelişimi, tek döllene meyle ortaya çıkan endosperm oluşumu ile başlamaktadır. Bir diğer hipoteze göre ise, indirgeyici hatlar kullanılarak haploidlerin üretilmesi kromozom eliminasyonu içermektedir (Gernand ve ark., 2005, Zhang ve ark., 2008). Bu hipotezde yumurtalık indirgeyici spermi ile normal olarak döllene n ancak indirgeyici hattan gelen kromozomlar döllene meden birkaç gün sonra bozulurlar. Bozulan bu kromozomlar hücre bölünmesini takip eden üç hafta içerisinde elimine edilirler ve sonunda haploid embriyo oluşur.

### 4. Haploid Bitkilerin Belirlenmesi

Somatik hücrelerinde, ait olduğu bitki türünün gamet hücrelerinde bulunan kromozom sayısı kadar kromozom bulunduran bitkilere haploid bitki adı verilmektedir (Şehirali ve Özgen, 2013). Diploid bitkilerden oluşan haploidler, tek kromozom setine sahiplerdir yani her bir lokustaki allelerden sadece bir seriyi bulundurdukları için saf hatların daha kısa sürede elde edilmesini de sağlar. Haploid bitkiler, morfolojik görünüşleri bakımından normal bitkilerde bulunan tüm organlara sahip oldukları halde, diploid bitkilere oranla hücreleri daha küçük olduğu için boyları daha kısa, yaprakları küçük ve verimli değildir (Yılmaz, 2005). Çiçekleri de diploidlere oranla küçük olan haploidler, hücrelerinde taşıdıkları kromozom sayısı bakımından indirgenmiş gametlerin yapısını gösteren bitkilerdir. Bu bitkiler gamet oluşturamadıkları için kısır dırlar ve tohum oluşturamazlar. Haploid bitkilerin ıslah programlarında kullanılabilmesi için yeniden verimli diploid bitkilere dönüştürülmesi gerekmektedir (Yaralı ve Yanmaz, 2013).

Başlangıç materyallerinin indirgeyici hatlarla melezlenmesinden sonra elde edilen koçanlarda 3 farklı fenotipe sahip tohum oluşması beklenmektedir. Birinci kategorideki tohumların embriyosu ve endospermi normal renge sahip tohumlar kontaminasyondan dolayı yabancı toz almış olan haploid olmayan diploid tohumlardır. Bu kategorideki tohumlar toplamda çok az bir orana sahiptir. İkinci kategoride yer alan mor renkli embriyo ve mor renkli endosperme sahip tohumlardır ve tüm mor fenotipleri içerirler, indirgeyici hat ile normal döllene me sonucu oluşmuş olan diploid tohumlardır. Bu kategorideki tohumlar toplamda en yüksek orana sahip tohumlardır. Üçüncü kategoride yer alan renksiz embriyo ve mor renkli endosperme sahip tohumlar ise haploid embriyoyu temsil eden tohumlardır (Cerit ve ark., 2016). Bu tohumlar sadece donör bitkinin haploid genomuna sahip olduğunu göstermektedir. Sadece bu tohumlar katlanmış haploid üretiminde kullanılır.



Şekil 1. İndirgeyici hatlar, melezler ve haploid tohumların görünüşü

Haploid bitkilerin tanımlanması, flowsitometri cihazı ile, çiçek tozlarının boylarının ölçülmesi, epidermis hücrelerinde kloroplastların sayılması, karyotipik çalışmalarla kromozom sayılarak belirlenmesinin yanısıra, *R1-nj* renk markörü yardımıyla moleküler düzeyde çok daha hızlı, basit ve ucuz bir şekilde yapılmaktadır. Dominant kırmızı tane rengi geni *R1-nj* (*A1* ya da *A2* ve *C2* geni ile birlikte), bu gen *aleuron* (endosperm parçası) ve *scutellum* (embriyo parçası)'da derin renklenmeye sebep olur (Dang ve ark, 2012). CIMMYT'de kullanılan "indirgeyici" hatlar, kalıtımı dominant olan, gövde ve tohumun mor renge sahip olmasını sağlayan gene (antosiyenin işaretleyici gen *R1-nj*) sahiptir. İndirgeyici hatlar ile yapılan tozlamadan sonra haploid tohumların seleksiyonunda, tohumun *aleuron* kısmında kırmızı renkliliği veren "red crown" veya "navajo" olarak tanımlanan dominant antosiyenin pigmentinin ifadesini düzenleyen markör geni ile rahatlıkla seçilebilmektedir (Cerit ve ark., 2016; Vanous ve ark. 2017; Chaikam ve ark., 2018). Embriyo ve endospermdeki bu renk farklılıklarından yararlanarak haploid tohumlar fenotipik olarak belirlenmektedir. İndirgeyici hatlar ile başlangıç materyallerinin melezlemesinden sonra elde edilen koçanlarda 3 farklı fenotipte tohum oluşması beklenmektedir. Birinci kategorideki tohumların embriyosu ve endospermi normal renge sahip tohumlardır ve kontaminasyondan dolayı yabancı toz almış olan haploid olmayan  $2n$  diploid tohumlardır. İkinci kategoride yer alan mor renkli embriyo ve mor renkli endosperme sahip tohumlar indirgeyici hat ile normal dölleme sonucu oluşmuş olan diploid tohumlardır. Üçüncü kategoride yer alan renksiz embriyo ve mor renkli endosperme sahip tohumlar ise haploid embriyoyu temsil eden tohumlardır (Şekil 1).

## 5. Dihaplodizasyon

Haploid olarak seçilen tohumlar  $n=10$  kromozomlu yapıda olup geliştiklerinde steril durumda bitkiler meydana getirirler. Haploid bitkilerin  $2n=20$  kromozomlu fertil bitki oluşturacak duruma gelebilmesi için kromozom katlaması yapılması gerekmektedir. Kromozom katlayıcı ajan olarak kolhisin, kloral hidrat, eter, kloroform, fenil üretan gibi maddeler kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan kolhisin, mitotik bir inhibitördür ve mitoz bölünme sırasında iğ iplikçiklerinin oluşumunu engellemekte ve kromozomların ayrılmasını inhibe etmektedir (Şehirli ve Özgen, 2013; Özgören, 2015).

Haploid olarak belirlenen tohumlar, kontaminasyon riskini en aza indirmek için fungusitle ilaçlanarak petri kabı içerisinde 2-3 gün süre ile 26 °C'de çimlendirme işlemine tabi tutulur. Koleoptil uzunluğu 2-3 cm'ye ulaştığında, koleoptil ucu ve kök ucu kesilerek kolhisin ile daha iyi nüfus etmesi sağlanır. Bitkicikler %0.06 kolhisin ve %0.5 Dimetil Sülfoksit içeren çözeltide 18 °C 'de 12 saat süreyle muamele edilir. Kolhisin uygulanırken yüksek derece güvenlik önlemleri alınmalı, koruyucu giysi, eldiven ve gaz maskesi kullanımı ihmal edilmemelidir. Kolhisin uygulamasından sonra bitkicikler saksılara şaşırtılarak 26 °C' de uygun nem içeren ortamda 2 hafta süre ile bekletilir. Daha sonra toprak hazırlığı iyi yapılmış tarlaya dikim işlemi yapılır. Kolhisin uygulaması yapılmış bitkiler %70-80 oranında hayatta kalmakta ve bu grubun içerisinde %20-30 arasında kendileme işlemi yapılabilmektedir. Eğer kolhisin uygulaması başarılı olmuş, kromozom katlanmış ise kendileme sonrasında elde edilen tohumlar katlanmış hatları oluşturmaktadırlar.

## 6. Katlanmış Haploid Hatların Çeşit Geliştirmede Kullanımı

Elde edilen katlanmış hatlar içerisinde üstün özelliklere sahip olan hatlar genel ve özel kombinasyon testlerine tabi tutularak belirlenir. Genel kombinasyon testinde elde edilen tüm katlanmış hatlar tek bir ebeveyn ile ayrı ayrı melezlenir. Böylelikle her bir katlanmış hat aynı babadan toz almış olup, bu melezlere "yoklama melezi ya da "top-cross" adı verilir. Yoklama melezlerinden elde edilen F1 tohumları, iki veya daha fazla ticari çeşitle birlikte 3-4 lokasyonda tekerrürlü verim denemelerine alınırlar. Bu denemelerde verim, çiçeklenme süresi, yatma, hastalık ve zararlılar ile ilgili gözlem ve ölçümler yapılır. Tüm bu kriterlerde üstün özellik göstermiş olan yoklama melezindeki katlanmış hatlar seçilirken, diğer katlanmış hatlar program dışı bırakılır.

Genel kombinasyon yeteneği testinde seçilen hatlar ikinci aşamada özel kombinasyon yeteneği testine alınırlar. İki hattın oluşturduğu melezdeki performansları özel kombinasyon kabiliyeti olarak adlandırılır ve hatların hangi melez kombinasyonunda daha iyi uyduğunu ifade eden bir özelliktir. Özel kombinasyon yeteneği testi için seçilen hatlar kendi aralarında diallel melezlenir. Ebeveyn aday sayısı çok yüksek değil ise melezlemeler çift yönlü (resiprokal) yapılabilir. Sayı yüksekse önce tek yönlü yapılır; özel kombinasyon yeteneğinin yüksek olduğu ebeveynler arasındaki melezlemeler ikinci aşamada bir yıl sonra resiprokal biçimde yapılarak incelenebilir. Line x tester metodu da mısır ıslahında genel ve özel kombinasyon yeteneği etkilerini belirlemede uygun ve kolay bir metottur.

Genel kombinasyon testinden seçilmiş hatların yüksek verimli bir melez oluşturmaları, hatlardan birinin yüksek verim için uygun gene sahip olmasına ve diğer hat tarafından buna yapılacak katkının derecesine bağlıdır. Özel kombinasyon testi için oluşturulan melezlerden elde edilen F1 tohumları farklı lokasyonlarda ve zamanlarda denenerek, verim, çiçeklenme süresi, yatma, hastalık ve zararlılar ile ilgili gözlem ve ölçümler yapılır, üstün verim potansiyeli ve istenen özelliklere sahip olan melez ve hatlar seçilerek tescil için hazırlanır.

## 7. Sonuç ve Öneriler

Mısır bitkisinde kaliteli, yüksek verimli ve adaptasyon kabiliyeti yüksek hibrit çeşitlerin geliştirilmesi, sürekli olarak kombinasyon kabiliyeti yüksek olan saf hatların elde edilmesi ile mümkün olmaktadır. Klasik bitki ıslahı, genetik ve çevresel faktörlerin etkisi altında olduğundan yeni bir çeşit geliştirilmesi 10-14 yıl gibi bir zaman almaktadır. Melez mısır ıslahının temel konusu olan saf hat geliştirme klasik metotlarda 6-8 yıl sürmekte, sonunda %100 homozigot saf hat elde etmek bazen mümkün olmamaktadır. Katlanmış haploid tekniği kullanılarak 1-2 yıl içerisinde %100 saf hatlar elde edilebilmekte ve ıslah süreci kısalmaktadır. Her ne kadar indirgenmiş hatların maliyeti yüksek olsa da ıslahtaki toplam zaman ve buna bağlı olarak maliyet önemli derecede azalmaktadır. Bu olumlu yönler göz önünde bulundurularak katlanmış haploid tekniğinin sürekli olarak geliştirilmesi ve ıslah programlarında uygulamaya alınması gerekmektedir.

## 8. Kaynaklar

- Anonim (2017). *Current Biology* 27. R1089–R1107, October 23, 2017.
- Arıkoğlu, O. (1979). Türkiye’de melez mısır ıslahı ve elde edilen sonuçlar. *Bitki Islahı Sempozyumu*, İzmir 2,17: 275-280.
- Belicuas, P. R., Guimarães, C. T., Paiva, L. V., Duarte, J. M., Maluf, W. R., Paiva, E. (2007). Androgenetic haploids and SSR Markers as tools for the development of tropical maize hybrids. *Euphytica* 156: 95-102.
- Cai, Z., Xu, G., Liu, X., Dong, Y., Dai, Y., Li, S. (2007). The breeding of JAAS3-haploid inducer with high frequency parthenogenesis in maize. *J Maize Sci.* 15(1):1–4.
- Cerit, İ., Cömertpay, G., Çakır, B., Hatipoğlu, R., Özkan, H. (2016). Melez mısır ıslahında *In vivo* katlanmış haploid tekniğinde kullanılan farklı Inducer genotiplerinin haploid indirgeme oranlarının belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (Özel sayı-1): 52-57.
- Chaikam, V., Nair, S. K., Martinez, L., Lopez, L. A., Utz, H. F., Melchinger, A. E., Boddupalli, P. M. (2018). Marker-Assisted breeding of improved maternal haploid inducers in maize for the tropical/subtropical regions. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1-14.
- Chalyk, S. T. (1994). Properties of maternal haploid maize plants and potential application to maize breeding. *Euphytica*. 79:13-18.
- Coe, E. H. (1959). A line of maize with haploid frequency. *The American Naturalist* 93:381-382.
- Dang, N. C., Munsch, M., Aulinger, I., Renlai, W., & Stamp, P. (2012). Inducer line generated double haploid seeds for combined waxy and opaque 2 grain quality in subtropical maize (*Zea mays* L.). *Euphytica*, 183(2), 153-160.
- Dwivedi, S. L., Britt, A. B., Tripathi, L., Sharma, S., Upadhyaya, H. D., Ortiz, R. (2015). Haploids: constraints and opportunities in plant breeding. *Biotechnol. Adv.* 33: 812-829.
- Eder, J., Chalyk, S. (2002). *In vivo* haploid induction in maize. *Theor Appl Genet.* 104:703–708.
- Geiger, H. H. (2011). *In vivo* haploid techniques. Melez mısırla 100 yıl Çalıştayı, 18-20 Mart, Antalya Özet kitapçığı.
- Gernand, D., Rutten, T., Varshney, A., Rubtsova, M., Prodanovic, S., Brüss, C., Kumlehn, J., Matzk F., Houben, A. (2005). Uniparental chromosome elimination at mitosis and interphase in wheat and pearl millet crosses involves micronucleus formation, progressive heterochromatinization, and DNA fragmentation. *Plant Cell*. 17(9): 2431–2438.
- Kahraman, F., Egesel, C. Ö., Demir, A. (2013). Türkiye’de mısır ıslahı çalışmalarının geçmişi ve bugünü. Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi 10-13 Eylül, Konya, Bildiriler kitabı Cilt 1 syf: 545-550.
- Kebede, A. Z., Dhillon, B. S., Schipprack, W., Araus, J. L., Banziger, M., Kassa, S., et al. (2011). Effect of source germplasm and season on the *in vivo* haploid induction rate in tropical maize. *Euphytica*. 180:219-226. <https://doi.org/10.1007/s10681-11-0376-3>
- Khakwani, K., Dogar, M. R., Ahsan, M., Hussain, A., Asif, M., Malhi, A. R., Altaf, M. (2015). Development of maize haploid inducer lines and doubled haploid lines in Pakistan. *Br Biotechnol J* 8:1-7.
- Kün, E. (1985). Sıcak İklim Tahılları. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 953, Ders Kitabı: 275-317, Ankara.

- Lashermes, P., Beckert, M. (1988). Genetic control of maternal haploidy in maize (*Zea mays* L.) and selection of haploid inducing lines. *Theor Appl Genet.* 76:405-410.
- Liu, Z., Song, T. (2000). The breeding and identification of haploid inducer with high frequency parthenogenesis in maize. *Acta Agronomica Sinica.* 26(5): 570-574.
- Öner, F., Yılmaz, N., Gülümser, A., Sezer, İ., Özkorkmaz Atıcı, F. (2013). Yerel mısır (*Zea mays* L.) genotiplerinde tohumların bazı fiziksel ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. 10. Tarla Bitkileri Kongresi 10-13 Eylül, Konya, Bildiriler kitabı Cilt 1 syf: 330-335.
- Özgören, B. (2015). Mısır'da Doubled Haploid Bitki Üretimi. <http://genetiksel.blogspot.com.tr/2015/10/msrda-doubled-haploid-bitki-uretimi-i.htm>.
- Röber, F. K., Gordillo, G. A., Geiger, H. H. (2005). In vivo haploid induction in maize-performance of new inducers and significance of doubled haploid lines in hybrid breeding. *Maydica*, p: 275-283.
- Şehirali, S., Özgen, M. (2013). Bitki Islahı (5. Baskı), Ankara Üniversitesi Basımevi, Yayın No: 1582, 270 Sayfa, Ankara.
- Vanous, K., Vanous, A., Frei, U. K., Lübberstedt, T. (2017). Generation of maize (*Zea mays*) doubled haploids via traditional methods. *Current Protocols in Plant Biology*, 2 (2): 147-157.
- Wilkes, G. (1966). Teosinte: The Closest Relative of Maize. Cambridge, Mass., pp. 1-159.
- Xu, X., Li, L., Dong, X., Jin, W., Melchinger, A.E., Chen, S. (2013). Gametophytic and zygotic selection leads to segregation distortion through in vivo induction of a maternal haploid in maize. *J Exp Bot.* 64(4):1083–1096. <https://doi:10.1093/jxb/364/ers393> PMID: PMC3580820.
- Yanıkogku, S. (2013). Mısırın Kökeni ve Tarihçesi. BİSAB Yayınları 7-16, 312s, Ankara
- Yaralı, F., Yanmaz, R. (2013). Allium Türlerinin Islahında Haploidi Tekniğinden Yararlanma, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6(2) 45-52.
- Yılmaz, Ö. E. (2005). Yazlık Kabakta (*Cucurbita pepo* L.) Ovaryum Kültürü Yoluyla Haploid Bitki Elde Edilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, syf: 5.
- Zhang, Z. L., Qiu, F. Z., Liu, Y. Z., Ma, K. J., Li, Z. Y., Xu, S. Z. (2008). Chromosome Elimination and In vivo Haploid Production Induced by Stock 6-derived Inducer Line in Maize (*Zea mays* L.). *Plant Cell Rep.* 27: 1851-1860.