

Atf İçin: Bağcı A, Karaağaç O, Balkaya A, 2021. Soğan İslahında Generasyon İlerlemesi ve Tohum Üretim Sürecini Hızlandırma Teknikleri. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(Özel Sayı): 3438-3446.

To Cite: Bağcı A, Karaağaç O, Balkaya A, 2021. Accelerating Generation Advance and Shortening Seed Production Duration Techniques in Onion Breeding. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(Special Issue): 3438-3446.

Soğan İslahında Generasyon İlerlemesi ve Tohum Üretim Sürecini Hızlandırma Teknikleri

Arif BAĞCI¹, Onur KARAAĞAÇ^{2*}, Ahmet BALKAYA³

ÖZET: Soğan (*Allium cepa* var. *cepa* L.) insanlar tarafından kültürü yapılan ilk tarım bitkilerindedir. Ülkemiz, soğanın birincil gen merkezlerinden birisidir. Binlerce yıldır Anadolu'da soğan tarımı yapılmaktadır. Soğan, iki yıllık bir sebze olup ilk yıl tohumdan soğan oluşumu gerçekleşir ertesi yıl ise soğandan tekrar tohum oluşumu sağlanarak yaşam döngüsü tamamlanmaktadır. Soğanın anavatanı olan ve aynı zamanda önemli bir üretici olan ülkemizde çeşit ıslah çalışmaları yeterli düzeyde değildir. Bunun en önemli nedeni, tek yıllık sebzelerle göre soğanda ıslah sürecinin, neredeyse iki kat daha fazla sürmesidir. İslah kuruluşlarının; uzun süren, yüksek maliyetli ve yoğun işgücü gerektiren soğan ıslah programları oluşturmaları hiçte kolay olmamaktadır. Bu nedenle soğan ıslah programlarında tohum üretim süresinin kısaltılması büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda soğan ıslah programlarında farklı agronomik uygulamalar ve vernalizasyon şartları kullanılarak aynı yıl içerisinde tohum üretimleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu sürecin hızlandırılması amacıyla H₂O₂ gibi bazı kimyasal uygulamalar yapılmaya başlamıştır. Ayrıca son yıllarda soğanda double haploid ıslah hatlarının elde edilmesine yönelik olarak olumlu sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Bu derleme çalışmasında, soğan ıslah programlarında sürecin hızlanmasına yönelik olarak uygulanan bu tekniklerin etkileri ve etki mekanizmaları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dihaploidizasyon, H₂O₂, ıslah, soğan, tek yıllık, vernalizasyon

Accelerating Generation Advance and Shortening Seed Production Duration Techniques in Onion Breeding

ABSTRACT: Onion (*Allium cepa* var. *cepa* L.) is one of the first agricultural plants cultivated by humans. Turkey is one of the primary gene centers of onion. Onion has been cultivated in Anatolia for thousands of years. Onion, which is a biannual vegetable, completes its life cycle by forming an onion from the seed in the first year and a seed from the onion in the second year. Although Turkey, which is the gene centre of onions, is also an important producer, variety breeding studies are not sufficient. The most important reason for this is that the breeding process for onions takes almost twice as long as for annual vegetables. It is not easy for breeding companies to create onion breeding programs that take many years, require high cost and labour intensive. Therefore, shortening the seed production period is of great importance in onion breeding programs. In recent years, seed can be produced in the same year by using different agronomic practices and vernalisation conditions in onion breeding programs. Some chemical applications such as H₂O₂ have been started to accelerate this process. In addition, in recent years, good results have begun to be obtained for the production of double haploid breeding lines in onions. In this review, the effects of these techniques applied and their mechanisms to accelerate the process in onion breeding programs are presented.

Keywords: Dihaploidizasyon, H₂O₂, breeding, onion, annualization, vernalization

¹ Arif BAĞCI (Orcid ID: 0000-0001-9604-219X), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye

² Onur KARAAĞAÇ (Orcid ID: 0000-0002-8794-2556), Tohum Sertifikasyon Test Müdürlüğü, Samsun, Türkiye

³ Ahmet BALKAYA (Orcid ID: 0000-0001-9114-615X), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Onur KARAAĞAÇ, e-mail: onur.karaagac@tarimorman.gov.tr

Derleme makalesi, 15-17 Kasım 2021 tarihlerinde İğdır'da düzenlenen Uluslararası Katılımlı Türkiye 7. Tohumculuk Kongresi'nde sözlü olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Ülkemizin soğan üretimi 2.32 milyon ton olup dünyada 5. sırada yer almaktadır. Bu üretimin 2.2 milyon tonu kuru soğan olarak üretilmektedir (Anonim, 2019a). Üretilen kuru soğanın yarısını Ankara (669.000 t), Amasya (317.000 t) ve Çorum (168.000 t) illeri karşılamaktadır. Ülkemizin taze ve işlenmiş soğan ihracatı 52 milyon \$, ithalatı ise 34 milyon \$ düzeyindedir (Anonim, 2019b). Buna karşılık ülkemiz, 2019 yılında yaklaşık 57 ton soğan tohumluğu ithal ederek 3.6 milyon \$ döviz ödemesi gerçekleştirmiştir. Ürün dış ticaret dengesi pozitif olmasına rağmen tohumluk dış ticaret dengesi negatif yöndedir.

Ülkemizde kayıt altına alınmış ilk soğan çeşitleri, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından 1984 yılında tarafından geliştirilmiş olan “Kantartopu 3” ve “Akgün 12” çeşitleridir (Anonim, 2021). Bu çeşitler, 1998 yılına kadar ülkemizin sertifikalı soğan tohumluğu ihtiyacını karşılamışlardır. Ülkemizde bu zamana kadar tescil edilmiş ya da üretim izni alınmış toplam 207 adet soğan çeşidi bulunmaktadır (Anonim, 2021). Soğanda standart çeşitlerin kullanımı hala yaygın olmasına rağmen son yıllarda hibrit çeşitlerin oranı artmaya başlamıştır. Günümüzde ülkemizde standart tohum kaydına alınan hibrit soğan çeşitlerinin toplam çeşitlere oranı %18’i bulmuştur. Özel sektör tohumculuk kuruluşları tarafından farklı özelliklerde açık tozlanan çok sayıda soğan çeşidi geliştirilerek ticarete konu olabilmektedir. Ancak hibrit soğan çeşitlerinin geliştirilmesi diğer sebze türlerine göre daha zor ve uzun sürmektedir. Ayrıca yerli ıslah kuruluşlarının geçmişi ve tecrübesi yurtdışı ıslah kuruluşlarına göre oldukça azdır. Gelecekte ülkemizin hibrit soğan tohumluk talebi artma eğiliminde olduğu için ithalat miktarı da o oranda artacağı düşünülmektedir. Ülkemizde nitelikli ve yerli soğan çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik olarak ıslah sürecinin kısaltılma yollarının araştırılması gerekmektedir. Son yıllarda farklı vernalizasyon şartları, agronomik ve kimyasal uygulamalar ile generasyon kademe ilerleme sürecini tek yıla indirgeme ve biyoteknolojik yöntemlerle bir yılda saf hat eldesine yönelik olarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu derlemede soğan ıslah programlarında bulunan genetik materyalin kısa sürede saf hat haline getirme teknikleri ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Yaşam Döngüsünü Kısaltma

İki yıllık bir sebze olan soğanın yaşam döngüsünü bir yıla indirgeyerek ıslah sürecini hızlandırmak mümkündür. Bunun için soğanlar hasat olgunluğuna gelmeden önce arpacık soğan aşamasına hızlı bir şekilde ulaşmaları sağlanmalıdır. Tohum hasadından sonra arpacık soğanların eldesi ve bu soğanların farklı agronomik ve kimyasal uygulamalar ile birlikte vernalize olmalarının sağlanması sonucunda generatif devreye geçmeleri ve hızlı bir şekilde sapa kalkmaları amaçlanmaktadır. Sapa kalkmaya genetik eğilim, depolama öncesi bitkinin fizyolojik yaşı ve vernalizasyon şartları, soğanlarda generatif devreye geçiş durumunu etkilemektedir. Bu kısaltmanın sağlanabilmesi için aşağıda sıralanan faktörlerin bir arada dikkate alınması gerekmektedir.

a. Fizyolojik yaş

Soğanda vejetatif ve generatif yaşam döngüsündeki dengeyi kontrol eden dört adet gelişim aşaması bulunmaktadır. Bunlar; gençlik aşaması, ısıl istek, rekabet fazı ve bitirme fazıdır. Gençlik aşamasında bitkiler kritik büyüklüğe gelmediği için generatif gelişimleri söz konusu değildir. Isıl istek fazı içerisinde ise gerekli düşük sıcaklıkta generatif organların uyartımı sağlanmaktadır. Esas generatif gelişme ise rekabet fazında başlamaktadır. Bu aşamada soğan büyüklüğü ve vernalizasyon durumuna göre denge, generatif gelişme lehine oluşmaktadır. Bitirme fazı ise tamamen generatif gelişim sürecidir. Genel olarak soğan tohumu hasadı temmuz ve ağustos aylarında yapılmaktadır. Hasat edilen tohumlar vakit kaybetmeden ekilerek soğuklar başlamadan gençlik fazının tamamlanması gerekmektedir. Arpacık soğanın gençlik fazını tamamladığı gösteren kriterlerden birisi yaprak

sayısıdır. Heath ve Mathur (1944), genotipe göre değişmekle beraber bu fazın tamamlanması için 4-14 adet yaprak sayısına ulaşılmasını, Brewster (1983) ise minimum 10 adet olması gerektiğini bildirmişlerdir. Yaprak sayısının yeterli olması tohumdan tohuma üretimi garanti altına almamaktadır. Vernalizasyon sürecinde solunumdan dolayı arpacık soğanda ağırlık kaybı da olacağı dikkate alınarak bu süreçte soğanın ihtiyacı olan besin maddelerini yeterince ihtiva edecek minimum iriliğe ulaşması da diğer önemli bir kriterdir. Arpacık iriliği ile depo şartlarında ağırlık kaybı oranı arasında negatif ilişki bulunmaktadır (Krawie, 2007). Örneğin 1 cm civarında iriliğe sahip arpacık soğanın vernalizasyondan sonra sapa kalkma ihtimali neredeyse imkânsızdır. Arpacık soğanın irilik miktarı ile sapa kalkma ve tohum verimi arasında ise pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Khokhar ve ark., 2007). Van Kampen (1970), arpacık soğanın yetiştirileceği sınırlı süre içerisinde minimum 17.5 mm çapına ulaşması gerektiğini bildirmiştir. Jones ve Davis (1944) ise 2.2-2.5 cm çapa sahip arpacık soğanların tamamında sapa kalkmanın gerçekleştiğini ve bu iriliğin azaldıkça sapa kalkmanın ciddi ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Khokhar (2009); 12.5 mm, 17.5 mm ve 22.5 mm çapındaki arpacık soğanlarda generatif gelişim aşamalarını incelemiştir. Araştırmacı, 22.5 mm çapındaki soğanların daha erken sapa kalktığını ve daha fazla tohum ürettiğini bildirmiştir.

Arpacık soğanın taze ağırlığı da önem verilmesi gereken diğer bir kriterdir. Hasat edilen arpacık soğanlarda 4 g taze ağırlığın altında vernalizasyon sonrası generatif gelişimde önemli sorunlar olduğu ortaya konulmuştur (Heath ve ark., 1947). Diğer önemli bir kriter ise gövde çapıdır. Shishido ve Saito (1976), hasat olumundan önce suni vernalizasyona tabi tutulacak bitkilerin gençlik fazından çıkış göstergesi olarak gövde çapının en az 3.3 mm olması gerektiğini belirtmiştir. Belirtilen bu nedenlerden dolayı yaprak sayısı, soğan iriliği, ağırlık ve gövde çapı kriterleri bir arada değerlendirilmeli, arpacık soğan yetiştiriciliği sonlandırılmalı ve vernalizasyon aşamasına geçilmelidir.

b. Vernalizasyon

Soğanda tohumdan tohuma olan generasyon süresinin kısaltılabilmesi için vernalizasyon faktörünün de irdelenmesi gerekmektedir. Günümüzde ticari üretimi yapılan çeşitlerin neredeyse tamamının vegetatif büyüme ve gelişmenin sonunda oluşan soğanları, dormant formdadır. Bu soğanların generatif büyüme evresine geçmesi için soğandaki içsel dormansinin kırılması gerekmektedir. Bunun için soğanların belirli bir müddet düşük sıcaklıkta muhafaza edilerek generatif organlarının uyartımı sağlanmalıdır. Optimum vernalizasyon şartları, çiçeklenmenin erkene alınmasını ve tohum veriminin artmasını olumlu yönde etkilemektedir. Vernalizasyonun süresi ve şiddeti, genotipe göre değişken olmakla birlikte genel olarak, 5-13° C ve 20-120 gün arasında dağılışı göstermektedir. Ancak sapa kalkmaya tolerant olan bazı çeşitlerde bu süre 185 günü bulabilmektedir (Shishido ve Saito, 1975). Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde; soğanlar için optimum vernalizasyon şartlarının 10 °C'de 90 gün olduğu bildirilmiştir (Peters, 2018). D'Angelo ve Goldman (2018), uzun gün soğan çeşitlerinde 14 hafta süreyle ve 10 °C'de depolama uygulamasının generatif gelişme üzerine en iyi sonucu verdiğini belirlemişlerdir. Bunun yanında vernalizasyon sürecinde fotoperiyodun da önemli düzeyde etkisi bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, uzun fotoperiyot süresinin (18-20 saat gündüz) genel olarak vernalizasyon ihtiyacını kısalttığını ortaya koymuştur (Brewster, 1983). Ancak fotoperiyodizme duyarlılık genotiplere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, tohum üretim sürecini yarıya indirgeyebilmek için öncelikle ıslah materyalinin ihtiyaç duyduğu optimum vernalizasyon şartlarının bilinmesi gereklidir. Ayrıca hızlı tohumluk üretimi için henüz olgunlaşmamış soğanlar olan arpacık soğanların vernalizasyon ihtiyaçlarının tespit edilmesi de gerekmektedir. Çünkü aynı genotipe ait normal soğan ve arpacık soğanların dormant aktiviteleri farklı olabilecektir. Aslında ülkemizde ekolojik koşullar düşünüldüğünde vernalizasyon süresinin uzun olması tohumdan tohuma olan süreyi ciddi olarak etkileyen bir faktör değildir. Çünkü arpacıkların

hasatından ilkbaharda yerlerine dikimine kadar olan süreçte vernalize olmaları için yeterli zaman olacaktır. Burada önemli olan husus, arpacık soğanların en optimum şartlarda vernalize olmalarını sağlayarak tohum verimini arttırmaya çalışmaktır. Tohum üretimini hızlandırmak amacıyla vernalizasyon süresi kısa olan genetik materyaller üzerine yoğunlaşmaktan kaçınılmalıdır. Bu durumun, ıslah programının ilerleyen safhalarında sapa kalkmaya hassas olan materyal oranını artırma ihtimali yüksektir. Bu nedenle generasyon kademesi hızlandırma işlemine başlamadan önce eldeki genotiplerin vernalizasyona tepki durumları bilinmelidir. Burada ıslahçı hem tohumluk üretimini hızlandırılabilceği hem de sapa kalkmaya hassasiyeti arttırmayacağı bir dengeyi göz önünde bulundurması gerekmektedir. Bu dengeyi sağlayabilmenin en iyi yöntemlerinden birisi ise genotip bazında “efektif vernalizasyon süresi” nin belirlenmesidir. Soğanda bu konu ile ilgili ilk çalışmalar Streck (2003) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı, farklı soğan çeşitlerini farklı sürelerde depolayarak çeşitlerin en uygun vernalizasyon sürelerini tespit etmiştir. Elde ettiği verileri bütün soğan çeşitleri için kullanabileceği bir matematiksel model de geliştirmiştir: $f(VD) = (VD)^5 / [(30)^5 + (VD)^5]$. Burada VD: çeşidin vernalize olduğu optimum süre, $f(VD)$ ise bu sürenin fonksiyonudur ve 0-1 arasında bir değerdir. Bu değer 1'e yaklaştıkça tamamen vernalizasyon sağlanma durumunu ve 0'a doğru azaldıkça vernalize olmama durumunu göstermektedir. Bu çalışma sonuçları, çok sayıda soğan çeşidinde vernalizasyon süresinin tahmin edilmesinde kullanılan bir model olmuştur. Ancak bu model, hasat olumundaki soğanlar için geçerlidir. Arpacık soğanlarda bu süre genel olarak 5-13° C sıcaklığa maruz kaldığı toplam saat süresi cinsinden 2100-2500 saat arasında değişmektedir (Peluffo ve ark., 2016). Soğan ıslah süresini kısaltmaya yönelik yapılan çalışmalarda da farklı genotiplere ait farklı boyutlardaki arpacık soğanlarda da sıcaklığa bağlı vernalizasyon süresi modelleme çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Modelleme yapılamasa bile ıslahçı, üzerinde çalıştığı genotiplerin arpacık soğanları için gerekli minimum vernalizasyon süresini belirleme çalışmalarını yapmak zorundadır. Bu amaca yönelik çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır. Khokhar ve ark. (2007), iki farklı soğan çeşidine ait 22.5 mm çapındaki arpacık soğanları hem düşük sıcaklık ve hem de oda sıcaklığında ve farklı sürelerde depolamışlardır. Araştırmacılar, vernalizasyon süresi üzerine genotipin etkisinin önemli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca genel olarak 5° C'de 90 gün depolamanın en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir. Düşük sıcaklıkta 90 gün muhafaza edilenler, 50 gün muhafaza edilenlere göre üç kat daha fazla tohum verimine ulaştığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, arpacık soğanların tohum veriminin normal soğanlardan alınan verimden çok daha az olacağı da unutulmamalıdır.

c. Ekolojinin optimizasyonu

Ekoloji faktörü vernalizasyondan önce ve vernalizasyondan sonra olmak üzere iki kısma ayrılmalıdır. Vernalizasyon öncesi arpacık soğan üretiminde dikkat edilen soğan iriliği, gövde çapı, ağırlık ve yaprak sayısı kriterleri aslında ileride generatif aşamaya geçebilmek için bitkinin bünyesinde tamamlanması gereken oluşumların göstergesidir. Islah süresini kısaltmaya yönelik olarak, tohumların Temmuz-Ağustos aylarında ekilmesi, yukarıda belirtilen minimum şartlar sağlanana kadar büyütülmesi ve hemen ardından depo şartlarında muhafaza edilmesi gerekmektedir. Arpacık soğanın istenen minimum olgunluğa gelmesi kadar bu olgunluğun hangi iklimik koşulda gerçekleştiği de bir o kadar önemli bir konudur. Aslında normal şartlar altında soğanda irileşme, yaz sıcaklarında ve uzun gün şartlarında olmaktadır. Ancak generasyon kısaltma amaçlı uzun gün tip arpacık soğan üretimi sonbaharda yapılacağı için soğan oluşum ve irileşme sürecinde, kısa gün ve düşük sıcaklık şartları giderek oluşmaya başlayacaktır. Bitkide sağlıklı toprak üstü organ gelişimini ve soğanın daha hızlı irileşmesini sağlamak adına bu üretimin kontrollü koşullarda yapılmasında fayda vardır. Islah materyallerinde hızlı çoğaltma amaçlı yapılan bu üretim nispeten çok daha küçük alanlarda ve bu nedenle de düşük maliyetli olarak yapılabilir. Sonbaharda sıcaklık ve gün uzunluğunun azalmaya

başlamasıyla birlikte sera koşullarında ısıtma (25 °C) ve kısmi süreli yapay ışıklandırma (16/8 saat) yapılarak arpacık soğanların sağlıklı ve yeterli gelişimi sağlanabilmektedir.

Vernalizasyondan sonra tohumluk parseline dikilen bitkilerin maruz kaldığı ekoloji de soğanın çiçeklenme sürecini direkt olarak etkileyen bir faktördür. Aynı genetik yapı ve yaştaki soğanlar aynı vernalizasyon koşullarında tutulsa bile farklı yerlere dikildiklerinde çiçeklenme performansları değişebilmektedir (Van Kampen, 1970). Bundan dolayı tohumluk üretimi yapılacak yerin rakım ve uzun yıllar iklim verileri analiz edilmelidir. Ayrıca bitkilerin dikim zamanı, hem iklim verilerine ve hem de vernalizasyon sürecinin tamamlanma durumuna bağlı olarak ayarlanmalıdır. Özellikle geç dikimden kaçınılmalıdır. Bitkiler, vernalizasyonu tamamladıktan kısa bir süre sonra uzun gün ve yüksek sıcaklığa maruz kaldığı takdirde vejetatif büyüme, generatif gelişimlerini baskılayarak bitkilerin sapa kalkmalarını önleyebilmektedir (Lawadale ve Kale, 1986).

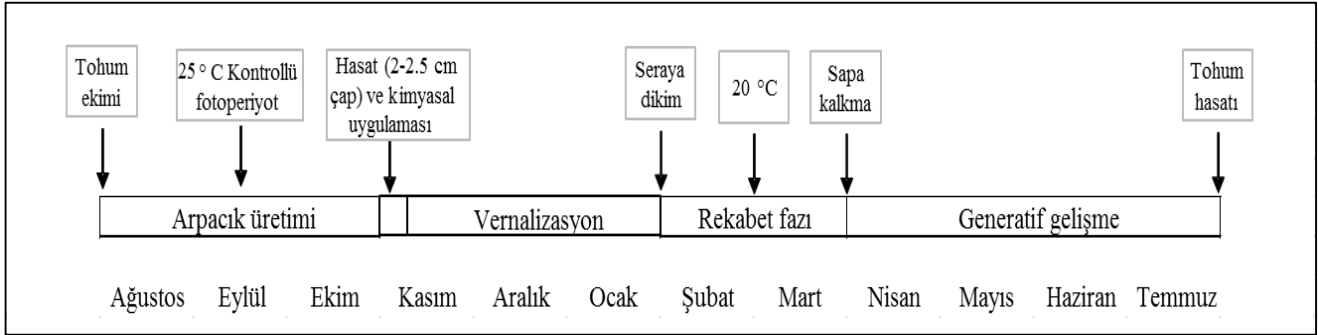
d. Kimyasal uygulamalar

Soğan muhafazası sırasında kimyasal uygulamalarının genel amacı aslında vernalizasyon sürecinde ağırlık kaybını azaltmak ve zamanından önce oluşacak sürgün gelişimini engellemektir. Generasyon hızlandırmada ise aksine vernalizasyonu hızla tamamlayarak bir an önce generatif devreye geçişi sağlayabilecek kimyasal uygulamaların yapılması gereklidir. Optimum agronomik, ekoloji ve vernalizasyon şartları sağlansa da bazen bunlar, generasyon süresinin kısaltılması için yeterli gelmeyebilmektedir. Özellikle uzun gün soğanları içerisinde vernalizasyon ihtiyacı çok fazla olan genotiplerde bu sorunla karşılaşılabilir. Buna yönelik olarak son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda bu sorun çözülmeye çalışılmıştır.

H₂O₂ uygulaması: Bitki organlarında H₂O₂ birikiminin geçici oksidatif strese neden olduğu ve bu durumun generatif gelişmeyi hızlandırdığını ortaya koyan bazı çalışmalar yapılmıştır (El-Maarouf-Bouteau ve Bailly, 2008; Liu ve ark., 2011; Chope ve ark., 2012, Mohamed ve ark., 2012). D'Angelo ve Goldman (2019a), hidrojen peroksitin bazı uzun gün soğanlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. H₂O₂ uygulaması yapılan soğanların hem köklenme hem de sürgün gelişimleri daha hızlı olmuştur. D'Angelo ve Goldman (2019b) ise H₂O₂ uygulaması ve vernalizasyon kombinasyonlarının etkisini incelemişlerdir. Araştırmada %15 H₂O₂ uygulaması ve 10 °C'de 12 hafta vernalizasyon koşullarında soğanda tohumdan tohuma süreci bir yıla indirebilmişlerdir. Araştırmacıların belirledikleri en iyi yöntem şu şekildedir: Sökülen bitkilerin kurumaları sağlandıktan sonra soğanlar üst kısımdan 1/3 oranında kesilip geriye kalan 2/3'lük kısmın kesilen yüzü aşağı bakacak şekilde %15'lik H₂O₂ solüsyonuna konulur. Daha sonra soğanların mevcut solüsyonu absorbe etmesi için 4 saat bekletilir. Soğanlar solüsyondan çıkarılıp durulandıktan sonra perlit ve torf içeren kasalara dikimi yapılır. 20° C'de ve 16 saat ışıklandırma koşullarında 3 hafta bekletilir. Ardından 10 °C'de 16/8 fotoperiyot koşullarında 12 hafta depolanır. Bu yöntem vernalizasyon isteği bir hayli fazla olan uzun gün soğanlarında da generasyon sürecini bir yıla indirebilmesi yönünden çok önemlidir. Fakat bu söz konusu çalışmada tohum ekimi Mayıs ayında yapılmış ve Eylül ayına kadar soğanlar büyütülmüştür. Bu nedenle soğan çapları hasat olumu iriliğine neredeyse yaklaşmıştır. H₂O₂ uygulamasının arpacık soğanlarda olan etkisine yönelik bir çalışma yapılmamasına rağmen benzer etkiyi göstereceği düşünülmektedir.

Yukarıda ayrıntılı olarak sunulan faktörler çerçevesinde, ülkemiz ekolojik şartlarında, uzun gün tipindeki soğan materyalinde kendileme kademesi ilerleme sürecini 2 yıldan tek yıla indirmek mümkün gözükmemektedir. Genel özellikleri ve vernalizasyon ihtiyacı önceden belirlenen ıslah materyalinin tohumları hasat edildikten sonra zaman geçirmeden ağustos ayında iklim kontrollü şartlarda ekimleri yapılmalıdır (Şekil 1). Gençlik aşaması üç ay içerisinde tamamlanarak soğan iriliği 2.0-2.5 cm çapına ulaşması hedeflenmelidir. Burada beslemede kullanılan azot-potasyum gübrelemesinin dengeli ve zamanında yapılması en az sıcaklık ve ışık faktörü kadar önemlidir. Hasat

edilen arpacık soğanlarda kurumanın ardından H_2O_2 uygulaması yapılmasının ilerideki generatif gelişmeye katkısı olacaktır. Vernalizasyon süreci değişmekle beraber genel olarak 12 hafta olacak şekilde planlanmalıdır. Bu süreçte 9 °C sıcaklık, 12 saat fotoperiyot ve nem kontrollü hava sirkülasyonu sağlanmalıdır. Vernalize olan arpacık soğanlar Şubat ayında seraya dikilerek generatif devreye geçebilecek yeterli sıcaklık sağlanmaya çalışılmalıdır. Çiçek kümesi oluşumundan önce her soğan hattı kendi içerisinde bitki grubu izolasyon kabinlerine alınması gerekmektedir. Temmuz ayında kendilenmiş tohumların hasadı yapılarak bir yılda bir generasyon ilerlemesi hedefine ulaşılmış olacaktır.



Şekil 1. Türkiye ekolojik şartlarında uzun gün tip arpacık soğandan tek yılda tohumdan tohumla üretim şeması

Double Haploidizasyon

Laboratuvar şartlarında besin ortamında genetik olarak saf bitkilerin elde edilmesini sağlayan bu tekniğin soğan için önemi daha büyüktür. Çünkü soğan ıslahında sadece saf hatların elde edilme süreci 12 yılı bulmaktadır. Yüksek oranda kendileme depresyonu görülen soğanda bu yöntemle saf hat eldesi birkaç yıla düşürülebilmektedir. Soğanda dihaploid bitki eldesi için ovul ya da ovaryum kültürü kullanılmaktadır (Campion ve Alloni, 1990). Ancak bu yöntemde geniş ölçekli bir ıslah programında başarı elde edilmesi hiçte kolay olmamaktadır. Diğer birçok türde olduğu gibi soğanda da; genotip, eksplant, ortam kompozisyonu gibi çok fazla sayıda ve birbiri ile etkileşimli ve değişkenli faktör bulunmaktadır. Başarıya etkisi olan bu faktörlerle ilgili özet bilgiler aşağıda sunulmuştur.

a. Genotip

Donör bitkinin genetik yapısı diğer bir deyişle haploid bitki oluşturma yeteneği, *in-vitro* üretimin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Bohanec ve ark. (1995), soğan genotiplerinin %7'sinin ovaryum ve %1'inin ovul kültürüne tepki gösterdiklerini bildirmişlerdir. Bohanec ve Jakše (1999), inceledikleri soğan genotiplerinin %85'inde rejenerasyon saptamamışlar, %15'inde ise sadece %8'lik bir tepki belirlemişlerdir. Jakše ve ark. (2010), ginogenesis tepkiyi %2 olarak tespit etmişler ve bu özelliğin poligenik kalıtmı olduğunu bildirmişlerdir.

b. Orijin

Yapılan çalışmalar ABD orijinli soğanların rejenerasyon ve hayatta kalma oranının diğer soğanlara göre daha yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir (Geoffriau ve ark., 1997). Türkiye, Rusya, Japonya ve Hindistan orijinli materyallerde bu tepkinin düşük olduğunu belirlemişlerdir (Bohanec ve Jakše, 1999).

c. Ön uygulamalar

Stres ortamı oluşturmak, gametofitik gelişimden sporofitik faza geçişi tetikleyerek embriyogenesis oranını arttırabilmektedir. Soğanda 15 °C'de muhafaza edilen donör bitkilerden çiçek tomurcuklarının kullanımının ginogenesis başarı oranını arttırdığı bildirilmiştir (Puddephat ve ark., 1999). Çiçek tomurcuklarının çiçek açmadan önce farklı konsantrasyonlarda sodyum hipoklorit (%3-10) ve birkaç damla Tween 20 ile 10-15 dakika muamele edilmesi ve ardından steril su ile durulanması

ümit verici olarak bulunmuştur (Martinez ve ark., 2000, Ponce ve ark., 2006). Soğanda sterilizasyon için etanol ve dikloroizosiyanürik asit disodyum tuzunun kullanımı da önerilmiştir (Geoffriau ve ark., 1997; Alan ve ark., 2007).

d. Eksplant

Soğanda donör bitkiden ovul ve ovaryum alınma zamanı, mikrospor kültüründeki erken tek çekirdekli aşamaya denk gelmektedir (Campion ve Alloni, 1990). Ovaryum kültüründe, ovul kültürüne göre daha başarılı rejenerasyonlar ortaya çıkmıştır (Bohanec ve ark., 1995). Çiçeklenmeden 3-5 gün önce ve uzunluğu 3-4 mm olan çiçek tomurcuklarının en uygun örnek alma zamanı olduğu saptanmıştır (Musial ve ark., 2005).

e. Besin ortamı

Başarı oranını etkileyen diğer önemli bir faktördür. MS veya BDS ortamında çeşitli vitaminler, büyüme düzenleyiciler ve makro-mikro elementlerin çeşitli kombinasyonlarında bir veya iki aşamalı kültür yaklaşımında soğan çiçek tomurcuklarının rejenerasyonu inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Campion ve ark., 1992; Bohanec ve ark., 1995; Jakše ve ark., 1996; Martinez ve ark., 2000; Michalik ve ark., 2000). Ancak besin ortamının etkinliği genotipe göre değişkenlik göstermesi nedeniyle geniş ölçekte dihaploid bitki eldesinde kullanılan standart bir protokol bulunmamaktadır.

Soğanda ıslah programındaki tüm genotiplerde dihaploid bitki eldesi bilinen *in-vitro* tekniklerle mümkün görünmemektedir. Çok düşük bir oranda dihaploid bitki elde edilse bile sadece bu genetik materyaller ile ıslah programının ilerlemeyeceği aşikârdır. Buna ek olarak dihaploidizasyonla elde edilen her saf hattın ıslahçı için değerli bir hat olmama ihtimali de bulunmaktadır. Örneğin iki gen ile determine edilen bir özellik için dört farklı allel kombinasyonda saf hat elde edilebilmektedir. Bu kombinasyonlardan birçoğu istenen özellikte olmayabilecektir. Bu nedenle günümüzde, haploidizasyon temelli saf hat elde etme prosedürü, soğan ıslah programında yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmaktan uzaktır.

SONUÇ

Ülkemizde diğer kışlık sebze türlerinde olduğu gibi soğan türünde de ıslah çalışmaları istenen düzeyde değildir. Soğanda kendileme süresinin iki yıl olması, yerli tohum ıslah firmalarının yeni çeşit geliştirme çalışmalarına ağırlık verememesinin ardındaki en önemli engeli teşkil etmektedir. Soğan ıslah sürecinde yarı yol materyali ya da saf hat elde edilme sürecinin kısaltılması oldukça önemlidir. Bu derlemede, soğan ıslah sürecinin hızlandırılması ve generasyon ilerlemesi sağlanmasına yönelik uygulamalar özetlenmiştir. Buna göre morfolojik özellikleri ve vernalizasyon gereksinimi bilinen genetik materyalde tohum üretim sürecini iki yıldan bir yılda indirebilmek mümkündür. Soğanda dihaploidizasyon çalışmaları henüz istenen düzeyde değildir. Yurt içi AR-GE kuruluşlarının bu tekniği ıslah programlarında uygulamaya aktarabilmesi için gerekli çalışmaların hızlandırılması, gelecekteki uluslararası rekabet ortamından ülkemizin kazançlı çıkmasını sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder

KAYNAKLAR

Alan AR, Lim W, Mutschler MA, Earle ED, 2007. Complementary Strategies for Ploidy Manipulations in Gynogenic Onion (*Allium cepa* L.). Plant Science, 173: 25-31.

- Anonim, 2019a. Crop Production Statistics. Food and Agriculture Organization (FAO). <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (Erişim Tarihi: 13.08.2021).
- Anonim, 2019b. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 13.08.2021).
- Anonim, 2021. Standart Tohumluk Kayıtları. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM> (Erişim Tarihi: 13.08.2021).
- Bohanec B, Jakše M, 1999. Variations in Gynogenic Response among Long-Day Onion (*Allium cepa* L.) Accessions. *Plant Cell Reports*, 18: 737-742.
- Bohanec B, Jakše M, Ihan A, Javornik B, 1995. Studies of Gynogenesis in Onion (*Allium cepa* L.) Induction Procedures and Genetic Analysis of Regenerants. *Plant Science*, 104: 215-224.
- Brewster JL, 1983. Effects of Photoperiod, Nitrogen Nutrition and Temperature on Inflorescence Initiation and Development in Onion (*Allium cepa* L.). *Annals of Botany*, 51: 429-440.
- Campion B, Alloni C, 1990. Induction of Haploid Plants in Onion (*Allium cepa* L.) by in Vitro Culture of Unpollinated Ovules. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 20: 1-6.
- Campion B, Azzimonti MT, Vicini E, Schiayi M, Falavigna A, 1992. Advances in Haploid Induction in Onion (*Allium cepa* L.) through In vitro Gynogenesis. *Plant Science*, 86: 97-104.
- Chope GA, Cools K, Terry LA, Hammond JP, Thompson AJ, 2012. Association of Gene Expression Data with Dormancy and Sprout Suppression in Onion Bulbs using a Newly Developed Onion Microarray. In VI International Symposium on Edible Alliaceae 969, pp: 169-174.
- D'Angelo CJ, Goldman IL, 2018. Temporal Aspects of Vernalization and Flowering in Long-day Storage Onion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 143(6): 446-453.
- D'Angelo CJ, Goldman IL, 2019a. Annualization of the Long Day Onion Breeding Cycle through Threshold Vernalization and Dormancy Disruption. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 1, e190009, p: 1-15.
- D'Angelo CJ, Goldman IL, 2019b. Breaking Onion Bulb Endodormancy with Hydrogen Peroxide. *HortScience*, 54 (10): 1694-1702.
- El-Maarouf-Bouteau H, Bailly C, 2008. Oxidative Signaling in Seed Germination and Dormancy. *Plant Signaling & Behavior*, 3 (3): 175-182.
- Geoffriau E, Kahane R, Rancillac M, 1997. Variation of Gynogenesis Ability in Onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica*, 94: 37-44.
- Heath OVS, Holdsworth M, Tincker MAH, Brown FC, 1947. Studies in the Physiology of the Onion Plant: III. Further Experiments on the Effects of Storage Temperature and other Factors on Onions Grown from Sets. *Annals of Applied Biology*, 34 (4): 473-502.
- Heath OVS, Mathur PB, 1944. Studies in the Physiology of the Onion Plant: II. Inflorescence Initiation and Development, and Other Changes in the Internal Morphology of Onion Sets, as Influenced by Temperature and Day Length. *Annals of Applied Biology*, 31 (3): 173-186.
- Jakše M, Bohanec B, Ihan A, 1996. Effect of Media Components on the Gynogenic Regeneration of Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars and Analysis of Regenerants. *Plant Cell Reports*, 15: 934-938.
- Jakše M, Hirschegger P, Bohanec B, Havey MJ, 2010. Evaluation of Gynogenic Responsiveness and Pollen Viability of Selfed Doubled Haploid Onion Lines and Chromosome Doubling via Somatic Regeneration. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 135: 67-73.
- Jones HA, Davis GN, 1944. Inbreeding and Heterosis and their Relation to the Development of New Varieties of Onions. United States Department of Agriculture Washington D.C. Technical Bulletin No:874 August 1944, p: 1-28.
- Khokhar KM, Hadley P, Pearson S, 2007. Effect of Cold Temperature Durations of Onion Sets in Store on the Incidence of Bolting, Bulbing and Seed Yield. *Scientia Horticulturae*, 112 (1): 16-22.
- Khokhar KM, 2009. Effect of Set-Size and Storage Temperature on Bolting, Bulbing and Seed Yield in Two Onion Cultivars. *Scientia Horticulturae*, 122 (2): 187-194.
- Krawiec M, 2007. Effect of Storage Duration and Temperature on Sets Loss and Bolting of Onion. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 66: 47.

- Lawadale KE, Kale PN, 1986. Effect of Monthly Planting Round the Year on Yield, Bolting, Self-Topping and Twin Bulb Formation in Onions. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 11: 167-170.
- Liu X, Deng Z, Cheng H, He X, Song S, 2011. Nitrite, Sodium Nitroprusside, Potassium Ferricyanide and Hydrogen Peroxide Release Dormancy of *Amaranthus retroflexus* Seeds in a Nitric Oxide-Dependent Manner. *Plant Growth Regulation*, 64: 155-161.
- Martinez LE, Augero CB, Lopez ME, Galmarini CR, 2000. Improvement of in vitro Gynogenesis Induction in Onion (*Allium cepa* L.) using Polyamines. *Plant Science*, 156: 221-226.
- Michalik B, Adamus A, Nowak E, 2000. Gynogenesis in Polish Onion Cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 156: 211–216.
- Mohamed HB, Vadel AM, Geuns JMC, Khemira H, 2012. Effects of Hydrogen Cyanamide on Antioxidant Enzymes' Activity, Proline and Polyamine Contents during Bud Dormancy Release in Superior Seedless Grapevine Buds. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34: 429–437.
- Musial K, Bohanec B, Jakše M, Przywara L, 2005. The Development of Onion (*Allium cepa* L.) Embryo sacs in vitro and Gynogenesis Induction in Relation to Flower Size. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*, 41 (4): 446-452.
- Peluffo S, Gonzalez Idiarte H, Borges A, Arboleya J, Galvan GA, 2016. Onion Sets as Planting Material for Seed Production of Three Cultivars in Uruguay. *Seed Science and Technology*, 44 (3): 500-513.
- Peters R, 2018. Seed Production in Onions and Some Other Allium Species. In *Onions and Allied Crops*. CRC Press, pp. 161-176, Boca Raton-USA.
- Ponce M, Martinez L, Galmarini CR, 2006. Influence of CCC, Putrescine and Gellam Gum Concentration on Gynogenic Embryo Induction in *Allium cepa*. *Biologia Plantarum*, 50 (3): 425-428.
- Puddephat IJ, Robinson HT, Smith BM, Lynn J, 1999. Influence of Stock Plant Pre-treatment on Gynogenic Embryo Induction from Flower Buds of Onion. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 57 (2): 145-148.
- Shishido Y, Saito T, 1975. Studies on the Flower Bud Formation in Onion Plants. I. Effects of Temperature, Photoperiod and Light Intensity on the Low Temperature Induction of Flower Buds. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 44 (2): 122-130.
- Shishido Y, Saito T, 1976. Studies on the Flower Bud Formation in Onion Plants. II. Effects of Physiological Conditions on the Low Temperature IFInduction of Flower Bud on Green Plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 45 (2): 160-167.
- Streck NA, 2003. A Vernalization Model in Onion (*Allium cepa* L.). *Revista Brasileira Agrociência*, 9(2): 99-105.
- Van Kampen J, 1970. Shortening the Breeding Cycle in Onions. *Journal Meded Proefstat Groent*, 51: 1-69 (In Dutch).