

Asitliğin *Prunus armeniaca* L. (Kayısı) ve *Persica vulgaris* Miller (Şeftali) Bitkilerinin Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkisi

Aykut TOPDEMİR^{1*}, Nazmi GÜR¹, Ahmet DÜZEL¹

1. Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomühendislik Bölümü 23279 Elazığ.

*atopdemir@gmail.com

Özet: Asit yağmurları, toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Atmosferde biriken kükürt ve azot bileşikleri yağışlarla toprağa geçerek toprak pH'sının düşmesine neden olmaktadır. Asitliğin *Prunus armeniaca* L. (Kayısı) ve *Persica vulgaris* Miller (Şeftali) bitkisi polenlerinin in vitro çimlenmesi ve tüp uzunluğu üzerine etkileri üzerine yaptığımız bu çalışmada, kayısı ve şeftali çiçeklerine ait polenlerin farklı asitlik derecelerinden nasıl etkilendiğinin tespiti amaçlanmıştır. Araştırma bölgesi ve araştırmada kullanılacak bitkiler için Elazığ il merkezi ve çevre ilçelerinde seçilmiştir. Araştırma materyali olarak Elazığ ili ve ilçelerinde bulunan *P. armeniaca* L. ve *P. vulgaris* bitkilerinin polenleri kullanılmıştır. Polenleri çimlendirilmesi için, besiyeri ortamı olarak Brewbaker Kwack kültür ortamı kullanılmıştır. İnkübasyon için besiyerine ekilmiş polenler, 22±1 °C'de 3 saat süre ile bekletilmiş ve daha sonra %70'lik etanolla fikse edilmiştir. Polen çimlenme yüzdeleri ve tüp uzunlukları ışık mikroskopunda tespit edilmiştir. Çalışma, asitliğin günümüzde ülkemiz için büyük ekonomik değere sahip iki önemli kültür bitkisi kayısı ve şeftali bitkileri üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, pH düştükçe her iki bitkinin de polen çimlenme yüzdesi ve tüp uzunluğunda önemli düşüşler kaydedilmiştir. pH 3.0' da her iki bitki içinde çimlenme yüzdesi %11' in altına düşmüştür. Bu oran bir kültür bitkisi için çok büyük bir verim kaybı anlamına gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Asitlik, *Prunus armeniaca* L., *Persica vulgaris* Miller, Polen çimlenmesi, Polen tüpü gelişimi

Acidity of the *Prunus armeniaca* L. (apricot) and *Persica vulgaris* Miller (Peach) Effect of Pollen Tube Growth of Plants

Abstract: Acid rains affect the soil's chemical and biological properties. Sulphure and nitrogen compounds which are accumulated in atmosphere, by passing through the soil with rains, cause to decrease pH of soil. In this study we did for effects of acidity on *Prunus armeniaca* L. (apricot) and *Persica vulgaris* Miller plants pollens' in vitro germination and tube length, it is aimed to determine how affected apricot and peach blossom pollen from different acidity levels. Elazığ city center and surrounding counties that depend on Elazığ are selected for research area and for plants to be used in research. Pollens of *Prunus armeniaca* L. and *Persica vulgaris* plants located in Elazığ city and counties, are used as research materials. For pollen germination Brewbaker Kwack culture medium is used as growth medium. For incubation cultivated pollens in medium, heated for 3 hours at 22±1 °C and then fixed with 70% ethanol. Pollen germination percentage and tube length were detected in the light microscope. In our study it is determined that acidity have adverse effects on, two major culture plants, apricot and peach which have great economic value today for our country. According to our results, as pH drops, significant declines are recorded on pollen germination percentage and tube length for both plants. In pH 3.0, germination percentage of each plant's has dropped below 11%. This ratio means a large yield loss for a culture plant.

Keywords: Acidity, *Prunus armeniaca* L., *Persica vulgaris* Miller, Pollen germination, Pollen tube growth

Giriş

“Asit yağışı” terimi, yağmur, kar, sis-bulut, çığ veya kuru partiküllerde asidik bileşenlerin depolanması anlamında kullanılır. “Temiz” veya kirlenmemiş yağmur 5.6-5.7'lik pH ile hafifçe asidiktir, çünkü havadaki karbondioksit ve su birlikte reaksiyona girerek, zayıf bir asit olan karbonik asidi oluştururlar. Saf yağmurun asiditesi pH 5.6-5.7 iken; yağışlarda bulunan fazla asidite, birincil kirlenici olan sülfür ve nitrojen oksitlerin, havadaki suyla reaksiyonu sonucu oluşan ikincil kirleniciler nedeni ile meydana gelir (Özdemir 2005).

Bilim insanları uzun yıllar, hiçbir neden olmaksızın bazı ormanların çok yavaş büyümekte olduğunu belirtmişlerdir. Ormanların kimyası ve biyolojisi ile ilgili bilgilerin toplanarak yazılmasından sonra, araştırmacılar bu durumun asit yağışlarının sonucu olduğunu fark etmişlerdir (Özdemir 2005).

Asit yağışları ormanları direkt olarak öldürmez. Daha çok, yapraklara zarar vererek, gerekli besinleri sınırlayarak ya da topraktan yavaşıca salınan toksik maddelerle zehirleyerek bitkilere zarar verir (Özdemir 2005). Fakat kirlilik sadece vejetatif organları değil, aynı zamanda generatif organları da etkilemektedir. Polenler hava kirleticilerinden en çok etkilenen yapıların başında gelir (Munzuroğlu ve Gür 2000). Çevresel faktörler polenlerin morfolojisini değiştirerek (çökmeler meydana getirerek) ve eksinin iyonik kompozisyonunu değiştirerek (sülfür ve klor konsantrasyonunu artırarak) etki göstermektedirler. Bunun yanında meyve oluşumunu da engelleyen asıl önemli etki polen çimlenmesinin ve polen tüpü uzamasının bu faktörlerce engellenmesidir (Topdemir vd., 2012).

Qiu ve arkadaşları (2005) asit yağmurlarının litchi polenlerinin çimlenmesine olan etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılan deneysel bir çalışmada, polen çimlenmesinin pH değeriyle doğru orantılı olarak değiştiği; özellikle pH değeri 4.5' in altına düşünce, polen çimlenmesinde ciddi bir düşüş gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Gruwez ve arkadaşları (2014) simüle atmosfer şartları ve kirliliğin fındık ve elma polenleri üzerindeki etkisi incelenmiş, asit yağmurlarının polen çimlenmesini yaklaşık %50 azalttığı belirtilmiştir (Gruwez vd., 2014).

Laboratuvar şartlarında simüle asit yağmurlarının elma polenlerinin çimlenmesine ve polen tüpü oluşmasına olan etkisini incelenmiş, asit yağmurlarının polen çimlenmesi ve polen tüpü oluşumunu durdurucu etkisi olduğu ortaya konulmuştur (Munzuroğlu vd., 2003). Dahası, polen tüpü çimlenmesi üzerinde sadece pH değerinin değil, asit yağmuru miktarının da etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Munzuroğlu vd., 2003). Asitliğin kiraz (*Cerasus avium* L.) ve vişne (*Cerasus vulgaris* Miller) bitkileri polenlerinin *in vitro* çimlenmesi ve tüp uzunluğu üzerine etkileri araştırılmış, asitlik arttıkça polenlerin çimlenme ve tüp uzunluğunda büyük oranda düşüş meydana geldiği sonucuna varılmıştır (Şahin vd., 2004).

Acar ve arkadaşları (2010) *Pistacia palaestina*, *P. terebinthus*, *P. atlantica*, *P. khinjuk*, and *P. vera* cv Kaska gibi değişik sakız türleri üzerinde yaptıkları deneysel bir çalışmada; farklı pH seviyelerinin (2-9 arası) *in vitro* polen çimlenmesine ve polen tüpü oluşumuna olan etkisi incelenmiş, pH ile polen çimlenmesi ve polen tüpü uzunluğu arasında bariz bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada pH 2' deyken hiçbir türün poleninde çimlenme gözlenmediği, ortalama polen çimlenmesi dikkate alındığında en düşük değer pH 3.0'te, en yüksek değer ise pH 6.0'da görüldüğü belirtilmiştir (Acar vd., 2010).

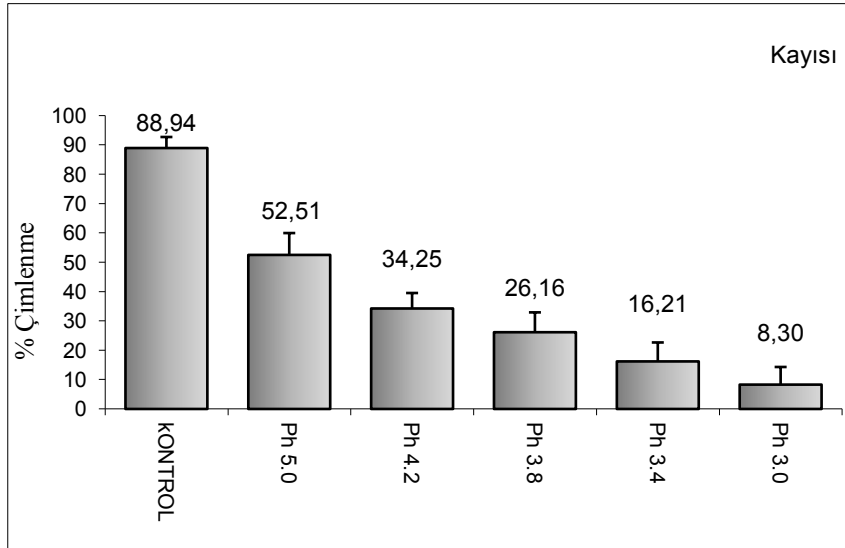
Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Elazığ ili merkezinde anayoldan uzakta olan ve çevresinde kirlilik kaynağı olabilecek fabrika ve benzeri bir tesisin bulunmadığı Sivrice ilçesi Güney köyünde yetişen *P. armeniaca* L. (Kayısı) ve *P. vulgaris* Miller (Şeftali) bitkilerinin polenleri materyal olarak kullanılmıştır. Bitkilerin olgunlaşmış anterlerinden alınan polenler bekletilmeden çimlenmeye bırakılmış, her deney serisinde aynı çiçeğe ait polenler kullanılmıştır. Polenler % 10 sukroz, 100 mg/lt borik asit, 300 mg/lt kalsiyum nitrat, 200 mg/lt magnezyum sülfat, 100 mg/lt potasyum nitrattan oluşan Brewbaker ve Kwack kültür ortamında çimlendirilmiştir (Shivanna ve Rangaswamy 2012). Hazırlanan besiyeri çözeltisi içerisindeki sukrozdan dolayı mikroorganizma üremesine elverişli olduğundan daha uzun süre bozulmadan dayanabilmesi için ağzı bir pamukla kapatılarak otoklavda (Eryigit, ERS2000D model) 121 °C de 1 atmosfer basınç altında 15 dakika süre ile sterilize edilmiştir. Araziden toplanan ve polietilen poşetler içinde etiketlenerek laboratuvara getirilen çiçekler stereo mikroskop altında incelenmiştir. Çiçeklerin olgunlaşmış anterlerinden iğne yardımıyla bir lam üzerine alınan polenlerin üzerlerine 50µl besiyeri 10-100µl'lik mikropipet (Eppendorf, Research model) ile damlatılmıştır. Çalışılan her bir bitki için, alınan polenlerden üç ayrı lama ekim yapılmıştır. Bu şekilde hazırlanan lamlar, ıslak bir filtre kağıdı ile döşenerek nemi sağlanmış petri kapları içerisindeki cam çubuklar üzerine yerleştirilmiştir. Petri kutularının kapağı kapatıldıktan sonra inkübatöre (Heraus, B12 model) konarak çimlenmeleri sağlanmıştır. Çimlenme konsantrasyonu olarak her iki bitkide de pH 5.0, pH 4.2, pH 3.8, pH 3.4 pH 3.0 kullanılmıştır. Kontrol grubu için 22±1°C'lik sıcaklık kullanılarak pH6.5'e ayarlanmıştır. 3 saat çimlenme süresi sonunda inkübatörden çıkarılan lamlar üzerindeki her bir kültür

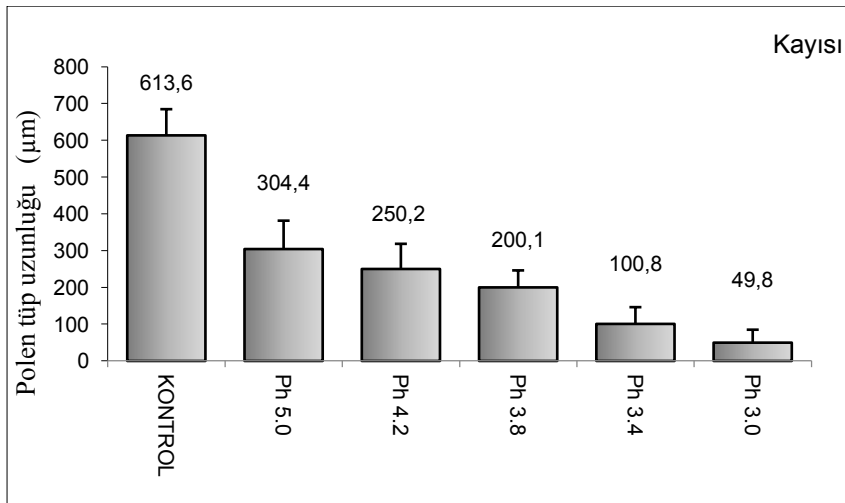
ortamına %10'luk etanol damlatılarak fikse edilmiştir (Shivanna ve Rangaswamy 2012). Fiksasyon işleminin ardından, lamel kapatılarak preparatlar ışık mikroskobu (Olympus, BX51 TF model) altında incelenmiştir. 10x büyütmeli bir oküle takılı olan oküler mikrometre ile yapılan ölçümlerde, çimlenme durumunun tespiti için 10 büyütmeli objektif, tüp uzunluğunun ölçümü için ise 10, 20 ve 40 büyütmeli objektif kullanılmıştır. Shivanna ve Rangaswamy (2012)'da anlatılan metoda göre çimlenme yüzdeleri belirlenmiş ve tüp uzunlukları ölçülerek kaydedilmiştir.

Bulgular

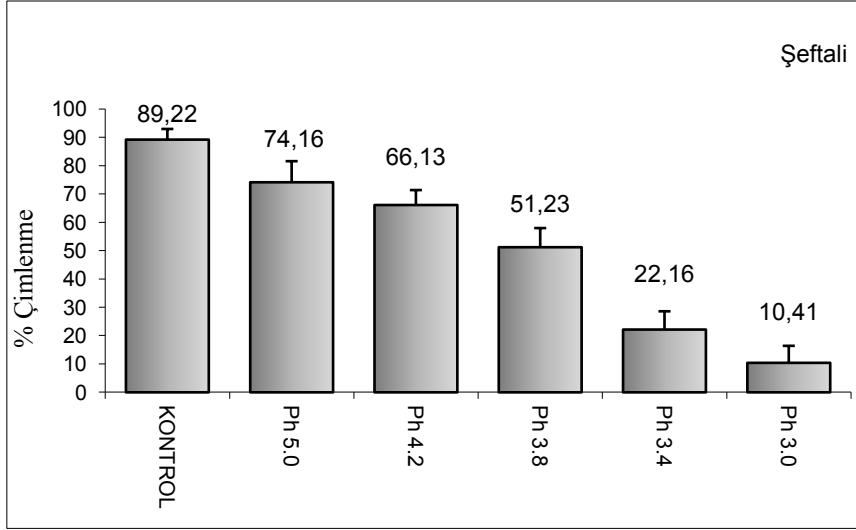
Çalışmada, *P. armeniaca* L. (Kayısı) ve *P. vulgaris* Miller (Şeftali) bitkilerinin çimlenme ve polen tüpü uzunluğunu engelleyen en önemli faktörlerden biri olan asitliğin, çimlenme oranının ve polen tüp uzunluğunun en az etkilendiği pH derecesinin kontrol grubuna (pH 6.5) en yakın değer olan pH 6.5 olduğu gözlenmiştir. Bundan sonraki pH değerlerinde (pH 5.0, pH 4.2, pH 3.8, pH 3.4 pH 3.0) ise çimlenme oranı ve tüp uzunluğunun asitlik arttıkça doğru orantılı bir biçimde azaldığı gözlenmiştir. Yaptığımız çalışmalar sonucunda her iki bitki için bulunan polen çimlenme yüzdesi ve tüp uzunluğu aşağıda grafiklerle gösterilmiştir (Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4).



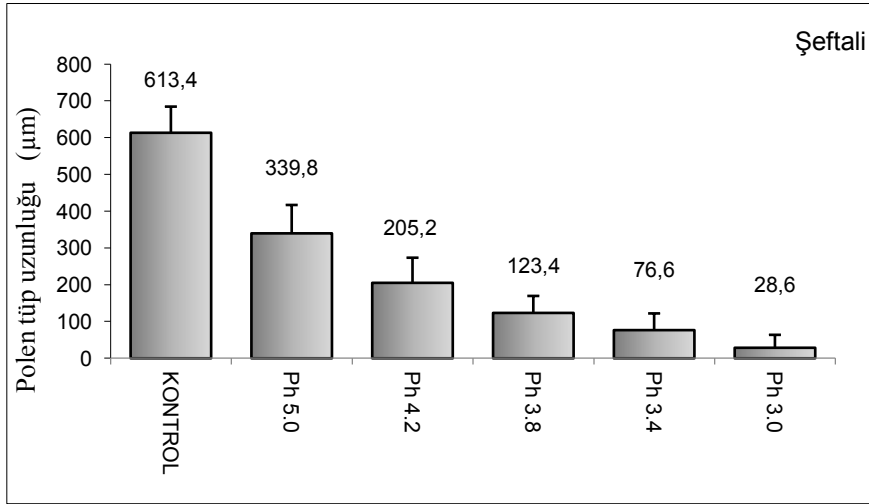
Şekil 1. Farklı asitlik derecelerinin kayısı bitkisinde polen çimlenmesi üzerine etkisi.



Şekil 2. Farklı asitlik derecelerinin kayısı bitkisinde polen tüp uzunluğu üzerine etkisi.



Şekil 3. Farklı asitlik derecelerinin şeftali bitkisinde polen çimlenmesi üzerine etkisi.



Şekil 4. Farklı asitlik derecelerinin şeftali bitkisinde polen tüp uzunluğu üzerine etkisi.

Tartışma

Kayısı bitkisinin polenlerinin çimlenme oranına bakıldığında; kontrol grubunda (pH 6.5) %88.94 oranında bir çimlenmenin olduğu gözlenmiştir. Asitliğin artmasına bağlı olarak çimlenme oranında azalmanın olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubuna en yakın değer olan pH 5.0'da bu oran %52.51'e, pH 4.2'de %34.25'e, pH 3.8'de ise %26.16'ya düşmüştür. Bu oranlar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında çimlenme oranındaki farkın çok önemli olduğu belirlenerek daha yüksek asitlik derecelerinde bu farkın da giderek arttığı belirlenmiştir. Örneğin; pH 3.0'da çimlenme oranı %8.30'a kadar düşmüştür. Bu değer kontrol grubu ile karşılaştırıldığında çimlenme oranında %90.66'lık bir azalmanın olduğu gözlenmiştir.

Kayısı bitkisi tüp uzunluğu bakımından incelendiğinde kontrol grubunda (pH 6.5) 613.6 µm olarak ölçülen tüp uzunluğu. kontrol grubuna en yakın ve en düşük asitlik derecesi olan pH 5.0'da 304.4 µm. kontrol grubuna en uzak ve en yüksek asitlik derecesi olan pH 3.0'da ise 49.8 µm olarak belirlenmiştir. Tüp uzunluğu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında pH 5.0'da %50.39'luk, pH 3.0'da ise %91.88'lik bir düşüş gözlenmiştir. Bu ölçümlerden de anlaşılacağı gibi asitlik derecesinin artışı kayısı bitkisinin polen tüp uzunluğunu büyük oranda inhibe etmiştir.

Şeftali bitkisi polenlerinin çimlenme oranı kontrol grubunda (pH 6.5) %89.22 olarak bulunmuştur. Kontrol grubuna en yakın olan pH derecesinde (pH 5.0) ise çimlenme oranı %74.16 olarak ölçülmüştür ve çimlenme oranında önemli bir azalmanın olmadığı gözlenmiştir. Fakat asitlik derecesi arttıkça çimlenme oranında düzenli bir azalışın olduğu belirlenmiştir. Sonrasında ise çimlenme oranındaki azalma devam etmiştir. pH 4.2 'de %66.13 olan oran pH 3.0'da %10.41'e düşerek ölçümler arasındaki ilk önemli farkı göstermiştir. Kontrol grubu ile en yüksek ve en düşük asitlik dereceleri karşılaştırıldığında; pH 3.0'da %88.33'lük, pH 5.0'da ise %16.87'lik bir düşüş meydana gelmiştir.

Şeftali bitkisinde tüp uzunluğuna bakıldığında ise; kontrol grubunda 613.4 µm olarak ölçülen tüp uzunluğunun. kontrol grubuna en yakın değerler olan pH 5.0'da 339.8 µm'ye düştüğü yine asitlik derecesi arttıkça tüp uzunluğunda önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. Bu değerler pH 4.2'de 205.2 µm iken pH 3.0'de 28.6 µm olarak ölçülmüştür. Polen tüp uzunluğu bakımından kontrol grubu ile pH 3.0'da ki tüp uzunluğu karşılaştırıldığında %95.33'lük. pH 5.0 ile karşılaştırıldığında ise %44.60'lık bir düşüşün olduğu belirlenmiştir.

Şeftali bitkisinin polenleri hem çimlenmede hem de tüp uzunluğunda yüksek asitlikten olumsuz yönde eştir. En iyi çimlenmeyi ve tüp uzamasını ise kontrol grubuna en yakın değer olan pH 5.0'da göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada; çalışılan iki bitki poleninin yüksek asitlikten olumsuz olarak etkilendiği gözlenmiştir. Bu iki bitki arasında çimlenme oranının yüksek asitlikten etkilenmesi bakımından bir kıyaslama yapılırsa kayısı bitkisinde pH 3.0'da % 90.66, şeftali bitkisinde ise %88.33'lük bir düşüşün olduğu bulunmuş ve kayısı bitkisinin daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.

Bu kıyaslama polen tüp uzunluğu bakımından yapıldığında; kayısı bitkisinde %91.88'lik, şeftali bitkisinde ise %95.33'lük azalmayla şeftali bitkisinin yüksek asitlikten daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.

Zaman ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada; 14 tür su kabağına ait polenler. 5 farklı pH seviyesindeki (7-7.5-8-8.5 ve 9) çimlendirme ortamlarına konulmuş ve çimlenmeleri incelenmiştir. Bu türlerden pH 9'da 8 tanesinde, pH 8.5'te 5 tanesinde ve pH 7.5'te 1 tanesinde maksimum çimlenme görülmüştür. Dolayısıyla incelenen türler için optimum pH aralığının 8.5-9 olduğu söylenebilir (Zaman 2009). Yaptığımız çalışma kapsamında incelediğimiz kayısı ve şeftali polenlerinin maksimum çimlenme yüzdesi kontrol grubunda (pH 6.5 seviyesindeyken) görülmüştür.

Neuvonen ve arkadaşları (1991), yaptıkları bir çalışmada simüle asit yağmurunun dağ huşu bitkisi polenleri üzerine olan etkisini incelemiş, çimlenme solüsyonunun pH'ı 4.0 seviyesindeyken polen çimlenmesinin önemli ölçüde inhibe olduğunu belirtmişlerdir. Çimlenme solüsyonunun pH'ının 4.0 seviyesindeyken gözlemlenen polen çimlenme yüzdesinin, çimlenme solüsyonu pH'ının 4.6-5.6 seviyelerinde gözlenen polen çimlenme yüzdesinin yarısı kadar olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte çimlenme solüsyonunun pH değeri 4.6 iken ölçülen polen tüpü uzunluğunun, pH değeri 5.6 iken ölçülene göre %50 düşük olduğunu belirtmişlerdir (Neuvonen vd. 1991). Bizim çalışmamızda ise her iki bitki türünde de pH değerlerine karşılık gelen, çimlenme yüzdesi ve polen tüpü uzunluğu değerleri birbirine paraleldir. Her iki türde de çimlenme yüzdesi ve polen tüpü uzunluğu pH ile ters orantılı olarak değişmiş olup, maksimum ve minimum değerler arasında ciddi farklar oluşturduğu belirlenmiştir.

Paoletti ve Bellani (?) yaptıkları bir çalışmada. 6 farklı pH değeri (5.0-4.5-4.0-3.5-3.0 ve 2.5) ve 6 çeşit asitin (H₂SO₄, HNO₃, H₂SO₄:HNO₃ 1:1, 2:1, 3:1 ve 5:1 oranlarında) *Pinus cembra* L. ve *Sambucus nigra* L. polen çimlenmesi ve polen tüpü oluşumu üzerine olan etkisini incelemişlerdir. *S. nigra*'nın tüm asit uygulamalarında pH değerleri 3.0 ve 2.5'ken. herhangi bir çimlenme görülmediğini. *P. Cembra* polenlerinin ise pH değeri 2.5' in üzerinde yüzdesi düşük olsa da çimlenme görülebildiğini belirtmişlerdir (Paoletti ve Bellani 1990). Bizim çalışmamızda asidite çeşitlerinin polen çimlenmesi ve polen tüpü oluşumuna olan etkisi üzerinde durulmadığından, bu konuda herhangi bir yorum yapmamız mümkün değildir. Çalışmamızda polen çimlenmesi ve polen tüpü oluşumunu tamamen engelleyen herhangi bir pH değerine rastlanmamıştır, ancak her iki türde

de pH değeri 3.0' ken polen çimlenme yüzdesinin ve polen tüpü oluşumunun ciddi oranlarda azaldığı tespit edilmiştir.

Paoletti'nin orman ağaçları üzerinde yaptığı farklı bir çalışmada, 6 farklı pH değerinde (5.0-4.5-4.0-3.5-3.0 ve 2.0) ve deterjan konsantrasyonunda (0. 1. 3. 5. 10 ve 15 mg L⁻¹) iğne ve geniş yapraklı ağaç polenlerinin çimlenmesi incelenmiş, geniş yapraklı türlerde deterjan konsantrasyonu 3 mg L⁻¹ 'nin üzerine çıktıkça ve pH 5.0'dan 4.0'a düştükçe hem polen çimlenmesinde hem de polen tüpü uzunluğunda genellikle azalma olduğu bildirilmiştir. İğne yapraklı türlerde ise; deterjan konsantrasyonunun 1 mg L⁻¹ olduğu veya pH değerinin 4.5-4.0 seviyelerinde olduğu durumlarda polen çimlenmesinin inhibe olmadığı, öte yandan 1-3 mg L⁻¹ deterjan konsantrasyonunda ve 4.5-3.5 pH seviyelerinde polen tüpü uzamasının önemli derecede azaldığı belirtilmiştir (Paoletti 1992). Daha ileri çalışmalarla kayısı ve şeftali polenlerinin pH ile birlikte maruz kalabileceği doğal/yapay herhangi bir kimyasal maddenin etkilerinin gözlenmesi mümkün olabilir.

Sonuç

İki kültür bitkisi üzerinde yaptığımız çalışma ve yukarıda bahsedilen diğer çalışmalardan da anlaşılacağı üzere asitlik, çiçekli bitkilerin erkek gametofiti olan polen çimlenmesini ve polen tüpü oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum döllenmenin, bitkinin neslinin devamının ve aynı zamanda da meyve oluşumunun olumsuz etkilenmesi anlamına gelmektedir. Bu durumun önlenmesi için özellikle atmosferde asitliğin artmasına engel olacak ve asit yağmurlarına neden olan antropojenik faktörleri azaltacak bir takım önlemlerin alınması şarttır.

Kaynaklar

- Acar, I., Arpacı, S., Eti, S. 2010. Pollen susceptibility of Pistacia species to different pH medium. African Journal of Agricultural Research. 5(14): 1830-1836.
- Gruwez, R., De Frenne, P., De Schrijver, A., Leroux, O., Vangansbeke, P., Verheyen, K. 2014. Negative effects of temperature and atmospheric depositions on the seed viability of common juniper (*Juniperus communis*). Annals of Botany. 113(3): 489-500.
- Munzuroglu, O., Obek, E., Geckil, H. 2003. Effects of simulated acid rain on the pollen germination and pollen tube growth of apple (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden). Acta Biologica Hungarica. 54(1): 95-103.
- Munzuroğlu, Ö., Gür, N. 2000. Ağır metallerin elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)'da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri. Turkish Journal of Biology. 24: 677-684.
- Neuvonen, S., Nyyssönen, T., Ranta, H., Kiilunen, S. 1991. Simulated acid rain and the reproduction of mountain birch [*Betula pubescens* ssp. *tortuosa* (Ledeb.) Nyman]: a cautionary tale. New Phytologist. 118(1): 111-117.
- Özdemir, O. 2005. Görünmeyen Tehlike: Asit Yağışları The Invesible Threat: Acid Rain. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Uz. Dr. Sağlık ve Toplum Dergisi, Yıl: (15) 2005, Sayı:1
- Paoletti, E. 1992. Effects of acidity and detergent on in vitro pollen germination and tube growth in forest tree species. Tree physiology. 10(4): 357-366.
- Paoletti, E., Bellani, L. 1990. The in-vitro response of pollen germination and tube length to different types of acidity. Environmental Pollution. 67(3): 279-286.
- Qiu, D. L., Liu, X. H., Guo, S. Z. 2005. Effects of simulated acid rain on fertility of litchi. Journal of Environmental Sciences-China. 17(6): 1034-1037.
- Shivanna, K.R., Rangaswamy, N.S. 1992. Polen biology laboratory manual, Springer Verlag, Berlin.
- Şahin, N. F., Cerrah, L., Arzu, S., Şahin, B. 2004. Yüksek öğretimde öğrenci merkezli çevre eğitimi dersine yönelik bir uygulama. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 24(3).
- Topdemir, A., Gür, N., Topdemir, G. 2012. *Cerasus avium* L.(Kiraz) ve *Cerasus vulgaris* Miller (Vişne) Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Asitliğin Etkileri.
- Zaman, M. R. 2009. Effect of pH on in vitro pollen germination of fourteen cultivated and wild species of cucurbit. Journal of Bio-Science. 17: 129-133.