

***Helianthus annuus* L. var. Santafe (Ayçiçeği) Tohumlarının Çimlenmesi ve Erken Büyüme Üzerine Tuz ve Dışsal Putresin'in Etkileri (*)**

Fatma TEKİN, Suna BOZCUK
Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 03.03.1997

Özet: Kontrollü iklim koşullarında, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. var. Santafe) tohumlarının çimlenmesi ve bazı büyüme parametreleri üzerine tuz (NaCl) ve putresin (Put.)'in ayrı ayrı ve birlikte etkileri incelenmiştir. Çalışmada üç farklı tuz konsantrasyonu (50, 100, 200mM) ile üç farklı seviyede (0.01, 1, 2mM) Put. kullanılmıştır. Tek başına tuz, konsantrasyona bağlı olarak, tohumların çimlenmesini engellemiş yada geciktirmiştir. Ayrıca çimlenme döneminde incelenen bazı büyüme parametreleri (radikula uzunluğu, taze ve kuru ağırlık) de tuzdan olumsuz yönde etkilenmiştir. Tek başına kullanılan Put., konsantrasyona bağlı olmaksızın, hem çimlenme yüzdesi hem de incelenen bazı büyüme parametreleri üzerinde etkisiz bulunmuştur. Buna karşılık çeşitli konsantrasyonlardaki tuz+Put. kombinasyonlarında, Put., tuz stresi altındaki tohumların çimlenmesini arttırmıştır. Özellikle 200mM NaCl+1 ve/veya 2mM Put., kombinasyonlarındaki Put., tuzun çimlenme üzerindeki engelleyici etkisini tamamen ortadan kaldırmış ve çimlenmeyi, kendi kontrollerine göre, sırasıyla 4.57 ve 3.21 kat arttırmıştır. Yine aynı tuz+Put. kombinasyonlarında radikula uzunluğu, taze ve kuru ağırlıkta da önemli artışlar saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Ayçiçeği, tuz stresi, poliaminler, putresin, çimlenme, radikula uzunluğu, taze ve kuru ağırlık

Effects of Salt and Exogenous Putrescine on Seed Germination and Early Seedling Growth of *Helianthus annuus* L. var. Santafe

Abstract: Effects of salt (NaCl) and putrescine (Put.) and various combinations of these (salt+Put.) on germination and some early growth parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L. var. Santafe) plants, grown under the controlled conditions, were investigated. Salt was used in 3 different concentrations (50, 100, 200mM) and also, Put. was applied in 3 levels (0.01, 1, 2 mM). The salt treatment alone inhibited or delayed the seed germination, depending on concentration. Furthermore, some growth parameters (length of radicle, fresh and dry weights) studied in germination period were adversely affected by salt. In the treatment alone of Put., regardless of the concentration, it was found

(*) Bu çalışma, Fatma Tekin'in Bilim Uzmanlığı Tezinin bir bölümüdür. TÜBİTAK (TBAG-1265) Projesidir.

to be ineffective on germination percentage as well as on some growth parameters under investigation. However, the use of salt+Put. combinations at various concentrations stimulated the germination of seeds under the salt stress. Particularly in 200mM NaCl+1 and/or 2mM Put. combinations, Put. completely overcame the germination-inhibiting effect of salt and so the germinations in these combinations, as compared to their controls, were increased as much as 4.57 and 3.21 fold respectively. It was also shown that the length of radicle, fresh and dry weights in the same salt+Put. combinations were increased significantly.

Key Words: Sunflower, salt stress, polyamines, putrescine, germination, length of radicle, fresh and dry weights

Giriş

Bilindiği gibi tuzlu koşullar, halofit bitkiler hariç, genellikle büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yani tuzlu koşullarda genellikle çimlenme engellenmekte, büyüme hızı yavaşlamakta ve verim azalmaktadır. Bazı hallerde ise bitki hayat devresini bile tamamlayamadan ölmektedir. Bu konuyla ilgili olarak günümüze kadar pekçok araştırma yapılmış, ancak tuzluluğun etki mekanizması tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır (1, 2, 3). Öte yandan pek çok araştırmacı tuzluluğun meydana getirdiği bu olumsuz etkiyi azaltmaya yada tamamen ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar yapmışlar ve bu amaçla çimlenme ve büyümeyi olumlu yönde etkilediği bilinen büyüme hormonlarını kullanmışlardır (1,4). Bazı araştırmacılara göre ise tuzlu koşulların çimlenme ve büyüme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkinin poliamin grubu maddelerle de ortadan kaldırılabileceği literatürde belirtilmiştir (5, 6, 7, 8).

Doğal olarak meydana gelen poliaminler, hayvan hücrelerinde, aşağı ve yüksek organizasyonlu bütün bitki hücrelerinde bulunmakta ve hormondan çok sekonder mesajcı olarak adlandırılmaktadırlar (9). Ancak Bagni (10), çoğalan hücrelerde hızla sentez edilmeleri ve kolay taşınabilirlikleri nedeniyle, Rosela ve ark. (11) ise düşük molekül ağırlıkları, geniş kapsamlı etkileri ve organizmada çok yüksek düzeyde bulunmalarından dolayı poliaminlerin daha çok hormonlara benzerlik gösterdiğini ifade etmiştir. Öte yandan Galston (12), içsel poliaminlerin ışık, hormon, polinasyon, stres ve yaşlanma gibi uyarılara verdiği cevapları, taşınımını ve dışsal uygulama sonucundaki etkileri nedeniyle bitkilerde düzenleyici rol oynadığını ifade etmektedir. Poliaminler tek başlarına bitkiye uygulandıklarında, yaşlanma (13), embriyogenesis (14), kök büyümesi (15) çiçeklenme (16), hücre bölünmesi (17, 18), nükleik asit ve protein sentezi (19) ve çimlenme gibi pekçok fizyolojik olayda etkili olabilmektedir. Diğer taraftan çeşitli araştırmacılar poliaminlerin tuz stresi (20, 21), K⁺ ve Mg²⁺ yetersizliği veya NH₄⁺ fazlalığı (22, 23) gibi stres koşullarında bitkilerde içsel olarak biriktiğini saptamışlardır.

Bu güne kadar yapılan çalışmaların çoğunda poliaminlerin yaşlanma, stres, mitoz bölünme, çimlenme ve büyüme üzerinde yapmış oldukları etki daha çok içsel poliamin analizleriyle açıklanmaya çalışılmıştır. Tuzlu koşullar altında, çimlenme aşamasında dışsal poliamin uygulamasına yönelik çalışmalar literatürde az ve yetersizdir. Bu nedenle bu çalışmada, tuzlu koşullarda çimlendirilen ayçiçeği bitkilerinde, tuz stresinin çimlenme oranında ve erken büyüme evresinde çeşitli büyüme kriterleri üzerinde meydana getirdiği engellemenin, putresin (Put.) ile hafifletilmesi yada ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Bu çalışma, ülkemizde önemli bir tarım bitkisi olarak yetiştirilen ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. var. Santafe) tohumlarıyla yapılmıştır. Deney materyali, Tohum Islah ve Sertifikasyon Merkezi'nden temin edilmiştir.

Kullanılan Kültür Çözeltileri

Deneylerimizde esas kültür çözeltisi (kontrol) olarak, reçetesi Hoagland ve Arnon (24) tarafından hazırlanan ve 1/2 oranında sulandırılmış Hoagland çözeltisi (Hoag.) kullanılmıştır. Tuzlu kültür çözeltileri ise esas kültür çözeltisine 50, 100 ve 200mM NaCl ilave edilerek hazırlanmıştır. Ayrıca gerektiğinde, hem esas kültür çözeltisine hem de tuzlu kültür çözeltilerine 0.01, 1 ve 2mM olacak şekilde Put. ilave edilmiştir. Deneylerimiz $25\pm 1^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanmış iklim odasında ve karanlıkta yapılmıştır.

Sadece Put.'in etkisini görebilmek için distile su da ayrı bir kontrol olarak kullanılmıştır.

Tohum Çimlendirme Yöntemi

Çimlendirme işlemine başlamadan önce 50'şer adetlik gruplar halinde seçilen tohumlar yüzeysel sterilizasyon yöntemi (25) ile üzerine yapışmış bakteri ve mantarlardan temizlenmiştir. Daha sonra bu tohumlar, Put.'li yada Put.'siz gerekli kültür çözeltilerinde ıslatılarak 24 saat süreyle şişmeye bırakılmıştır. 24 saat sonra kültür çözeltileri süzülüp, şişmiş tohumlar, 20 x 14 x 6 cm. boyutlarında kapaklı çimlendirme kaplarına alınmıştır. Çimlendirme kaplarının içine ince bir tabaka pamuk ve çift katlı filtre kağıdı yayılmış olup, her kap 20 ml gerekli kültür çözeltisiyle ıslatılmıştır. Çimlenme için radikulanın belirgin şekilde testadan çıkmış olması esas kabul edilmiştir (1). Deneyler 50'şer adetlik gruplar halinde hazırlanan tohumlarla, 6 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

Çimlenme devresinin sonu olan 5. günde çimlenmiş olan tohumlar sayılarak çimlenme yüzdesi bulunmuş, ayrıca NaCl ve Put.'in çimlenme aşamasında, incelenen büyüme kriterleri üzerinde yapmış olduğu etkiyi anlayabilmek amacıyla da çimlenen tohumların radikula uzunlukları taze ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

Çimlenmiş olan ayçiçeği tohumlarının radikula uzunlukları, kökle gövdenin ayırım yerinden başlayarak radikula ucuna kadar milimetrik bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Ölçme işlemi, her kültür kabındaki çimlenmiş tohumlar arasından seçilen örnekler üzerinde yapılmıştır. Bunun için her kaptan radikula uzunluğu en büyük ve en küçük olanla, ikisi arasında radikula uzunluğuna sahip üç tohum olmak üzere toplam 5 çimlenmiş tohum seçilmiştir. Deneylerimiz 6 tekrarlı yürütüldüğünden ölçümler her kültür ortamı için 30 örnek üzerinde yapılmıştır.

Ayrıca 5. günde NaCl ve poliaminlerin taze ve kuru ağırlığa etkisini görebilmek için her kültür çözeltisinde çimlenmiş olan tohumların taze ağırlığı ölçülmüştür. Sonra bu örnekler 80°C 'ye ayarlanmış bir etüvde 48 saat tutularak ağırlıklarının sabit hale gelmesi sağlanmıştır. 48 saat sonra etüvden alınan örnekler soğuyunca tartılarak kuru ağırlıkları (mg/bitki) ölçülmüştür.

İstatistiksel Analizler

Çimlenme deneyleri sonunda elde edilen sayım, ölçüm ve tartımla ilgili verilerin varyans analizleri ve çimlenme deneyleri sonuçlarına ait ArcSin \sqrt{P} dönüşümleri, IBM uyumlu bir bilgisayarda ve "Systat 5 Paket Programı" kullanılarak yapılmıştır. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre en küçük önemli farklılıklar (LSD:Least Significant Difference) % 5 önem düzeyinde her bir değişken için $Sx.\sqrt{2.t_{0.05}}$ formülüne göre hesaplanmış ve böylece ortalamalar arası farkların önem kontrolü yapılmıştır (26).

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, *Helianthus annuus* L. var. Santafe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenmesi üzerine ayrı ayrı tuz (NaCl) ve Put.'in etkileriyle, tuz+Put.'in birlikte etkileri araştırılmıştır. Bulgularımız, tek başına kullanıldığı zaman tuzun, çimlenme oranını ve çeşitli büyüme kriterlerini olumsuz yönde etkilediğini, Put.'in çimlenme ve bu kriterler üzerinde genellikle etkisiz kaldığını, çeşitli konsantrasyonlardaki tuz+Put. kombinasyonlarının ise çimlenmeyi önemli derecede stimüle ettiğini yani tuzluluğun çimlenme üzerindeki olumsuz etkisinin, Put. uygulamasıyla büyük ölçüde ortadan kaldırılabilceğini göstermektedir.

Yapılan çimlenme deneylerinde tuzluluğun 5 günlük total çimlenme yüzdesini konsantrasyona bağlı olarak büyük ölçüde engellediği gösterilmiştir (Şekil 1). Bu engelleme hiç tuz verilmeyen kontrol grubu (Hoagland) ile karşılaştırıldığında 50mM NaCl içeren tuzlu kültür ortamında %21.98, 100mM tuzlu kültür ortamında %29.27, çalışılan en yüksek NaCl konsantrasyonu olan 200mM tuzlu kültür ortamında ise %78.55 oranında bulunmuştur. Halbuki tuz+Put. kombinasyonlarında total çimlenme yüzdesi üzerinde önemli artışlar sağlandığı gösterilmiştir. Örneğin, 50mM tuzlu kültür çözeltisinde her üç Put. düzeyi, kendi kontrolü ile karşılaştırıldığında total çimlenme yüzdesini önemli derecede arttırmıştır. Bu artış 0.01mM Put. için %49, 1mM Put. için %46, 2mM Put. için ise %53 olarak bulunmuştur. 100mM tuzlu kültür çözeltisinde, 0.01mM Put.'in etkisi daha da belirginleşerek total çimlenmede kendi kontrolüne göre %65 oranında artışa neden olmuştur. 200mM NaCl+1mM Put. ve 200mM NaCl+2mM Put. kombinasyonlarında ise Put.'in total çimlenme üzerinde maksimum derecede stimülasyon etkisi gözlenmiş ve bu etki kendi kontrolü ile karşılaştırıldığında, 1mM Put. için %357, 2mM Put. için ise %221 artış olarak bulunmuştur. Yani sadece 200mM NaCl içeren tuzlu kültür çözeltisine (Kontrol) göre 200mM NaCl+1 yada 2mM Put. uygulaması çimlenmeyi sırasıyla 4.57 ve 3.21 kat arttırmıştır. Put. ile yapılan çimlendirme çalışması sonunda elde ettiğimiz bulgular Prakash ve Prathapasanen (6)'ın çeltik tohumlarıyla yaptığı ve tuzluluğun olumsuz etkisini Put. ile ortadan kaldırılabilceği konusundaki verileri ile uyumaktadır. Aynı zamanda Mishra ve Sharma (8)'nin tuzlu koşullarda Put. uygulanmasının çimlenmeyi %60 oranında arttırdığını gösteren çalışması da bulgularımızı desteklemektedir.

Öte yandan tek başına 3 farklı konsantrasyonda Put. kullanıldığında (Dist. su kontrol) çimlenme üzerinde önemli bir etkisi bulunamamıştır.

Çalışmamızda tuz konsantrasyonuna bağlı olarak, çimlenme üzerinde meydana gelen engelleme arttıkça radikula uzunluğunun da azaldığı gösterilmiştir (Şekil 2). Radikula uzunluğundaki engelleme hiç tuz verilmeyen kontrol grubu (Hoagland) ile karşılaştırıldığında ortalama olarak 50mM tuzlu kültür ortamında %30.43, 100mM tuzlu kültür ortamında %52.55, 200mM tuzlu kültür ortamında ise %86.77 bulunmuştur. Elde edilen sonuçlarımız Reggiani ve ark. (27)'in buğday tohumlarıyla 50, 100 ve 200mM tuz konsantrasyonları için elde ettiği bulgularla uyusmaktadır. Sadece en yüksek tuz konsantrasyonuna (200mM NaCl) sahip kültür çözeltilisine ilave edilen 1mM ve 2mM Put. radikula uzunluğunu arttırmıştır.

Gerek distile suya gerekse diğer tuzlu kültürlerle ilave edilen Put. ise radikula uzunluğu üzerinde etkisiz bulunmuştur.

Aynı şekilde 5 günlük fidelerin taze ve kuru ağırlıkları da ortamdaki tuz konsantrasyonuna bağlı olarak genellikle azalma göstermiştir (Şekil 3, 4). Bu engelleme hiç tuz verilmeyen kontrol grubu (Hoag.) ile karşılaştırıldığında en yüksek tuz konsantrasyonu olan 200mM tuzlu kültür ortamında taze ağırlık için %51.42, kuru ağırlık için ise %23.08 olarak bulunmuştur. Mishra ve Sharma (8) da benzer şekilde hardal fideleriyle yaptığı çalışmada, ortamdaki tuz konsantrasyonu arttıkça fidelerdeki kuru ağırlığın azaldığını göstermiştir. Diğer taraftan tuz+Put. kombinasyonlarında 5 günlük fidelerin taze ve kuru ağırlık değişimine baktığımızda, sadece 200mM tuzlu kültür çözeltilisinde Put.'in her üç düzeyi taze ağırlık artışına neden olmuş, kuru ağırlık artışı ise yine aynı kültür çözeltilisinde ve sadece 0.01mM ve 1mM Put. uygulamasıyla elde edilebilmiştir.

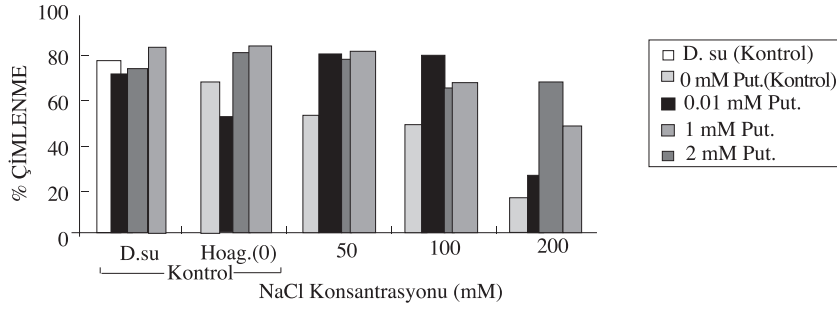
Gerek distile suya gerekse diğer tuzlu kültür çözeltililerine ilave edilen Put. taze ve kuru ağırlık değişimlerinde etkisiz bulunmuştur.

Tuzluluğun çimlenme evresindeki olumsuz etkisi pekçok araştırmacı tarafından gösterilmiş olmasına karşın, tuzun engelleyici etkisinin mekanizması hakkındaki görüşlerde bir fikir beraberliği yoktur ve bu konudaki fikirlerin pek çoğu henüz tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar tuzun büyüme ve gelişme üzerindeki olumsuz etkisini osmotik (4), yada toksik (spesifik) (28, 29) yolla gerçekleştirebileceğini öne sürerken, bazıları da ya tohumlardaki hormon dengesini bozarak (30), ya DNA, RNA ve protein sentezini azaltarak (31), yada bitki hücrelerindeki mitoz bölünmeyi engellemek suretiyle (32, 1) bu etkiyi gerçekleştirebileceğini savunmuşlardır. Bundan başka, tuzun çimlenen tohumdaki depo materyalinin çözülme ve taşınma mekanizmasını engelleyerek etkili olabileceğini kaydeden araştırmacılar da vardır (33, 6).

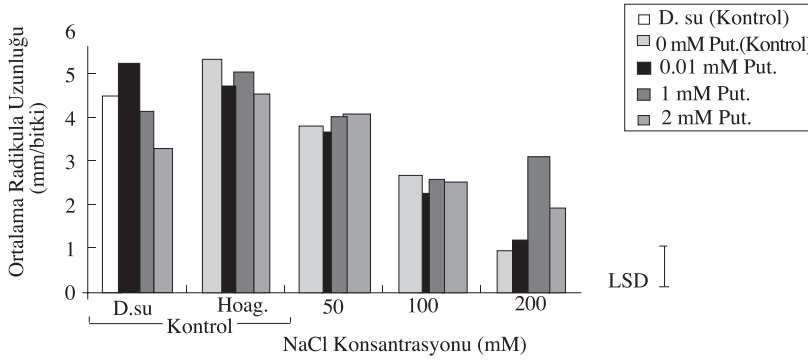
Yapılan çalışmalar, poliaminlerin çimlenme üzerinde olumlu (34) yada olumsuz (35) yönde etkili olabileceğini göstermektedir. Aslında dışsal poliaminlerin çimlenme üzerinde etkileri pek ayrıntılı çalışılmamıştır. Yaptığımız çalışmalarda Put.'i tek başına kullandığımız zaman denenen bütün konsantrasyonlarda çimlenme üzerinde etkisiz kaldığını saptadık. Bu sonuç, Mirza ve Bagni (36)'nin *Arabidopsis* tohumlarının çimlenmesinde Put.'in 7.5mM'a kadar etkili olmadığını fakat daha yüksek konsantrasyonlarda engelleyici etki yaptığını gösterdiği çalışmasıyla ve yine aynı şekilde Palavan-Ünsal (37) ve Palavan-Ünsal ve ark. (38)'in Put.'in, fasulye ve buğday tohumlarının çimlenmesinde etkili olmadığını saptadığı çalışmalarla desteklenmektedir. Diğer taraftan Sinska ve Lewandawska (34)'nin elma tohumları ile yaptığı çalışmada 0.1mM ve 1mM

Put.'in çimlenmeyi arttırdığı yönündeki sonuçları ile Tıyrıdamaz ve ark. (35)'in arpa tohumlarında Put.'in tek başına kullanılan bütün konsantrasyonlarında (0.01 mM, 1mM ve 2mM) total çimlenme yüzdesini engellediğine yönelik sonuçları bizim bulgularımızla uyuşmamaktadır. O halde bütün bu çalışmaların bir sonucu olarak, Put. tek başına kullanıldığı zaman bitki cinsine ve kullanılan Put. düzeyine göre çimlenme üzerinde farklı etki gösterebilmektedir.

Görüldüğü gibi çeşitli konsantrasyonlardaki tuz+Put. kombinasyonlarında çimlendirilen 5 günlük fidelerde tuzun meydana getirdiği çeşitli büyüme kriterleri üzerindeki engelleyici etkisi Put. uygulamasıyla, belirli şartlarda, kısmen ortadan kaldırılabilir. Tuzun çimlenme üzerinde meydana getirdiği engelleyici etkinin, bazı konsantrasyonlarda Put. uygulayarak, kısmen yada tamamen ortadan kaldırılabilmesi, muhtemelen tuzluluktan zarar gören hücre membranlarının dışsal Put. uygulamasıyla stabilize edilmesi ve dokuların su içeriğinin korunmasıyla ilgili olabilir kanısındayız.

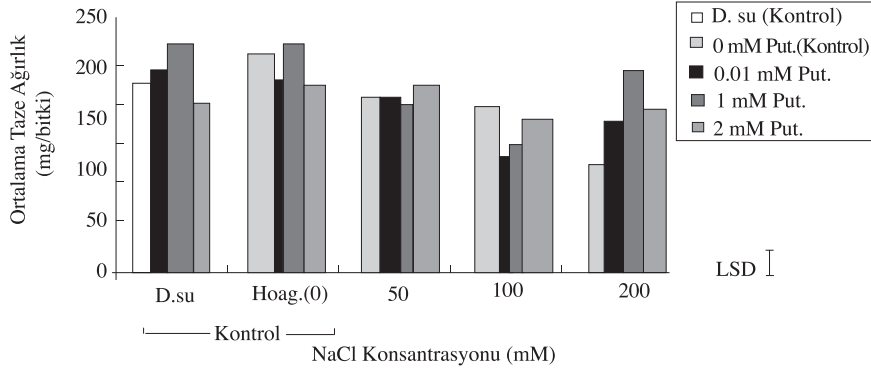


Şekil 1. Çeşitli konsantrasyonlardaki NaCl ve Put. kombinasyonlarında çimlendirilen *H. annuus* L. var. Santafe tohumlarının 5 günlük çimlenme süresi sonunda çimlenme yüzdesi

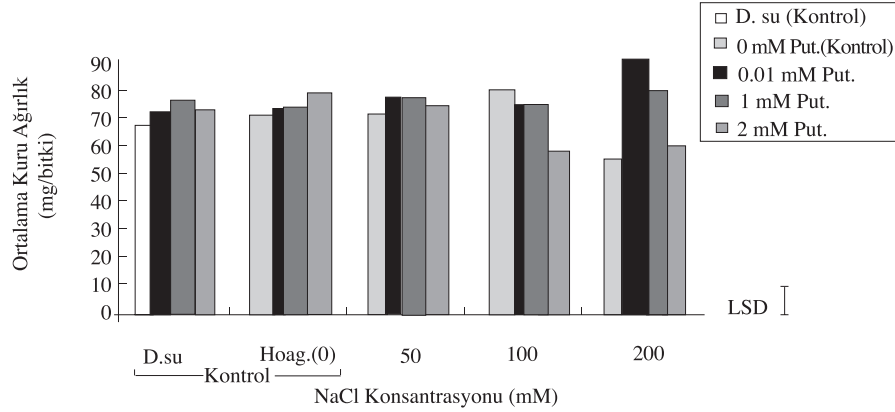


Şekil 2. Hoagland çözeltisinde ve bu çözeltiliye ilave edilen değişik konsantrasyonlardaki NaCl ve Put.'in çimlenen 5 günlük ayçiçeği tohumlarında ortalama radikula uzunluğuna etkisi.

Eldeki mevcut bilgilere dayanarak tuzlu koşullarda Put.'in tohum çimlenmesindeki etki mekanizmasını tam anlamıyla açıklığa kavuşturmak oldukça zordur. Tuz stresi koşulunda NaCl, belki de içsel poliamin sentezini baskılayarak tohum çimlenmesi üzerinde engelleyici olmaktadır. Öte yandan, tek başına uygulanan dışsal Put. düzeylerinin, kullanılan bütün düzeylerde etkisiz kalması, belki de normal koşullarda çimlenme sırasında Put.'e gereksinme olmadığı fikrini vermektedir. Tek başına NaCl'ün tohum çimlenmesini engellemesine ve tek başına uygulanan bütün Put. düzeylerinin etkisiz kalmasına rağmen, tuz ve Put.'in beraber uygulandığı durumlarda çimlenme üzerinde olumlu etkinin görülmesi oldukça ilginçtir. Put. özellikle tuzlu kültür çözeltilerinde, çimlenme aşamasında, gösterdiği olumlu etkiyi çeşitli yollardan gerçekleştirmiş olabilir.



Şekil 3. Hoagland çözeltilisinde ve bu çözeltiliye ilave edilen değişik konsantrasyonlardaki NaCl ve Put.'in çimlenen 5 günlük ayçiçeği tohumlarında ortalama taze ağırlığa etkisi.



Şekil 4. Hoagland çözeltilisinde ve bu çözeltiliye ilave edilen değişik konsantrasyonlardaki NaCl ve Put.'in çimlenen 5 günlük ayçiçeği tohumlarında ortalama kuru ağırlığa etkisi.

Örneğin tuz, meydana getirdiği osmotik etki nedeniyle tohumların su absorpsiyonunu belirgin şekilde azaltmakta (4), fakat tuzlu kültür çözeltilisine eklenen Put. belki tohumların su alımını hızlandırarak belki de o tuzluluk stresinde tohumların çimlenebilmesi için gereksinme duyduğu su miktarını azaltarak çimlenmedeki olumlu etkiyi gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda tuzluluk tek başına RNA, DNA ve protein miktarında azalmaya neden olmakta (31), fakat Put. uygulanmasıyla birlikte aksine protein ve nükleik asit miktarında artışlar (18) görülmektedir. Diğer taraftan tuz, hücrelerde mitoz bölünmeyi engellemek suretiyle çimlenme ve büyüme aşamasında olumsuz etki yapmakta (32, 1), fakat Put. tuzlu kuşullarda da hücre bölünmesini arttırarak (19, 17) tuzluluğun meydana getirdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktadır.

Put'in çimlenme evresinde gösterdiği bu muhtemel etkiler onun, tuz stresine bağlı olaylarda kontrol görevi yaptığı, ayrıca bitkilerin tuz toleransında ve büyüme-gelişme regülasyonunda bir büyüme düzenleyicisi gibi rol oynayabildiği izlenimini vermektedir.

Kaynaklar

1. Bozcuk, S., Domates (*Lycopersicum esculentum* Mill.), arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkilerinin büyüme ve gelişmesinde tuz-kinetin etkileşimi üzerinde araştırmalar, Doçentlik tezi, Hacettepe Üniv., Fen Fak. (1978).
2. Gill, K.S. and Singh, O.S., Effect of salinity on carbohydrate metabolism during paddy (*Oryza sativa* L.) seed germination under salt stress condition, *Indian J. Exp. Biol.* 23, 384-386 (1985).
3. Schmidhalter, U. and Oertli, J.J., Germination and seedling growth of carrots under salinity and moisture stress. *Plant and Soil.* 132, 243-251 (1991).
4. Kabar, K., Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination, *J. Plant Physiol.* 128, 179-183 (1987).
5. Prakash L. and Prathapasenan G., Effect of NaCl salinity and putresine on shoot growth, tissue ion concentration and yield of rice. *J. Agronomy & Crop Science.* 160, 325-334 (1988a).
6. Prakash, L. and Prathapasenan, G., Putrescine reduces NaCl-induced inhibition of germination and early seeding growth of rice (*Oryza sativa* L.), *Aust. J. Plant Physiol.* 15, 761-767, (1988b).
7. Krishnamurthy, R., Amelioration of salinity effect in salt tolerant rice (*Oryza sativa* L.) by foliar application of putrescine, *Plant Cell Physiol.* 32(5), 699-703 (1991).
8. Mishra, S.N. and Sharma, I., Putrescine as a growth inducer and as a source of nitrogen for mustard seedlings under sodium chloride salinity, *Indian J. Exp. Biology.* 32, 916-918 (1994).
9. Evans, P.T. and Malmberg, R.L., Do polyamines have roles in plant development?, *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40, 235-269 (1989).
10. Bagni, N., The function and metabolism of polyamines in plants. *Acta Hort.* 179, 95-103 (1986).
11. Rosella, P., Fabiana A. and Bagni, N., Polyamine uptake and transport in different plant systems. *Current Topics in Plant Physiol.* 1, 21-29 (1993).
12. Galston, A.W., Polyamines as modulators of plant development, *Bioscience.* 33, 382-388 (1983).

13. Altman, A., Retardation of radish leaf senescence by polyamines. *Physiol. Plant.* 54, 189-193 (1982).
14. Meijer, E.G.M. and Simmonds, J., Polyamine levels in relation to growth and somatic embryogenesis in tissue cultures of *Medicago sativa* L., *J. Exp. Botany*, 203, 787-794, (1988).
15. Jarvis, B.C., Yasmin, S. and Coleman, M.T., RNA and protein metabolism during adventitious root formation in stem cuttings of *Phaseolus aureus* cv. berkin, *Physiol. Plant.* 64, 53-59 (1985).
16. Torrigiani, P., Altamura, M.M., Pasqua, G., Monacelli, B., Serafini-Fracassini, D. and Bagni, N., Free and conjugated polyamines during de novo floral and vegetative bud formation in thin cell-layers of tobacco, *Physiol. Plant.* 70, 453-460 (1987).
17. Kaur-Sawhney, R., Flores, H.E. and Galston, A.W., Polyamine-induced DNA synthesis and mitosis in oat leaf protoplasts, *Plant Physiol.* 65, 368-371 (1980).
18. Palavan, N. and Galston, A.W., Polyamine biosynthesis and titer during developmental stages of *Phaseolus vulgaris*, *Physiol. Plant.* 55, 438-444 (1982).
19. Costa, G. and Bagni, N., Effects of polyamines on fruit-set of apple, *Hort. Science.* 18(1), 59-61 (1983).
20. Basu, B., Maitra, N. and Ghosh, B., Salinity results in polyamine accumulation in early (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Aust. J. Plant Physiol.* 15, 777-786 (1988).
21. Katiyar, S. and Dubey, R.S., Changes in polyamine titer in rice seedlings following NaCl salinity stress. *Agronomy & Crop science.* 165, 19-27 (1990).
22. Smith, T.A., Amine levels in mineral-deficient *Hordeum vulgare* leaves. *Phytochemistry.* 12, 2093-2100 (1973).
23. Smith, T.A., Putrescine and inorganic ions, *Adv. Phytochem.* 18, 7-54 (1984).
24. Hoagland, D.R. and Arnon, D.I., The water culture method for growing plants without soil, *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.* 347, 461 (1938).
25. Ellis, R.H., Roberts, E.H., Summerfield, R.J. and Cooper, J.P., Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low temperature vernalization, *Ann. of Bot.* 62, 145-158 (1988).
26. Kutsal, A. ve Muluk F.Z., *Uygulamalı Temel İstatistik*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A 2. Ankara (1978).
27. Reggiani, R., Bozo, S. and Bertani, A., Changes in polyamine metabolism in seedlings of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt sensitivity. *Plant Science.* 102, 121-126 (1994).
28. Bozcuk, S., Water and salt relations of *Statice* species with particular reference to the problem of halophytes. Ph. D. Thesis, University of Sussex (1970).
29. Redman, R.E., Osmotic and specific effects on the germination of alfalfa, *J. Bot.*, 52, 803-808 (1974).
30. Boucaud, S. and Ungar, I.A., Hormonal control of germination under saline conditions of three halophytic taxa in the genus *Suaeda*, *Physiol. Plant.* 37, 143-148 (1976).
31. Tal, M., Physiology of polyploid plants: DNA, RNA, protein and abscisic acid in autotetraploid and diploid tomato under low and high salinity. *Bot. Gaz.* 138 (1977).
32. Nieman, R.H., Expansion of bean leaves and its suppression by salinity, *Plant Physiol.* 40, 156-161 (1965).

Helianthus annuus L. var. Santafe (Ayçiçeği) Tohumlarının Çimlenmesi ve Erken Büyüme Üzerine Tuz ve Dışsal Putresin'in Etkileri

33. Sheoran, I.S. and Garg, O.P., Effect of salinity on the activities of RNase, DNase and protease during germination and early seedling growth of mung bean, *Physiol. Plant.* 44, 171-174 (1978).
34. Sinska, I. and Lewandawska, U., Polyamines and ethylene in the removal of embryonal dormancy in apple seeds, *Physiol. Plant.* 81, 59-64 (1991).
35. Tıpırdamaz, R., Çakırlar, H., Bozcuk, S., Arpa tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz ve poliaminlerin etkisi, XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 6-8 Temmuz 1994, Edirne (1994).
36. Mirza, J.I. and Bagni, N., Effects of exogenous polyamines and difluoromethylornithine on seed germination and root growth of *Arabidopsis thaliana*, *Plant Growth Regulation*, 10, 163-168 (1991).
37. Palavan-Ünsal, N., Polyamine metabolism in the roots of *Phaseolus vulgaris*, Interaction of the inhibitors of polyamine biosynthesis with putrescine in growth and polyamine biosynthesis, *Plant Cell Physiol.* 28 (4), 565-572 (1987).
38. Palavan-Ünsal, N., Zehir, Z. and Sağlam, S., Inhibition of alpha-amylase release from germinating wheat embryos by abscisic acid and cyclohexylammonium, *Polyamines and Ethylene: Biochemistry, Physiology and Interactions*, HE Flores, R.N., Arteca, JC Shannon, eds. Copyright 1990, American Society of Plant Physiologists. 353-357 (1990).