

1-1-2000

Effects of Exogenous Spermine on Seed Germination and Early Growth of Sunflower Seeds Under Salinity Stress

FATMA MUTLU

SUNA BONCUK

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology>



Part of the [Biology Commons](#)

Recommended Citation

MUTLU, FATMA and BONCUK, SUNA (2000) "Effects of Exogenous Spermine on Seed Germination and Early Growth of Sunflower Seeds Under Salinity Stress," *Turkish Journal of Biology*. Vol. 24: No. 3, Article 23. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol24/iss3/23>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Biology by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact academic.publications@tubitak.gov.tr.

Tuzlu Koşullarda Ayçiçeği Tohumlarının Çimlenmesi ve Erken Büyüme Üzerine Dışsal Spermin'in Etkileri (*)

Fatma MUTLU, Suna BOZCUK
Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara-TURKEY

Geliş Tarihi: 14.10.1998

Özet: Çeşitli konsantrasyonlarda (50, 100, 200mM) NaCl içeren ortamlarda ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. Santafe) tohumlarının çimlenmesi ve bazı erken büyüme parametreleri üzerine farklı konsantrasyonlardaki (0.01, 1, 2mM) spermin (Spm)'in etkileri incelenmiştir. Tuzlu olmayan koşullarda Spm uygulaması, konsantrasyona bağlı olmaksızın hem çimlenme yüzdesi hem de incelenen bazı erken büyüme parametreleri (radikula uzunluğu, taze ve kuru ağırlık) üzerinde etkisiz bulunmuştur. Tuz, konsantrasyona bağlı olarak, tohumların çimlenmesini büyük oranda engellemiş ya da geciktirmiştir. Ayrıca erken büyüme evresinde, incelenen büyüme parametreleri de tuz uygulamasından olumsuz yönde etkilenmiştir. Buna karşılık, 200mM NaCl ile birlikte 0.01 ve/veya 1mM Spm uygulamasında Spm, tuzun çimlenme üzerindeki engelleyici etkisini tamamen ortadan kaldırmış ve bu iki kombinasyondaki çimlenme, kendi kontrollerine göre, yaklaşık 8 kat artmıştır. Ayrıca 50mM NaCl+0.01mM Spm ve 100mM NaCl+1mM Spm kombinasyonlarında taze ağırlıkta artış gözlenirken kuru ağırlıkta artış sadece 50mM NaCl+0.01mM Spm kombinasyonunda sağlanmıştır. Bütün tuz+Spm kombinasyonları ise radikula uzunluğu üzerinde etkisiz bulunmuştur.

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

Effects of Exogenous Spermine on Seed Germination and Early Growth of Sunflower Seeds Under Salinity Stress

Abstract: The effects of various concentrations (0.01, 1, 2mM) of spermine (Spm) on germination and some early growth parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Santafe) seeds were investigated in media containing different concentrations of NaCl (50, 100, 200mM). Regardless of its concentrations, application of Spm under non-saline conditions remained ineffective on germination percentage as well as on the early growth parameters studied (length of radicle, fresh and dry weights). The salt, depending on its concentration, inhibited or delayed the germination to a great extent. The growth parameters studied in the early growth period were also adversely affected by salt treatment. However, at 200mM NaCl, Spm at concentrations of 0.01 and/or 1mM completely overcame the germination-inhibiting effect of salt, so that the germinations in these two combinations, as compared to their controls, increased as much as 8 fold. On the other hand, the fresh weight increased in 50mM NaCl+0.01mM Spm and 100mM NaCl+1mM Spm combinations while the dry weight increased only in 50mM NaCl+0.01mM Spm combination. However, all salt+Spm combinations were found to be ineffective on the length of the radicle.

Key Words: Sunflower, salt stress, polyamines, spermine, germination, length of radicle, fresh and dry weight.

*Bu çalışma Fatma Mutlu'nun Bilim Uzmanlığı Tezinin bir bölümüdür. TÜBİTAK (TBAG-1265) Projesidir.

Giriş

Poliaminler (putresin, spermidin ve spermin) prokaryotik ve ökaryotik hücrelerde bulunan organik polivalent katyonlardır (1). Bitki hücre metabolizmasındaki rolleri tam olarak açıklığa kavuşturulmamış olmasına karşın son yıllarda yapılan çalışmalarla poliaminlerin bitki büyüme ve gelişme olaylarında önemli rol oynadığı saptanmıştır (2). Yapılan çalışmalar, tek başına bitkiye uygulandığında yaşlanma (3), embriyogenez (4), kök büyümesi (5), çiçeklenme (6), hücre bölünmesi (7) nükleik asit ve protein sentezi (8), farklılaşma (9) ve çimlenme (10, 11, 12) gibi pekçok fizyolojik olayda etkili olabildiklerini göstermiştir. Ancak mevcut çalışmaların çoğunda poliaminlerin çimlenme ve büyüme üzerinde yapmış oldukları etki daha çok içsel poliamin analizleriyle açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırmacılar bu amaçla yaptıkları çalışmalarda K^+ ve Mg^{+2} yetersizliği, NH_4^+ fazlalığı (13) düşük pH (14), hava kirliliği (15) herbisit muamelesi (16) ve özellikle tuz stresi gibi (17, 18, 19) koşullarda bitkilerde çeşitli poliaminlerin biriktiğini saptamışlardır.

Günümüze kadar tuz stresiyile ilgili olarak da çok sayıda çalışma yapılmış, ancak tuzluluğun etki mekanizması da poliaminlerin etki mekanizmasında olduğu gibi tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır (20, 21). Pek çok araştırmacı tuzluluğun bitki büyüme ve gelişmesinde meydana getirdiği olumsuz etkiyi azaltmaya ya da tamamen ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar yapmışlar ve bu amaçla çimlenme ve büyümeyi olumsuz yönde etkilediği bilinen büyüme hormonlarını kullanmışlardır (20, 22). Bazı araştırmacılar ise tuzlu koşulların çimlenme ve büyüme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkinin poliaminin grubu maddelerde de ortadan kaldırılabileceğini literatürde belirtmişlerdir (23, 24, 25, 26).

Bu nedenle bu çalışmada, tuzlu koşullarda çimlendirilen ayçiçeği tohumlarında, tuz stresinin çimlenme oranında ve erken büyüme evresinde çeşitli büyüme kriterleri üzerinde meydana getirdiği engellenmenin, spermin (Spm) ile azaltılması ya da ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada deney materyali olarak ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. Santafe) tohumları kullanılmıştır.

Deneylerimizde kontrol grubu için esas kültür çözeltilisi olarak, 1/2 oranında sulandırılmış Hoagland çözeltilisi (Hoag.) kullanılmıştır (27). Tuzlu kültür çözeltileri ise esas kültür çözeltilisine 50, 100 ve 200mM NaCl ilave edilerek hazırlanmıştır. Ayrıca gerektiğinde, hem esas kültür çözeltilisine hem de tuzlu kültür çözeltilerine 0.01, 1 ve 2mM olacak şekilde Spm ilave edilmiştir.

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

Tohum Çimlendirme Yöntemi

Herbiri, 50'şer adetlik gruplar halinde seçilen tohumlara önce yüzeysel sterilizasyon yöntemi (28) uygulanmış, daha sonra bu tohumlar, Spm'li ya da Spm'siz gerekli kültür çözeltilerinde ıslatılarak 24 saat süreyle şişmeye bırakılmıştır. Şişmiş tohumlar, kapaklı çimlendirme kaplarına yayılan ince bir tabaka pamuk ve çift katlı filtre kağıdı üzerine yerleştirilerek her kap 20ml gerekli kültür çözeltilisiyle ıslatılmıştır. Bu şekilde hazırlanan çimlendirme kapları, kapakları

kapatılarak, 25°C'ye ayarlanmış iklim odasına alınmıştır. Çimlendirme işlemi karanlıkta yapılmıştır. Çimlenme için radikulanın belirgin şekilde testadan çıkmış olması esas kabul edilmiştir (20). Deneyler 6 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

Çimlenmenin 5. gününde çimlenmiş olan tohumlar sayılarak çimlenme yüzdesi bulunmuş, ayrıca çimlenen tohumların radikula uzunlukları ile taze ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür.

İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin varyans analizleri ve çimlenme oranlarına ait $\text{ArcSin}\sqrt{P}$ dönüşümleri, "Systat 5 Paket Programı" kullanılarak yapılmıştır. En küçük önemli farklılıklar (LSD: Least Significant Difference) %5 önem düzeyinde her bir değişken için $Sx.\sqrt{2.t_{0.05}}$ formülüne göre saptanmış ve böylece ortalamalar arası farkların önem kontrolü yapılmıştır (29).

Bulgular ve Tartışma

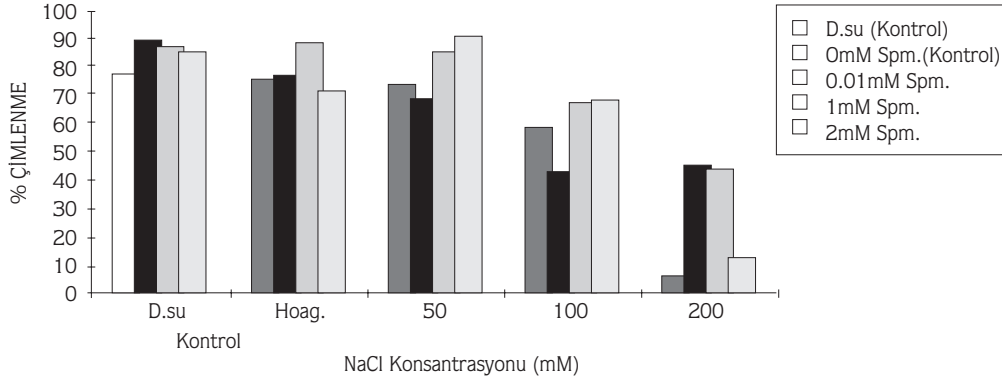
Çalışmamızda, *Helianthus annuus* L. cv. Santafe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenme döneminde ayrı ayrı tuz (NaCl) ve Spm'in etkileriyle, tuz+Spm'in kombine etkileri araştırılmıştır. Bulgularımız, tek başına kullanıldığı zaman tuzun, çimlenme oranı ve çeşitli büyüme kriterlerini olumsuz yönde etkilediğini, tek başına kullanılan Spm'in çimlenme ve büyüme kriterleri üzerinde genellikle etkisiz kaldığını göstermektedir. Öte yandan uygulanan çeşitli konsantrasyonlardaki tuz+Spm kombinasyonları aksine çimlenmeyi önemli derecede stimüle etmekte yani tuzluluğun çimlenme üzerindeki olumsuz etkisi, Spm uygulamasıyla büyük ölçüde ortadan kaldırılabilmektedir.

Yapılan çimlenme deneyleri sonunda tuzluluğun 5 günlük total çimlenme yüzdesini konsantrasyona bağlı olarak büyük ölçüde engellediği gösterilmiştir (Şekil 1). Bu engelleme hiç tuz verilmeyen kontrol grubu (Hoag.) ile karşılaştırıldığında, 50mM NaCl içeren tuzlu kültür ortamı için %2.64, 100mM tuzlu kültür ortamı için %23.34, çalışılan en yüksek NaCl konsantrasyonu olan 200mM tuzlu kültür ortamında ise %92.52 oranında bulunmuştur.

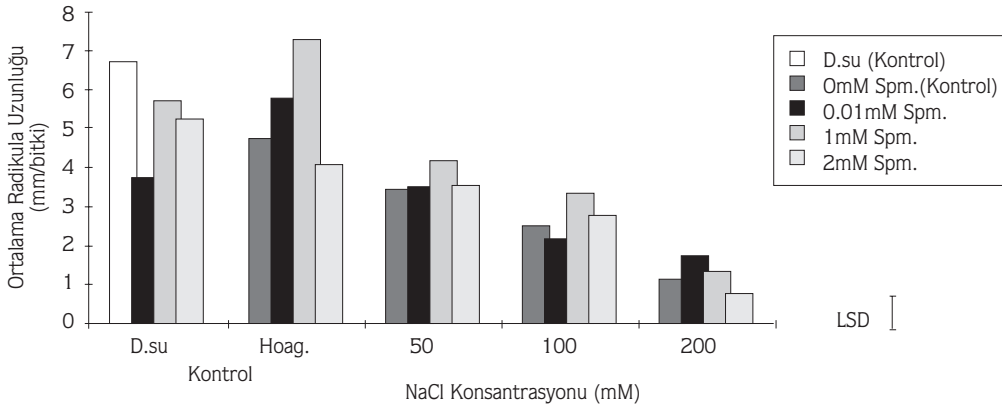
Halbuki bazı tuz+Spm kombinasyonlarında total çimlenme yüzdesi üzerinde önemli artışlar sağlandığı saptanmıştır. Spm'in total çimlenme üzerinde yapmış olduğu maksimum artış 200mM NaCl+0.01mM Spm ve 200mM NaCl+1mM Spm kombinasyonlarında rastlanmıştır. Bu etki kendi kontrolü (200mM NaCl+0mM Spm) ile karşılaştırıldığında, 0.01mM Spm için 8.01, 1mM Spm için ise 7.71 kat artış bulunmuştur.

Öte yandan Dist. su ve Hoag. kültür çözeltilisinde 3 farklı konsantrasyonda Spm kullanıldığında, hiç Spm uygulanmayan yani sadece Dist. su ve Hoag. kontrollerine göre çimlenme üzerinde önemli bir etki bulunamamıştır.

Çalışmamızda tuz konsantrasyonuna bağlı olarak radikula uzunluğunun da azaldığı gösterilmiştir (Şekil 2). Radikula uzunluğundaki engelleme hiç tuz verilmeyen kontrol grubu (Hoag.) ile karşılaştırıldığında, 50mM tuzlu kültür ortamı için %27.79, 100mM tuzlu kültür ortamı için %46.74, 200mM tuzlu kültür ortamı için de %75.37 bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Reggiani ve ark. (30)'in buğday tohumlarıyla 50, 100 ve 200mM tuz konsantrasyonları için elde ettiği bulgularla uyusmaktadır.



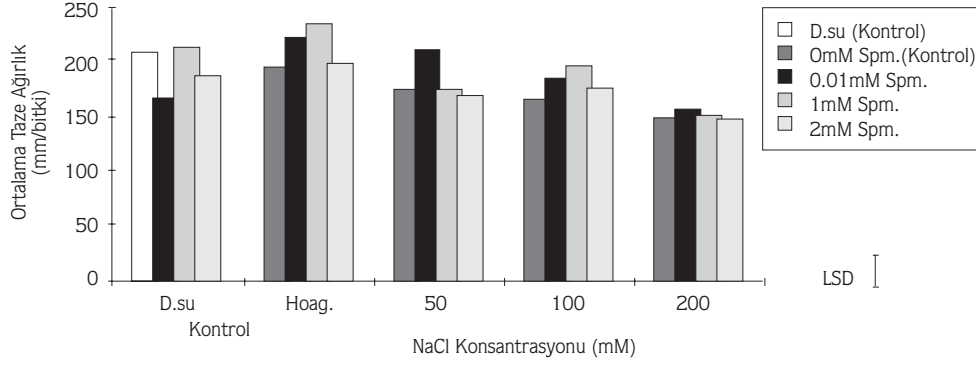
Şekil 1. Çeşitli konsantrasyonlardaki NaCl ve Spm kombinasyonlarında çimlendirilen *H. annuus* L. cv. Santafe tohumlarının 5 günlük çimlenme süresi sonunda çimlenme yüzdesi.



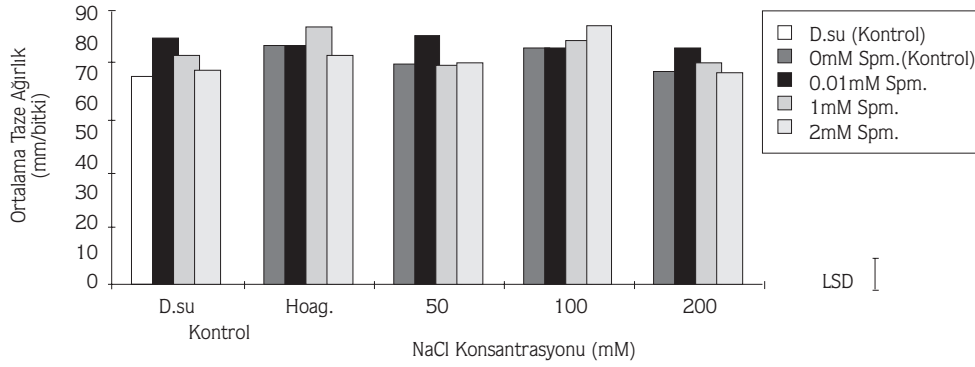
Şekil 2. Hoagland çözeltisinde ve bu çözeltiye ilave edilen değişik konsantrasyonlardaki NaCl ve Spm'in çimlenen 5 günlük ayçiçeği bitkilerinde ortalama radikula uzunluğuna etkisi.

Distile suya ilave edilen tüm Spm düzeyleri radikula uzunluğunu azaltmış, tuzlu kültürlere ilave edilen tüm Spm düzeylerinin ise bu kriter üzerinde yapılmış olduğu etkiler önemsiz bulunmuştur. Bu sonuç Mirza ve Bagni (31)'nin tuzlu koşullarda kullanılan 0.1mM Spm'in *Arabidopsis* fidelerinde kök büyümesinde etkisiz olduğunu bildirdiği çalışmasıyla desteklenmektedir.

Beş 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 %23.08, kuru ağırlık için ise %10.27 olarak bulunmuştur. Mishra ve Sharma (26) da benzer şekilde hardal fideleriyle yaptığı çalışmada, ortamdaki tuz konsantrasyonu arttıkça fidelerdeki kuru ağırlığının azaldığını göstermiştir. Diğer taraftan tuz+Spm kombinasyonlarında 5 günlük fidelerin taze ve kuru ağırlık değişimine baktığımızda,



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



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

sadece 50mM NaCl+0.01mM Spm ve 100mM NaCl+1mM Spm kombinasyonlarındaki taze ağırlık artışları sadece 50mM ve 100mM NaCl içeren kendi kontrollerine göre önemli bulunmuştur. Kuru ağırlık artışı ise yine 50mM tuzlu kültür çözeltilisinde ve sadece 0.01mM Spm uygulamasıyla elde edilebilmiştir. Diğer kültürlere ilave edilen Spm ise taze ve kuru ağırlık değişimlerinde etkisiz bulunmuştur.

Tuzluluğun çimlenme evresindeki olumsuz etkisi pekçok araştırmacı tarafından çalışılmış olmasına karşın, etki 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 (22), ya da toksik (spesifik) (32) yolla gerçekleştirebileceğini öne sürerken, bazıları da ya tohumlardaki hormon dengesini bozarak (33), ya DNA, RNA ve protein sentezini azaltarak (34), ya da bitki hücrelerindeki mitoz

bölünmeyi engellemek suretiyle (20) bu etkiyi gerçekleştirebileceğini savunmuşlardır. Bundan başka, tuzun çimlenen tohumdaki depo materyalinin çözülme ve taşınma mekanizmasını engelleyerek etkili olabileceğini kaydeden araştırmacılar da vardır (24).

Yapılan çalışmalar, genel olarak poliaminlerin çimlenme üzerinde olumlu (26) ya da olumsuz (35) yönde etkili olabileceğini göstermektedir. Aslında dışsal poliaminlerin çimlenme üzerine etkileri pek ayrıntılı çalışılmamıştır. Yaptığımız çalışmalarda Spm'i tek başına kullandığımız zaman denenen bütün konsantrasyonlarda çimlenme üzerinde etkisiz kaldığını saptadık. Bu sonuç, Mirza ve Bagni (31)'nin *Arabidopsis* tohumlarının çimlenmesinde Spm'in 0.1mM'a kadar etkili olmadığını fakat 2.07mM ve daha yüksek konsantrasyonlarda engelleyici etki yaptığını gösterdiği çalışmasıyla kısmen, Palavan-Ünsal ve ark. (36)'ın poliaminlerin, buğday tohumlarının çimlenmesinde etkili olmadığını saptadığı çalışmayla da tamamen desteklenmektedir. Diğer taraftan Sinska ve Lewandawska (11)'nin elma tohumları ile yaptığı çalışmada kullanılan 0.1, 1, 5mM Spm'in çimlenmeyi engellediği yönündeki sonuçları ile Bozcuk ve ark. (43)'ün arpa tohumlarında Spm'in tek başına kullanılan bütün konsantrasyonlarında (0.01mM, 1mM ve 2mM) total çimlenme yüzdesini engellediğine yönelik sonuçları bizim bulgularımızla uyuşmamaktadır. O halde bütün bu çalışmaların bir sonucu olarak, Spm tek başına kullanıldığı zaman bitki cinsine ve kullanılan Spm düzeyine göre çimlenme üzerinde farklı etki gösterebilmektedir.

Görüldüğü gibi çeşitli konsantrasyonlardaki tuz+Spm kombinasyonlarında çimlendirilen 5 günlük fidelerde tuzun çeşitli büyüme kriterleri üzerinde meydana getirdiği engelleyici etkisi Spm uygulamasıyla, belirli şartlarda, kısmen ortadan kaldırılabilir. Popovic ve ark. (37), bitkiler için bir stres koşulu olarak kabul edilen ışısız ortamda yaşlandırılan yaprak dokularında, Spm'in tilakoid membranları stabilize ederek klorofil kaybını önlediğini saptamışlardır. Bizim bulgularımızda da tuz stresinin çimlenme üzerinde meydana getirdiği engelleyici etkinin, bazı konsantrasyonlarda Spm uygulayarak kısmen ya da tamamen ortadan kaldırılabilmesi muhtemelen tuzluluktan zarar gören hücre membranlarının dışsal Spm uygulamasıyla benzer mekanizmayla stabilize edilmesi ve dokuların su içeriğinin korunmasıyla ilgili olabilir kanısındayız.

Tuzlu koşullarda Spm'in tohum çimlenmesindeki etki mekanizmasını tam anlamıyla açıklığa kavuşturmak oldukça güçtür. Tuz stresi koşulunda NaCl, belki de içsel poliamin sentezini baskılayarak tohum çimlenmesi üzerinde engelleyici olmaktadır. Öte yandan, tek başına uygulanan dışsal Spm düzeylerinin, kullanılan bütün düzeylerde etkisiz kalması, belki de normal koşullarda çimlenme sırasında Spm'e gereksinme olmadığı fikrini vermektedir. Tek başına NaCl'ün tohum çimlenmesini engellemesine ve tek başına uygulanan bütün Spm düzeylerinin etkisiz kalmasına rağmen, tuz ve Spm'in beraber uygulandığı durumlarda çimlenme üzerinde olumlu etkinin görülmesi oldukça ilginçtir. Çimlenme aşamasında, Spm, özellikle tuzlu kültür çözeltilerinde gösterdiği olumlu etkiyi çeşitli yollardan gerçekleştirmiş olabilir. Örneğin, tuzluluk tek başına RNA, DNA ve protein miktarında azalmaya neden olmakta (34), fakat tek başına uygulanan Spm, protein ve nükleik asit miktarında artışa neden olmaktadır (8). Aynı zamanda tuz, meydana getirdiği osmotik etki nedeniyle tohumların su absorpsiyonunu belirgin şekilde azaltmakta (22), fakat tuzlu kültür çözeltilisine eklenen Spm belki tohumların su alımını

hızlandırarak belki de o tuzluluk stresinde tohumların çimlenebilmesi için gereksinme duyduğu su miktarını azaltarak çimlenmedeki olumlu etkiyi gerçekleştirmektedir. Ayrıca tuz, hücrelerde mitoz bölünmeyi engellemek suretiyle çimlenme ve büyüme aşamasında olumsuz etki yapmakta (20), fakat Spm normal koşullarda hücre bölünmesini arttırdığı gibi (7) muhtemelen tuzlu koşullarda da benzer etkiyi yaparak tuzluluğun meydana getirdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktadır. Diğer taraftan tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde güçlü oksidant hidroksil radikallerinin meydana geldiği bilinmektedir (38). Bors ve ark. (39)'nın dıştan uygulanan poliaminlerin, ozon hasarı nedeniyle oluşan serbest radikallerin detoksifikasyonunu sağladığı çalışmada olduğu gibi Spm tuzlu koşullarda da bu yönde etkili olarak olumlu etki sağlamış olabilir. Belki de Gallardo ve ark. (40)'nın ekzojen ABA uygulayarak nohut tohumlarında meydana getirdikleri çimlenme inhibisyonunu, yine ekzojen Spm uygulayarak ortadan kaldırdıkları çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da tuzlu stres koşullarında biriktiği bilinen ABA'nın çimlenme üzerindeki olumsuz etkisi Spm uygulanmasıyla ortadan kalkmış olabilir.

Spm'in çimlenme aşamasında çeşitli büyüme kriterleri üzerinde meydana getirdiği bu etkiler onun, tuz stresine bağlı olaylarda kontrol görevi yaptığı, ayrıca bitkilerin tuz toleransında ve büyüme-gelişme regülasyonunda bir büyüme düzenleyicisi gibi rol oynayabildiği fikrini vermektedir.

Kaynaklar

1. Tabor, C.W. and Tabor H., 1,4 Diaminobutane (putrescine) spermidine and spermine, Ann. Rev. Biochem. 45, 285-306 (1976).
2. Smith, T.A., Polyamines, Ann. Rev. Plant Physiol. 36, 117-145 (1985).
3. Lipfold, S. J. and Staden, J. V., Polyamines and carnation flower senescence: endogenous levels and the effect of applied polyamines on senescence, Plant Growth Regulation. 10, 355-362 (1991).
4. 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).
5. 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).
6. 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).
7. Costa, G. and Bagni, N., Effects of polyamines on fruit-set of apple, Hort. Science. 18 (1), 59-61 (1983).
8. 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).
9. Montague, M.J., Armstrong, T.A. and Jaworski, E.G., Polyamine metabolism in embryogenic cells of *Daucus carota* L. Changes in intracellular content and rates of synthesis, Plant Physiol. 63, 341-345 (1979).
10. 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).
11. Sinska, I. and Lewandawska, U., Polyamines and ethylene in the removal of embryonal dormancy in apple seeds, Physiol. Plant. 81, 59-64 (1991).

12. Sinska, I., Stimulation of dark germination of light-sensitive lettuce seeds by polyamines, *Acta Physiologiae Plantarum*. 10:1, 11-16 (1988).
13. Smith, T.A., Putrescine and inorganic ions, *Adv. Phytochem.* 18, 7-54 (1984).
14. Young, N.D. and Galtson, A.W., Putrescine and acid stress, *Plant Physiol.* 71, 767-771 (1983).
15. Anbazhagan, M., Krishnamurthy, R. and Bhagwat, K.A., Effect of air pollution on rice plants under the application of polyamines, *Indian J. of Exp. Biol.* 29, 89-90 (1991).
16. Zheleva, D.I., Alexieva, V.S. and Karanov, E.N., Influence of atrazine on free and bound polyamine levels in pea leaves, *J Plant Physiol.* 141, 281-285 (1993).
17. Basu, B., Maitra, N. and Ghosh, B., Salinity results in polyamine accumulation in early (*Oryza sativa* L.) seedlings, *Aus. J. Plant Physiol.* 15, 777-786 (1988).
18. Katiyar, S. and Dubey, R.S., Changes in polyamine titer in rice seedlings following NaCl salinity stress, *Agronomy & Crop Science.* 165, 19-27 (1990).
19. Das, S., Bose, A. and Ghosh, B., Effect of salt stress on polyamine metabolism in *Brassica campestris*, *Phytochem.* 39:2, 283-285.
20. Bozcuk, S., Domates (*Lycopersicon 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).
21. Schmidhalter, U. and Oertli, J.J., Germination and seedling growth of carrots under salinity and moisture stress, *Plant and Soil.* 132, 243-251 (1991).
22. Kabar, K., Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination, *J. Plant Physiol.* 128, 179-183 (1987).
23. Prakash L. and Prathapasenan G., Effect of NaCl salinity and putrescine on shoot growth, tissue ion concentration and yield of rice, *J. Agronomy & Crop Science.* 160, 325-334 (1988a).
24. Prakash, L. and Pathapasenan, G., Putrescine reduces NaCl-induced inhibition of germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.), *Aust. J. Plant Physiol.* 15, 761-767 (1988b).
25. 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).
26. 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).
27. Hoagland, D.R. and Arnon, D.I., The water culture method for growing plants without soil, *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.* 347, 461 (1938).
28. 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).
29. Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1979) *Statistical Methods*, Iowa State Univ., Ames Iowa, U.S.A.
30. 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).
31. 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).
32. Bozcuk, S., Water and salt relations of *Statice* species with particular reference to the problem of halophytes. Ph. D. Thesis. University of Sussex (1970).
33. 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).

34. 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).
35. Bozcuk, S., Tıprıdamaz, R. and Çakırlar, H., Interaction among salt (NaCl) and polyamines in the germination of barley seeds, ISTA/ISHS Symposium 1994. Technological Advances in Variety and Seed Research, 31 May-3 June 1994, Wageningen, The NETHERLANDS, (1994).
36. 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. Artica, JC Shannon, eds, Copyright 1990, American Society of Plant Physiologists. 353-357 (1990).
37. Popovic, R.B., Kyle, D.J. and Zalík, S., Stabilization of thylakoid membranes by spermine during stress-induced senescence of barley leaf discs, Plant Physiol. 64, 721-726 (1979).
38. Lechno, S., Zamski, E. and Tel-Or, E., Salt stress-induced responses in cucumber plants, J. Plant Physiol. 150:206-211, (1997).
39. Bors, W., Langebartels, C., Michel, C. and Sandermann, H., Polyamines as radical scavengers and protectants against ozone damage, Phytochem. 28: 1589-1595, (1989).
40. Gallardo, M., Matilla, A. and Sanchez-Calle, I.M., Effects of spermine, abscisic acid and temperature upon ethylene production in *Cicer arietinum* seeds, Plant Physiol. Biochem., 30(1), 19-27, (1992).