Buğdayda Kuraklık ve Putresin Uygulamasının Tohum Çimlenmesi Üzerine Etkileri

Arash Hossein Pour[1], Murat Aydın[1], Metin Tosun[1], Kamil Haliloğlu[1]

[1]Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum
Sorumlu Yazar: maydin@atauni.edu.tr

Özet

Bu araştırma, kuraklık ve poliaminlerden putresin hormonunun buğdayda tohum çimlenmesi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma, tam şansa bağlı deneme planına göre 4 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak Pehlivan ekmeklik buğday çeşidinin tohumları kullanılmıştır. Sterilize edilen buğday tohumları 4 farklı putresin konsantrasyonunda (0, 0.01, 0.1 ve 1 mM) oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra PEG6000 ile oluşturulmuş 6 farklı ozmotik potansiyelde (0,-2,-4,-6,-8 ve -10 bar) 16:8 saat ışık:karanlık fotoperyotta 20°C'de 10 gün süreyle kağıt üzerinde çimlendirilmiştir. Bu süre sonunda çimlenme oranına (ÇO), ortalama çimlenme zamanına (OÇZ), kök uzunluğuna (KU) ve sürgün uzunluğuna (SU) ait veriler elde edilmiştir. İncelenen özellikler üzerine kuraklığın, putresinin ve bunlara ait interaksiyonun etkisi çok önemli olmuştur. Araştırmada PEG6000'in konsatrasyonu, diğer bir ifadeyle kuraklığın şiddeti artıkça çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu çok önemli derecede azalmış, buna karşın ortalama çimlenme zamanı uzamıştır. Diğer taraftan, putresinin özellikle 1 mM'lık dozu, PEG ile oluşturulan kuraklığın olumsuz etkilerini azaltmıştır. Diğer bir ifadeyle, çimlenme oranını, kök ve sürgün uzunluğunu artırmış; çimlenme süresini ise kısaltmıştır.
Anahtar Kelimeler: Buğday, çimlenme, kuraklık ve putresin.

Effects of Drought and Putrescine Application on Seed Germination of Wheat

Abstract

This research was carried out to evaluate the effect of drought and polyamines putrescine hormone on seed germination of wheat (cv. Pehlivan). Seeds were primed with four levels of putrescine (0.01, 0.1 and 1 mM and distilled water as control) for 24 hours at room temperature, then kept in six levels PEG6000 osmotic potential (distilled water as control, -2, -4, -6, -8 and -10 bar) medium for 16:8 h light: dark photoperiod and germinated on paper medium at 20 °C for 10 days. Experiment was arranged as factorial in a completely randomized design with four replications. At the end of this period, the germination rate (GR), mean germination time (MGT), root length (RL) and shoot length (SL) data were obtained. Analysis of variance indicated that putrescine, osmotic potential and their interaction were significant. While PEG6000 concentration of the study, in other words, the concentration of the drought increases as well, germination rate, root length and shoot length were significantly decreased, on the other hand the mean germination time was increased. In addition, putrescine particularly doses of 1 mM decreased the adverse effect of drought created by PEG. In other words, it elevated the rate of germination, root and shoot length lowered the mean duration of germination.
Key Words: Wheat, germination, drought and putrescine.

Giriş

Kuraklık, bitkisel üretimi dünya çapında ciddi bir şekilde kısıtlayan önemli bir sorun olup, günümüzde küresel iklim değişikliği bu durumu daha da ciddi hale getirmektedir (Pan ve ark., 2002). Bitki gelişimi ve tane verimi üzerine kurak koşulların etkisi, kuraklığın şiddetine ve kuraklığın meydana geldiği dönemde bitkinin gelişme dönemine bağlıdır. Fide çıkışı su eksikliğine duyarlı büyüme dönemlerinden birisidir. Fide tesisinin oranı ve derecesi; verimi ve olgunluk zamanını belirleyen son derece önemli faktörlerdir (Rauf ve ark., 2007). Bu nedenle, iyi bir bitki tesisi için tohum çimlenmesi, gümrahlık ve koleoptil uzunluğu gibi

karakterlerin yeterli düzeyde olması gerekir. Yarı kurak bölgelerde, çimlenme sırasında düşük nem, çimlenmeyi kısıtlayıcı bir faktördür. Bazı araştırıcılar, özellikle tohum kuru topraklarda neme ulaşmak için derin ekildiğinde fide tesisinin başarılması için koleoptil uzunluğunun önemli olduğunu bildirmişlerdir (Dilday ve ark., 1990).

Polietilen glikol (PEG6000) moleküler ağırlığı ozmotik potansiyeli etkileyecek kadar küçük, ancak bitki tarafından absorbe edilemeyecek kadar büyüktür, bu nedenle bitki dokularına hızlı bir şekilde penatre etmesi beklenmez (Carpita ve ark., 1979). Fidelerin erken gelişim döneminde kuraga dayanıklılık yönünden yapılacak seleksiyonlarda kuraklığı uyarmak için PEG gibi kimyasallar ortamda sıklıkla kullanılmaktadır. Lagerwerff ve ark. (1961) besin solüsyonu kültürünün ozmotik potansiyelini modifiye etmek için PEG'in kullanılabileceğini ve böylece bitkilerde deneysel protokollere uygun nispeten kontrollü bir şekilde su eksikliğinin temin edilebileceğini bildirmişlerdir (Money, 1989; Zhou, 1997).

Poliaminler; özellikle spermidine, spermine ve putresin bütün bitki hücrelerinde bulunurlar (Bachrach ve Heimer, 1989; Slocum ve Flores, 1991). Poliaminlerin hücre bölünmesinde ve farklılaşmasında önemli rolleri vardır (Flores ve ark., 1984; Das ve ark., 1995). Bu nedenle bitkilerin büyüme ve gelişmesinde çeşitli fizyolojik rollere sahiptirler. Ayrıca, dıştan uygulanan poliaminlerin; soğuk, tuzluluk, solma ve kirlilik gibi çeşitli stres koşullarına karşı koruyucu rollerinin olduğu kaydedilmiştir (Okii ve ark., 1980; Prakash ve Prathapasenan, 1988).

Materyal ve Yöntem

Araştırmada bitki materyali olarak Pehlivan ekmeklik buğday çeşidinin tohumları kullanılmıştır. Tohumlar musluk suyunda yıkandıktan sonra %70'lik etil elkolde (EtOH) 3 dakika karıştırılarak steril kabin içerisinde 3 dafa steril saf suyla yıkanmış ve birkaç damla Tween 20 (Sigma) içeren %10'luk sodyum hipokloritte 15 dakika karıştırılmak suretiyle yüzey sterilizasyonu yapılmıştır.

Yüzey sterilizasyonu yapılmış tohumlar, steril saf su ile yıkandıktan sonra 4 farklı putresin konsantrasyonunda [0 (saf su) , 0.01, 0.1 ve 1 mM] oda sıcaklığında 24 saat süreyle bekletilmişlerdir (Gupta ve Gupta, 2011).

Tohumlar kurultulduktan sonra PEG6000 ile oluşturulmuş 6 farklı ozmotik potansiyele sahip [0 (saf su) ,-2,-4,-6,-8 ve -10 bar] petri kutuları içerisinde iki çimlenme kağıdı (1 numaralı watman kağıdı) arasında çimlendirmeye alınmışlardır. PEG'in farklı konsantrasyonlarında oluşturulan ozmotik potansiyeller Michel ve Kaufmann (1973) 'a göre hesaplanmıştır. Her petri kutusuna 25 adet tohum ve bunların üzerine farklı ozmotik potansiyel konsantrasyon çözeltisinden 10 ml konulmuştur. Bu işlemin ardından tohumlar 16:8 saat ışık:karanlık fotoperyotta 20°C'de çimlendirmeye alınmışlardır.

Tohumlar çimlendirme ortamına konulduktan sonra 10 gün süreyle her gün sayım yapılmak suretiyle çimlenme oranı (AOSA, 1983) (kök uzunluğu 1mm ve üzerinde olanlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir) ve ortalama çimlenme zamanı (Moradi Dezfuli ve ark., 2008) belirlenmiştir. Ayrıca, onuncu günün sonunda her petri kutusundan 10'ar fide şansa bağlı olarak alınmış ve bunlarda kök ve sürgün uzunlukları milimetrik cetvelle ölçülmüştür. Deneme, Tam Şansa Bağlı Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Elde edilen veriler 6 (ozmotik potansiyel) x 4 (putresin dozu) faktöriyel düzende SAS (SAS institute, 2002) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve uygulamalar LSD karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Kuraklık (PEG ile oluşturulmuş) ve putresin uygulaması buğdayda tohum çimlenme oranını çok önemli (P<0.01) derecede etkilemiştir. Ayrıca, kuraklık x putresin interaksiyonu çok önemli (P<0.01) olmuştur. Herhangi bir uygulamanın yapılmadığı kontrolde %100 olan çimlenme oranı, putresin uygulaması dikkate alınmadığında, kuraklığın şiddeti, yani PEG'in konsantrasyonu arttıkça azalmış ve -10 bar'lık PEG uygulamasında (putresinin 0 dozunda) %89.5 olmuştur. Diğer taraftan, putresin uygulaması, kuraklığın sebep olduğu çimlenme oranındaki azalmayı kısmen de olsa telafi edebilmiştir. Bu etki, özellikle PEG'in yüksek dozunda belirgin olmuştur. Putresinin üç dozu kendi arasında değerlendirildiğinde, 1 mM'lık dozun diğerlerinden daha etkili olduğu ve özellikle PEG'in yüksek dozlarında çimlenme oranını artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

Ortalama çimlenme zamanı üzerine kuraklığın ve putresinin etkisi çok önemli (P<0.01) olmuş ve putresinin etkisi PEG'in dozlarına göre değiştiğinden kuraklık x putresin interaksiyonu da çok önemli (P<0.01) olmuştur. Putresin uygulanmadığında, kuraklığın şiddeti arttıkça ortalama çimlenme süresi uzamıştır. Nitekim, ortalama çimlenme zamanı kontrolde 1.2 gün iken, bu süre PEG'in artan dozuna bağlı olarak uzamış ve -10 bar'da 4.2 güne kadar yükselmiştir. Diğer taraftan, putresinin 1 mM'lık dozu, özellikle PEG'in yüksek dozlarında kuraklığın ortaya çıkardığı olumsuz etkiyi önemli ölçüde telafi edebilmiştir. Örneğin, -10 bar'lık PEG uygulamasında ortalama çimlenme zamanı kontrolde (putresin uygulanmamış) 4.2 gün iken, bu süre putresinin 1 mM'lık dozunda 3.6 güne kadar düşmüştür. Putresin yönünden ilginç olan bir husus, 0.01 ve 0.1 mM'lık dozların etkisinin kontrole göre genellikle olumsuz olması ve çimlenme süresini uzatmasıdır (Çizelge 1).

Kök uzunluğu üzerine kuraklığın ve putresinin etkisi çok önemli (P<0.01) olmuş ve putresinin etkisi PEG'in dozlarına göre değiştiğinden kuraklık x putresin interaksiyonu da çok önemli (P<0.01) olmuştur. Putresin uygulanmadığında, kuraklığın şiddeti arttıkça kök uzunluğu kısalmıştır. Kontrolde (PEG ve putresin uygulanmamış) 5.59 cm olan kök uzunluğu, PEG'in -8 ve -10 bar'lık dozlarında 0.1 cm'ye kadar düşmüştür. Diğer taraftan, putresin uygulaması, hem PEG'in kullanılmadığı kontrol ortamda hem de PEG'in -2, -4 ve -6 bar'lık dozlarında kök uzunluğunu artırmıştır. Buna karşın, PEG'in diğer dozlarında kök uzunluğu üzerine putresinin herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 1).

PEG uygulamaları, buğdayda sürgün uzunluğunun çok önemli (P<0.01) ölçüde kısalmasına neden olmuştur. Yine, sürgün uzunluğu yönünden putresin dozları arasındaki farklılıkların çok önemli (P<0.01) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, putresinin sürgün uzunluğu üzerine etkisi, PEG'in dozlarına göre değiştiğinden kuraklık x putresin interaksiyonu da çok önemli (P<0.01) bulunmuştur. Artan PEG konsantrasyonları, sürgün uzunluğunun önemli seviyede azalmasına neden olmuştur. Nitekim, kontrolde 11.54 cm olan sürgün uzunluğu, -2 bar'lık PEG konsantrasyonunda (putresin uygulanmamış) 7.37 cm'ye düşmüş ve bundan sonraki dozlarda sürgün gelişimi olmamıştır. Putresin yönünden değerlendirildiğinde, özellikle 1 mM'lık dozunun sürgün uzunluğunu kısmen de olsa artırdığı tespit edilmiştir. Örneğin, PEG'in -4 ve -6 bar'lık dozlarında kontrolde ve putresinin diğer dozlarında herhangi bir sürgün gelişimi olmazken, 1 mM'lık dozda sürgün uzunluğu sırasıyla 0.45 cm ve 0.1 cm olmuştur (Çizelge 1).

PEG solüsyonu, kök-su taşınımını engelleyerek ya da yüksek vizkositesi yüzünden ortamdaki oksijen miktarını azaltarak bitki gelişimini engellemektedir (Chazen ve ark., 1995). Araştırma sonucunda PEG konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu azalmış, ortalama çimlenme zamanını ise uzamıştır. Araştırmada elde edilen bulgulara benzer olarak Alam ve ark. (2002), çeltik bitkisinde yapmış oldukları çalışmada PEG konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çimlenme oranı ve çimlerin gelişiminin azaldığını, çimlenme zamanının uzadığını bildirmişlerdir. Yine, yoncada yapılan bir başka çalışmada (Zeid ve Shedeed, 2006) artan PEG konsantrasyonunun çimlenme

oranında, hipokotil uzunluğunda, kök ve sürgün taze ve kuru ağırlığında azalmalara neden olduğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Kuraklık (PEG 6000 ile oluşturulmuş) ve putresin uygulamalarının buğdayda çimlenme oranı (ÇO), ortalama çimlenme zamanı (OÇZ), kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu üzerine etkileri.

Kuraklık (Bar)	Putresin (mM)	ÇO	OÇZ	Kök Uzunluğu (cm)	Sürgün uzunluğu (cm)
Kontrol	**0**	100.0	1.2	5.59	11.54
	0.01	100.0	1.2	7.25	11.84
	0.1	100.0	1.1	7.94	13.55
	1	100.0	1.1	9.73	15.72
	Ortalama	***100.0***	***1.1***	***7.63***	***13.16***
-2	**0**	99.0	1.3	6.82	7.37
	0.01	94.5	2.3	5.91	4.86
	0.1	98.8	1.5	7.50	7.46
	1	99.8	1.0	7.90	8.47
	Ortalama	***98.0***	***1.5***	***7.03***	***7.04***
-4	**0**	96.5	1.6	3.64	0.00
	0.01	93.8	2.4	3.82	0.00
	0.1	95.5	2.4	4.05	0.00
	1	99.0	1.2	4.52	0.45
	Ortalama	***96.2***	***1.9***	***4.01***	***0.11***
-6	**0**	90.5	2.2	0.10	0.00
	0.01	93.5	3.6	3.68	0.00
	0.1	95.5	2.9	1.77	0.00
	1	98.0	1.7	2.24	0.10
	Ortalama	***94.4***	***2.6***	***1.95***	***0.03***
-8	**0**	89.5	2.8	0.10	0.00
	0.01	91.0	4.0	0.10	0.00
	0.1	95.8	4.1	0.10	0.00
	1	97.0	2.4	0.10	0.00
	Ortalama	***93.3***	***3.3***	***0.10***	***0.00***
-10	**0**	89.5	4.2	0.10	0.00
	0.01	93.0	4.7	0.10	0.00
	0.1	94.0	4.7	0.10	0.00
	1	95.8	3.6	0.10	0.00
	Ortalama	***93.1***	***4.3***	***0.10***	***0.00***
Ortalama	**0**	94.2	2.2	2.72	3.15
	0.01	94.3	3.0	3.48	2.78
	0.1	96.6	2.8	3.57	3.50
	1	98.3	1.8	4.10	4.12
	Ortalama	***95.8***	***2.5***	***3.47***	***3.39***
F Değeri (Kuraklık)		42.93**	363.24**	1029.78**	2880.02**
F Değeri (Putresin)		32.35**	111.3**	44.81**	45.61**
F Değeri (KxP)		4.89**	7.38**	19.12**	19.45**
Kuraklık $LSD_{(0.01)}$		1.58	0.2	0.39	0.39
Putresin $LSD_{(0.01)}$		1.3	0.2	0.32	0.32
KxP $LSD_{(0.01)}$		3.2	0.5	0.78	0.77

** ile işaretli F değerleri 0.01 ihtimal düzeyinde önemlidir

Son zamanlarda bitki büyüme düzenleyicisi ve bitkilerde uyarı mekanizmasında sekonder haberci olarak düşünülen poliaminlerin (Kusano ve ark., 2008), bitkilerdeki hücre iyon dengesini ve hücre membran stabilitesinin devamlığını sağlayarak; klorofil kaybını önleyerek; protein, nükleik asit ve koruyucu alkoloidlerin sentezini artırarak (Sharma, 1999) abiyotik strese toleransta etkili oldukları bilinmektedir (Nayyar ve ark., 2005). Nitekim, He ve ark. (2002), poliamin sentezi engellenen bitkilerin strese toleranslarının azaldığını

bildirmişlerdir. Araştırmada putresinin 1 mM'lık dozu, özellikle PEG'in yüksek dozlarında kuraklığın ortaya çıkardığı olumsuz etkiyi önemli ölçüde telafi edebilmiştir. Zeid (2004), putresin uygulamasının normal şartlarda ve tuz stersinde çimlendirilen fasulye bitkisinde çimlenme sırasında α-amilaz enziminin aktivesini artırarak çimlenme oranını ve çimlerin gelişimini artırdığını kaydetmiştir. Aynı şekilde, arpada yapılan bir çalışmada (Tipirdamaz ve ark., 1995) poliaminlerin (spermin, spermidin ve putresin) çimlenme sırasında arpa tohumlarındaki α-amilaz aktivetisini önemli bir şekilde artırdığı saptanmıştır.

Sonuç olarak, PEG6000'in konsatrasyonu, diğer bir ifadeyle kuraklığın şiddeti artıkça çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu çok önemli derecede azalmış, buna karşın ortalama çimlenme zamanı uzamıştır. Diğer taraftan, putresinin özellikle 1 mM'lık dozu, PEG ile oluşturulan kuraklığın olumsuz etkilerini azaltmıştır. Diğer bir ifadeyle, çimlenme oranını, kök ve sürgün uzunluğunu artırmış; çimlenme süresini ise kısaltmıştır.

Kaynaklar

Alam, M. Z., T. Stuchbury and R. E. L. Naylor. 2002. Effect of NaCL and PEG ınduced osmotic potentials on germination and early seeding growth of rice cultivars differing in salt tolerance. Pakistan journal of biological sciences, 5 (11) : 1207- 1210.

Association of Official Seed Analysis (AOSA). 1983. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32 to the handbook on Seed Testing.

Bachrach, U. and Y. M. Heimer (Eds.). 1989. The Physiology of Polyamines. I. CRC Press, Boca Raton, pp. 1–346.

Carpita, N., D. Sabularse, D. Mofezinos and D. Delmer. 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. Sci. 205: 114-1147.

Chazen, O., W. Hartung and P. M. Neumann. 1995. The different effects of PEC 6000 and NaCl on leaf development are associated with differential inhibition of root water transport. – Plant Cell Environ. 18: 727-735.

Das, S., A. Basu and B. Ghosh. 1995. Effect of salt stress on polyamine metabolism in *Brassica campestris*, Phytochemistry, pp. 283–285.

Dilday, R. H., M. A. Mgonja, S. A. Amonsilpam, F. C. Collins and B. R. Wells. 1990. Plant height vs. mesocotyl and coleoptile elongation in rice: Linkage or pliotropism?. Crop Sci. 30: 815-818.

Flores, H. E., N. D. Young and A.W. Galston. 1984. Polyamines metabolism and plant stress, in: J.L. Key, T. Kosuge (Eds.), Cellular and Molecular Biology of Plant Stress: UCLA Symposia on Molecular and Cellular Biology, New Series, vol. 22, Alan R. Liss, New York, pp. 1–22.

Gupta, S. and N. K. Gupta. 2011. Field efficacy of exogenously applied putrescine in wheat (*Triticum aestivum* L.) under water-stress conditions. Indian Journal of Agricultural Sciences 81 (6): 516–9.

He, L., K. Nada, Y. Kasukabe and S. Tachibana. 2002. Enhanced susceptibility of photosynthesis to low-temperature photoinhibition due to interruption of chill-induced increase of S-adenosylmethionine decarboxylase activity in leaves of spinach (Spinacia oleracea L.). Plant Cell Physiol 43:196–206.

Kusano, T., T. Berberich, C. Tateda and Y. Takahashi. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta, 228: 367–81.

Lagerwerff, J. V., G. Ogata and H. E. Eagle. 1961. Control of osmotic pressure of culture solutions with polyethylene glycol. Sci. 133: 1486.

Michel, B. E. and M. R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914-916.

Money, N. P. 1989. Osmotic pressure of aqueous polyethylene glycols. Relationship between molecular weight and vapor pressure deficit. Plant Physiol. 91: 766-769.

Moradi Dezfuli, P., F. Sharif-zadeh and M. Janmohammadi. 2008. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 3(3): 22-25.

Okii, M., T. Onitake, M. Kawai and T. Takematsu. 1980. U.S. patent 4231789, Chem. Abstr. 94. 59810.

Nayyar, H., S. Kaur, S. S. Kumar, K. J. Singh and K. K. Dhir. 2005. Involvement of polyamines in the contrasting sensitivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and soybean (*Glycine max*) to water deficit stress. Botanical Bulletin of Academica Sinica, 46: 333–8.

Pan, X. Y., Y. F. Wang, G. X. Wang, Q. D. Cao and J. Wang. 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Phytoecol. Sinica 26: 177-184.

Prakash, L.G. and G. Prathapasenan. 1988. Putrescine reduces NaCl-induced inhibition of germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.), Aust. J. Plant. Physiol. 15, 761–767.

Rauf, M., M. Munir, M. Ul-Hassan, M. Ahmed and M. Afzai. 2007. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. Afr. J. Biotechnol. 8: 971-975.

Sharma, M. L. 1999. Polyamine metabolism under abiotic stress in higher plants: salinity, drought and high temperature. Physiology and Molecular Biology of Plants 5: 103–13.

Slocum, R. D. and E. Flores (Eds.). 1991. Biochemistry and Physiology of Polyamines in Plants. CRC Press Boca Raton, pp. 1–264.

Tipirdamaz, R., M. Durusoy and S. Bozuck. 1995. Effect of exogenous polyamines on alpha amylase activity during seed germination under salt stress. - Turkish J. Bot. 19: 411-416.

Zeid, I. M. 2004. Responses of been (*Phaseolus vulgaris*) to exogenous putrescine treatment under salinity stress. - . Pakistan journal of biological sciences, 7: 219-225.

Zeid, I. M. and Z. A. Shedeed. 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. Biologia Plantarum 50 (4): 635-640.

Zhou, X. 1997. Plant growth regulators, Plant Physiol. Commun. 33: 480–481.