

PAPER DETAILS

TITLE: Sardunya Türlerinde (Pelargonium spp.) Klasik Melezleme

AUTHORS: Ercan Sallahoglu, Hülya İlbi

PAGES: 83-94

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4177258>

Sardunya Türlerinde (*Pelargonium spp.*) Klasik Melezleme

Classical Hybridization in Geranium (*Pelargonium spp.*) Species

 Ercan SALLAHOĞLU^{1,*},  Hülya İlbi²

Özet

Sardunya yaklaşık üç yüz türü bulunan, çok yıllık, çalı ve sukulent formlarıyla geniş yelpazede çeşitliliğe sahip, evlerin yanı sıra park ve bahçelerde de yaygınca tercih edilen bir süs bitkisidir. Çiçek ve yapraklarıyla yüksek estetik görünümlü sardunyalara olan ilgi ve talep, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de her geçen yıl artmaktadır. Dünyada her yıl milyonlarca adet sardunya üretimi ve ticareti yapılmaktadır. Her yıl dünya çapında çok sayıda çeşit piyasaya sürülmesine karşın henüz Türkiye adına kayıtlı bir sardunya çeşidi bulunmamaktadır. Yüksek miktarda iç pazar talebini karşılamak için üretim materyali yurt dışından ithal edilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yerli sardunya çeşidi geliştirmek amacıyla klasik melezleme ıslahı programı ile tür içi ve türler arası kombinasyonları içeren melezlemeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda meyve tutma oranları, tohum verimi ve çimlenme oranları belirlenmiştir. *P. alchemilloides*, *P. peltatum*, *P. zonale* türlerinin kullanıldığı çalışmada, meyve başına en fazla tohum 3.67 adet ile *P.alchemilloides* x *P.zonale* (A504 x Z6) melez kombinasyonundan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Melezleme, Sardunya, Yerli çeşit

Abstract

Pelargonium is an ornamental plant with approximately three hundred species, a wide range of diversity with perennial, shrub and succulent forms, and widely preferred in homes as well as parks and gardens. The interest and demand for *pelargoniums* by high aesthetic appearance with their flowers and leaves increase each year in Turkey as well as all over the world. Millions of *pelargoniums* are produced and traded in the world each year. Although many cultivars are introduced to the market worldwide each year, there has no *pelargonium* cultivar registered in Turkey, yet. In order to meet the high domestic market demand, production material is imported from abroad. Therefore, in this study, hybridizations including intraspecific and interspecific combinations were carried out with the classical hybridization breeding program so as to develop a local *pelargonium* cultivar. As a result of the study, fruit set rates, seed yield and germination rates were determined. In the study where *P. alchemilloides*, *P. peltatum*, *P. zonale* species were used, the highest number of seeds per fruit was obtained from the hybrid combination of *P.alchemilloides* x *P.zonale* (A504 x Z6), by 3.67 seeds.

Keywords: Hybridization, *Pelargonium*, Local cultivar

1. Giriş

Son yıllarda evlerin balkonlarında ve bahçe düzenlemelerinde en fazla tercih edilen saksılı süs bitkilerinden birisi de sardunyadır. *Geraniaceae* (Turnagagasıgiller) familyası içerisindeki en geniş ikinci cins olan *Pelargonium* cinsine ait türlerin büyük çoğunluğu

Geliş Tarihi: 29.08.2024, Düzeltme Tarihi: 09.11.2024, Kabul Tarihi: 13.11.2024

Adres: 'Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Boztepe, 07110 Aksu/Antalya Email: ercan.sallahoglu@tarimorman.gov.tr

² Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, B Blok 1. Kat Bahçe Bitkileri Bölümü, 35100 Bornova/İzmir
 E-Mail: hulya.ilbi@ege.edu.tr

Güney Afrika ve Avustralya kökenli olup yaklaşık 300 tür içermektedir (Roeschenbleck, 2014). Sardunyalar (*Pelargonium spp.*) tüm çiçekli saksı bitkilerinin içerisinde popüler olan, yetiştiriciliği ve ticareti en fazla yapılan türlerden biridir. Çiçekli bitkiler olarak ilkbaharda pazarlanırlar, şehirlerde park, bahçe ve yeşil alanlarda yaygınca tercih edilmektedirler. Süs bitkisi olarak kullanımlarının yanı sıra tıbbi aromatik özellikli türlerinin içeriğinde yer alan zengin miktardaki uçucu yağ ve bileşen maddeler sayesinde ilaç ve kozmetik üretiminde de kullanılmaktadırlar (Okla ve ark., 2022).

Sardunya bitkisine olan ilgi ve talep gittikçe artmakta, değişen tüketici istekleri ve sosyo-ekonomik şartlar tüm süs bitkisi sektöründe olduğu gibi sardunya pazarında da yeni çeşitlerin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Özellikle saksılı iç mekân ve dış mekân süs bitkilerinde özel sektör ve tüketiciler bodur, çiçek ve meyveleriyle dikkat çekici, kompakt yapıda ve bol çiçekli ürün talep etmektedir. Bu durum sardunya bitkileri için de geçerlidir ve tüketicilerin isteklerine yanıt verilmesi açısından yeni yerli çeşitlerin geliştirilmesi bitki ıslah çalışmalarıyla mümkün olmaktadır. Islah çalışmaları için etkili yöntemlerden biri olan klasik melezleme sayesinde varyasyon çeşitliliği yaratabilme şansı; ıslah amacı, gen havuzundaki genotip çeşitliliği, sardunya türlerinin genetik özellikleri, pazar talepleri ve ıslahçı tercihleri gibi birçok konu ile yakından ilişkilidir. Zengin genetik çeşitlilik bitki ıslah programları bakımından son derece önemlidir. *Pelargonium* cinsi sahip olduğu çok sayıdaki doğal türle ve geliştirilmiş ticari çeşitle bitki ıslahçılarına geniş çapta genetik kaynak varlığı ve varyasyon yaratabilme imkânı sunmaktadır (Swarup ve ark., 2021).

Sardunyada arzu edilen süs bitkisi özelliklerini elde etme ve hedeflenen niteliklere sahip çeşitler geliştirmek bakımından yeni türlerin ıslah programına dâhil edilmesi ve gen havuzunu genişletilmesi son derece önemlidir (Plaschil ve ark., 2015). Yapılan araştırmalar ticari sardunya çeşitlerinin genetik bakımdan birbirlerine oldukça yakın olduklarını göstermiştir. Bu bakımdan melezleme çalışmaları, oluşturulacak gen havuzunda genetik çeşitliliği artırmanın yanı sıra genetik tabanın darlığından kaynaklanan sorunların üstesinden gelmek ve ıslah çalışmalarının başarıya ulaşması açısından oldukça önemlidir (Karagüzel ve ark., 2024). Sardunya ıslahında varyasyon yaratma ve istenilen özelliklere sahip yeni bireyler elde etme açısından tür/çeşit zenginliğinin kullanılması ve türler arası melezlemenin uygunluğu; türler arası genetik uzaklık ya da yakınlık ve ploidi düzeyi ile yakından ilişkilidir (Plaschil ve ark., 2017). Sardunyalar diploid (2x), tetraploid (4x), hekzaploid (6x) ve oktaploid (8x) olmak üzere farklı ploidi seviyeleri ile temel kromozom sayıları (8, 9, 10, 11,

17 ve 19) bakımından bir hayli değişkenlik gösterirler (Yu ve Horn, 1988; Blerot ve ark., 2016).

Süs bitkilerinde ıslah amaçları incelendiğinde; çeşitli dallanma tipleri, yaprak boyutları ve şekli, çiçek rengi, çiçek renklerindeki yenilik, çiçeklenme periyodu, çiçek büyüklüğü, çevresel strese toleransı, hastalık ve zararlılara dayanıklılık gibi konular yer almaktadır. Özellikle saksılı bitkiler için bitkinin kompakt bir yapıda olması tercih edilmektedir. Süs bitkilerinin tüketiciler tarafından ilgi duyulan kalite kriterleri arasında birçok özellik bulunmaktadır ve başlıca seçim kriterleri; erkencilik, uzun süre çiçekte kalma, renk, kompaktlık ve çiçek yapısı olarak sıralanabilir (Molenaar ve ark., 2017).

Sardunyada ıslah çalışmasının esası genotipik çeşitlilik yaratmaktır ve bunun için ticari, yerel ve doğal türlerden gen havuzu oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan gen havuzu içindeki iki veya daha fazla tür/çeşit ile melezleme yaparak, değişik özelliklere sahip rekombinantlar meydana getirmek ıslahta hedefe ulaşmanın sonraki önemli aşamasıdır (Sarı, 2016).

Sardunyanın doğal türü ve ticari çeşitlere ait genotiplerle populasyonun oluşturulduğu ve klasik melezleme yönteminin kullanıldığı bu çalışma, Türkiye’de sardunyada yapılan melezleme çalışmasına dair yayınlanan ilk rapordur. Yerli çeşit geliştirmek amacıyla sardunyanın üç farklı türü kullanılarak tür içi ve türler arası kombinasyonlarda melezlemeler yapılmıştır. Yapılan melez kombinasyonlarda meyve tutumu ve oluşan melez tohum sayıları kaydedilmiş, ayrıca melez tohumların çimlenme oranları belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nde 2022-2023 yılları arasında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak; *P. alchemilloides*, *P. peltatum* ve *P. zonale* türlerine ait 18 adet genotip (Çizelge 1) kullanılmıştır. Fidelerin çoğaltımı için 2022 yılı Eylül ayında çelik alımı yapılmıştır. Tepe çelikleri 7-10 cm uzunluğunda ve uç kısımda 2-3 adet yaprak kalacak şekilde hazırlanarak, köklendirme hormonu 1000 ppm IBA (İndol-3-Bütirik Asit) ile muamele edilmiştir.

Çelikler, serada sisleme ünitesi altında ortam olarak 1:1 (hacimsel) oranda torf:perlit içeren kasalarda köklendirilmiştir. 4-6 haftada köklenen çelikler 3:1 (hacimsel) oranda torf:perlit karışımı içeren 1,8 L’lik saksılara şaşırtılmıştır (Paradić ve ark., 2012).

Kültürel ve bakım işlemleri yapılan bitkiler, 22-24 hafta sonra melezlemeye hazır hale gelmiştir.

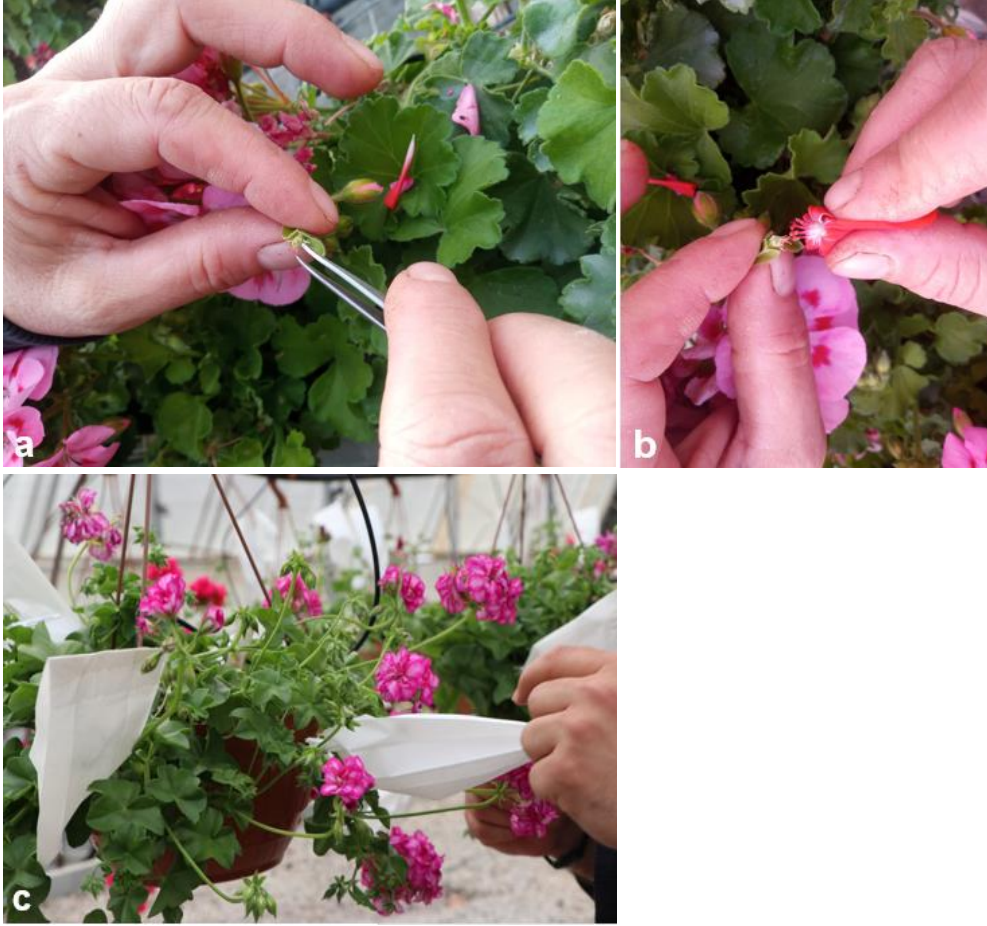
Çizelge 1. Çalışmada bitkisel materyal olarak kullanılan genotipler

KOD	TÜR	ÇEŞİT ADI	
A504	<i>Pelargonium alchemilloides</i>	Doğal tür	Pink
P03	<i>Pelargonium peltatum</i>	Grandeur® Ivy	Velvet
P22	<i>Pelargonium peltatum</i>	Grandeur® Ivy	Arctic Rose
P605	<i>Pelargonium peltatum</i>	Yerel genotip	Dark Red
Z6	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Rose
Z8	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Burgundy Splash
Z10	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	White
Z21	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	White Splash
Z24	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Pink
Z26	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Pink Picotee
Z41	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Dark	Raspberry
Z45	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Dark	Hot Rose
Z46	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Violet
Z53	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Cardinal
Z55	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Classic	Salmon
Z57	<i>Pelargonium zonale</i>	Andromeda	Pink Splash
Z61	<i>Pelargonium zonale</i>	Grandeur® Dark	Pink with Eye
Z63	<i>Pelargonium zonale</i>	Summer Lovers®	Lavender Rose

2.2. Yöntem

2023 yılı Nisan ve Mayıs aylarında sabahın erken saatlerinde her kombinasyon (Çizelge 2) için en az 3 adet bitkide melezleme yapılmıştır. Melezleme aşamasında ana olarak seçilen genotipte pens yardımıyla emaskülasyon işlemi yapılmış ve baba bitkilerden polenler getirilerek ana bitkilerin stigmalarına elle sürülerek tozlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada yabancı tozlaşmanın önüne geçmek için ana ebeveyndeki çiçeklerin örtülmesi ile izolasyonu sağlanmıştır (Şekil 1).

Temmuz ayının ilk haftasında hasat edilen melez tohumlar kapalı kese kağıtları içinde kuru serin bir ortamda muhafaza edildikten sonra Eylül ayının sonunda viyoller içindeki torf ortamında, seradaki sisleme ünitesi altında 21-24 C° sıcaklıkta çimlendirilmiştir (Şekil 2). Melezleme çalışmasında, tozlanan çiçek sayıları, oluşan meyve sayıları, elde edilen ve ekilen



Şekil 1. Anterlerin uzaklaştırılarak emaskülasyon işleminin yapılması (a), polenlerin stigmalara sürülerek tozlama işleminin yapılması (b), yabancı tozlaşmayı önlemek için izolasyon işlemi (c)

melez tohum sayıları belirlenmiş, meyve tutma oranı (%), meyve başına tohum sayısı ve çimlenme oranı (%) hesaplanarak kaydedilmiştir.



Şekil 2. Melezleme sonrası hasat edilmiş meyve ve tohumlar (a), viyollerde çimlendirilen melez tohumları (b)

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada tür içi ve türler arası olmak üzere toplam 18 farklı kombinasyonda melezleme yapılmıştır. Meyve tutma oranı % 20 ila 80 arasında, meyve başına elde edilen melez tohum sayısı ise 1 ve 3.67 adet arasında değişiklik göstermiştir. Toplamda elde edilen 51 melez tohumun ise 42 tanesinde çimlenme meydana gelmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Melezleme kombinasyonu ve elde edilen melezleme ile çimlenme sonuçları

Melezleme Kombinasyonu	Tozlanan Çiçek Sayısı (adet)	Oluşan Meyve Sayısı (adet)	Meyve Tutma Oranı (%)	Elde Edilen ve Ekilen Tohum Sayısı (adet)	Meyve Başına Tohum Sayısı (adet)	Çimlenen Bitki Sayısı (adet)	Çimlenme Oranı (%)
<i>P.zonale x P.zonale</i> *(2n=18)							
Z8 x Z46	5	1	20	2	2	2	100
Z10 x Z8	5	1	20	2	2	0	0
Z10 x Z21	5	1	20	1	1	1	100
Z26 x Z41	5	1	20	1	1	0	0
Z26 x Z61	5	1	20	1	1	0	0
Z45 x Z46	5	1	20	1	1	0	0
Z53 x Z41	5	1	20	1	1	1	100
Z53 x Z61	5	2	40	4	2	4	100
Z55 x Z21	5	1	20	2	2	2	100
Z55 x Z61	5	1	20	1	1	0	0
Z57 x Z8	5	1	20	1	1	0	0
Z63 x Z21	5	1	20	2	2	2	100
<i>P.alchemilloides x P.alchemilloides</i> *(2n=16, 18, 34)							
A504 x A504	5	2	40	4	2	4	100
<i>P.zonale x P.peltatum</i> *(2n=18)							
Z21 x P22	5	1	20	1	1	1	100
Z24 x P3	5	1	20	2	2	0	0
<i>P.alchemilloides x P.zonale</i>							
A504 x Z6	5	3	60	11	3.67	11	100
A504 x Z61	5	1	20	2	2	2	100

<i>P.alchemilloides</i> x <i>P.peltatum</i>							
A504 x P605	5	4	80	12	3	12	100

*Türlere ait kromozom sayıları

3.1. Tür içi melezlemeler

P.zonale x *P.zonale* türlerine ait 12 farklı melezleme kombinasyonunda % 20 ila 40 arasında değişen oranlarda meyve oluşumu kaydedilmiş, sadece Z53 x Z61 melezinden 2 adet meyve, diğer tüm melezlerden 1 adet meyve elde edilmiştir. Meyve başına tohum sayısı bazı kombinasyonlar için 1 adet iken, diğerleri için 2 adet olarak kaydedilmiştir. Tohumların çimlenme oranlarına bakıldığında ise; Z8 x Z46, Z10 x Z21, Z53 x Z41, Z53 x Z61, Z55 x Z21, Z63 x Z21 çaprazlamalarından alınan tohumların tamamı çimlenirken, diğerlerinde çimlenme meydana gelmemiştir (Çizelge 2).

P.alchemilloides x *P.alchemilloides* türüne ait ve yapılan tek kombinasyon melezinde (A504 x A504) meyve oluşumu % 40 oranında gerçekleşmiş, meyve başına tohum sayısı 2 adet olurken, elde edilen ve ekilen melez 4 adet tohumun tamamı da çimlenme göstermiştir (Çizelge 2).

Literatürdeki melezleme çalışmalarında, sardunyanın farklı türlerine ait tür içi melezleme kombinasyonları kullanılmıştır. *P. acetosum* ve *P. peltatum* sardunyanların kullanıldığı bir melezleme çalışmasında (Kamlah ve ark., 2019), AC1 x AC1 için çimlenme oranı % 100 ve PTF x PTF için % 76 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızdaysa bu oran % 0 ila 100 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 2).

3.2. Türler arası melezlemeler

P.alchemilloides x *P.zonale* melezlerinde A504 x Z6 ve A504 x Z61 çaprazlamaları için meyve tutumları sırasıyla % 60 ve % 20 olarak gerçekleşmiş, *P.alchemilloides* x *P.peltatum* (A504 x P605) kombinasyonunda bu değer % 80 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2). Breman ve ark. (2020) tarafından *P. hortorum* türünün ana ebeveyn olarak kullanıldığı bir çalışmada ise, *P. alchemilloides* ve *P. zonale* melezlerinden tohum oluşumu ve F1 bitkileri elde edilmiş ancak, *P.peltatum*'da melezleme başarısız olmuştur.

P.alchemilloides x *P.zonale* (A504 x Z6) melezinden 3 adet meyve alınırken, *P.zonale* x *P.peltatum* türlerinin melezlerinde (Z21 x P22, Z24 x P3) 1 adet meyve oluşmuştur (Çizelge 2). Esenalieva ve ark. (2012) *P. tongaense* kromozom sayısını mutageniz (kolşisin) yoluyla $2n=2x=18$ 'den $2n=4x=36$ 'ya iki katına çıkardıkları bir çalışmada, *Pelargonium*

zonale çapraz kombinasyonu da verimli meyvelerle sonuçlanmıştır. Burada, türler arası melezlemelerde türlerin kromozom sayıları arasındaki farkın melezleme başarısı üzerine etkisinden bahsedilebilir.

Bir başka çalışmada, PTF (*P. peltatum* 'Tornado Fuchsia') × AC2 türler arası kombinasyonunda tozlanan çiçek başına ortalama 0,3 tohum alındığı kaydedilmiştir (Kamlah ve ark., 2019), ancak başka bir çalışmada (Horn, 1994), *P. peltatum* × *P. acetosum* kombinasyonu için bu değerin 0,5 tohum olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmamıza bakıldığında, *P.zonale* × *P.peltatum* melezleri (Z21 × P22, Z24 × P3) için bu değer sırasıyla 0,2 ve 0,4 tohum iken, *P.alchemilloides* × *P.peltatum* (A504 × P605) melezi için 2,4 adet tohum olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Buna göre, çiçek başına elde edilen tohum miktarı diğer çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

P.zonale × *P.peltatum* (Z24 × P3) melezinin tohumları çimlenme göstermezken, (Z21 × P22) çaprazlamasından elde edilen tohumların çimlenme oranı % 100 olmuştur. *P.alchemilloides* × *P.peltatum* (A504 × P605) çaprazlanan kombinasyonda da melez tohumların tamamı çimlenmiştir (Çizelge 2). *P. acetosum*'un iki farklı genotipinin (AC1 ve AC2) diploid *P. peltatum* 'Tornado Fuchsia' (PTF) ile çaprazlandığı bir çalışmada ise, melez tohumların çimlenme oranı AC1 × PTF için % 44 olurken, AC2 × PTF melezinin tohumları ise çimlenme göstermemiştir (% 0), PTF × AC2 kombinasyonunda ise çimlenme oranı % 67 olarak kaydedilmiştir (Kamlah ve ark., 2019). Dolayısıyla, çalışmamızda literatüre göre daha yüksek oranda çimlenme başarısı yakalanmıştır. Ayrıca, melezleme sırasında ve sonrasında tohum çimlendirirken mevcut sera koşullarının (yüksek sıcaklık, uygunsuz nem oranı vb.) (Gibby ve Westfold, 1986; Gibby ve ark., 1990) melez bitki elde etme açısından son derece etkili olduğu anlaşılmıştır.

4. Sonuçlar

Sardunyada yapılan klasik melezleme çalışmamızda, türler arası melezlemelerde meyve tutma oranı ve meyve başına alınan tohum sayısı bakımından tür içi melezlemelere göre daha fazla meyve ve tohum elde edilirken, melez tohumların çimlenme oranlarındaki durum benzerlik göstermiştir.

Kromozom sayıları arasındaki fark, tozlama işlemi sırasında sıcaklık, nem gibi ortam koşulları ile melezleme işlemi süresinde meydana gelebilecek birtakım fiziksel olumsuzlukların da melezleme çalışmasının sonuçlarının etkileyebileceği düşünülmektedir.

Varyasyon yaratma ve tür içi-türler arası melezlemelerden yeni verimli bireyler elde etme adına gen havuzu oluşturulurken ve melezleme kombinasyonları belirlenirken, seçilecek tür ve çeşitlerin kromozom sayıları ve birbirleriyle olan çaprazlama uyumları göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanı sıra, melezleme ve tozlama işlemleri ile çimlendirme çalışmalarında uygun ortam şartlarının (sıcaklık, nem vb.) sağlanması da melezleme başarısı üzerinde önemli etkenler olarak sıralanabilir.

Teşekkür

Bu çalışma T.C Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü bünyesindeki Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde yürütülen TAGEM/BBDA/16/A09/P08/01 numaralı “Sardunya (*Pelargonium sp.*) Çeşitlerinin Geliştirilmesi” adlı proje çalışmalarının bir bölümünü içermektedir. Projeyi destekleyen Bakanlığımıza ve çalışmaya sundukları katkılarından dolayı Dr. M. Uğur KAHRAMAN ve Ayşe Serpil KAYA'ya teşekkürlerimizi sunarız.

Bu çalışma, VIII. Ulusal Süs Bitkileri Kongresinde sunulmuştur, kongre düzenleme kuruluna da ayrıca teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Albers, F., & van der Walt, J. J. (1984). Untersuchungen zur Karyologie und Mikrosporogenese von *Pelargonium* sect. *Pelargonium* (Geraniaceae)/Studies in Karyology and Microsporogenesis of *Pelargonium* sect. *Pelargonium* (Geraniaceae). *Plant systematics and evolution*, 177-188.
- Blerot, B., Baudino, S., Prunier, C., Demarne, F., Toulemonde, B., & Caissard, J. C. (2016). Botany, agronomy and biotechnology of *Pelargonium* used for essential oil production. *Phytochemistry Reviews*, 15, 935-960.
- Breman, F. C., Snijder, R. C., Korver, J. W., Pelzer, S., Sancho-Such, M., Schranz, M. E., & Bakker, F. T. (2020). Interspecific hybrids between *Pelargonium* × *hortorum* and species from *P.* section *Ciconium* reveal biparental plastid inheritance and multi-locus cyto-nuclear incompatibility. *Frontiers in Plant Science*, 11, 614871.
- Budahn, H., Olbricht, K., Hofmann, C., Plaschil, S., & Schrader, O. (2012, September). Enhancement of the genetic diversity in *Pelargonium* (section *Pelargonium*) by species introgression. In XXIV International Eucarpia Symposium Section Ornamentals: Ornamental Breeding Worldwide 953 (pp. 155-160).
- Coffin, J. L., & Harney, P. M. (1978). Intersubgeneric crosses within the genus *Pelargonium*. *Euphytica*, 27, 567-576.
- Esenalieva, A., Drewes-Alvarez, R., Arnold, R., Pohlheim, F., Wiedemann, M., Meinl, K., ... & Olbricht, K. (2012, September). Interspecific hybridisation between *Pelargonium* zonale hybrids and *Pelargonium tongaense* Vorster on the tetraploid ploidy level. In XXIV International Eucarpia Symposium Section Ornamentals: Ornamental Breeding Worldwide 953 (pp. 149-153).
- Gibby, M., & Westfold, J. (1986). A cytological study of *Pelargonium* sect. *Eumorpha* (Geraniaceae). *Plant systematics and evolution*, 153, 205-222.
- Gibby, M., Albers, F., & Prinsloo, B. (1990). Karyological studies in *Pelargonium* sectt. *Ciconium*, *Dibrachya*, and *Jenkinsonia* (Geraniaceae). *Plant systematics and evolution*, 151-159.
- Hanes, M. E. (2011). U.S. Patent No. 8,084,674. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Horn, W. (1994). Interspecific crossability and inheritance in *Pelargonium*. *Plant Breeding*, 113(1), 3-17.

- Kakihara, F., Hondo, K., & Kato, M. (2010, August). Production of interspecific hybrids between *Pelargonium crispum* and *P. rapaceum* through ovule culture and their characteristics. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 937 (pp. 697-702).
- Kamlah, R., Pinker, I., Plaschil, S., & Olbricht, K. (2019). Hybridization between *Pelargonium acetosum* L'Hér. and *Pelargonium* × *peltatum*. *Journal of Applied Botany & Food Quality*, 92.
- Karagüzel, Ö., Kahraman, M. U., & Alp, Ş. (2024). Enhancing genetic diversity in *Pelargonium*: insights from crossbreeding in the gene pool. *PeerJ*, 12, e17993.
- Kato, M., & Tokumasu, S. (1982). Characteristics of F1 hybrids produced by ovule-culture in ornamental pelargonium. *In Vitro Culture*, XXI IHC 131, 247-252.
- Molenaar, H., Glawe, M., Boehm, R., & Piepho, H. P. (2017). Selection for production-related traits in *Pelargonium zonale*: improved design and analysis make all the difference. *Horticulture research*, 4.
- Okla, M. K., Rubnawaz, S., Dawoud, T. M., Al-Amri, S., El-Tayeb, M. A., Abdel-Maksoud, M. A., ... & AbdElgawad, H. (2022). Laser light treatment improves the mineral composition, essential oil production and antimicrobial activity of mycorrhizal treated *Pelargonium graveolens*. *Molecules*, 27(6), 1752.
- Plaschil, S., Budahn, H., Schrader, O., Olbricht, K., Wiedemann, M., & Hofmann, C. (2015, June). Tetraploid male fertile *Pelargonium crispum* hybrids and their use in interspecific hybridization. In XXV International EUCARPIA Symposium Section Ornamentals: Crossing Borders 1087 (pp. 345-350).
- Plaschil, S., Budahn, H., Wiedemann, M., & Olbricht, K. (2017). Genetic characterization of *Pelargonium* L'Hér. germplasm. *Genetic resources and crop evolution*, 64, 1051-1059.
- Parađiković, N., Tkalec, M., Mustapić-Karlič, J., Križan, I., & Vinković, T. (2012). Growing *Pelargonium peltatum* and *Pelargonium* × *hortum* from Cuttings. *AGRO-KNOWLEDGE JOURNAL*, 13(4), 573-581.
- Roeschenbleck, J., Albers, F., Mueller, K., Weinl, S., & Kudla, J. (2014). Phylogenetics, character evolution and a subgeneric revision of the genus *Pelargonium* (Geraniaceae). *Phytotaxa*, 159(2), 31-76.
- Sarı, N. (2016). Bitki Islahının Temelleri, Süs Bitkileri Islahı Kurs Notları, ÇÜ. Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, 22-24 Aralık 2016.

- Swarup, S., Cargill, E. J., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J., & Glenn, K. C. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*, 61(2), 839-852.
- Yu, S. N., & Horn, W. A. H. (1988). Additional chromosome numbers in *Pelargonium* (Geraniaceae). *Plant systematics and evolution*, 159, 165-171.