

Patateste Tuz Stresi Altında *In Vitro* Mikroyumru Üretimine Yönelik Karbon Kaynağı Tiplerinin Etkinliklerinin Araştırılması

Serkan URANBEY¹ Hussein Abdullah Ahmed AHMED² Güray Akdoğan¹
Deniz KÖM¹ Nilüfer KOÇAK¹

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl, Ankara

²Uşak Üniversitesi, Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl, Uşak

Özet

Patatesin mikroyumru oluşturması karmaşık fizyolojik bir süreç olup, karbon kaynakları patateste mikroyumru oluşumunu etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bitkilerde tuz stresi altında glikoz, fruktoz, sukroz gibi şekerler biriktirilmekte, bu moleküller ozmotik dengeleme, karbon depolama ve oksijen radikallerinin elemine edilmesinde görev almaktadır. Bu çalışmanın amacı da, karbon kaynağı olarak kullanılan sukroz, glikoz ve fruktozun *in vitro* koşullarında tuz stresi altında, mikroyumru oluşumunu nasıl etkilediğinin ortaya konulmasıdır. Normal şartlarda ve tuz stresi altında en iyi mikroyumru oluşturma kapasitesinin 40+40 g/L 20-22° C karanlıkta sukroz uygulamasında elde edildiği, başlangıç karbonhidrat kaynağı olarak sukroza eklenen küçük molekül ağırlığına sahip diğer şeker türevlerinin mikroyumru oluşturma kapasitesini olumlu etkilemediği ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Patates, *in vitro*, mikroyumru, tuz ve karbon kaynakları

Investigation of The Effectiveness of Carbon Source on Microtuberization of Potato Under *in Vitro* Salt Stress

Abstract

Since microtuberization is a complex physiological process regulated by many factors and adding carbon source to nutrient media is the most important factor. In plants, under salt stress, sugars such as glucose, fructose, and sucrose are accumulated and these molecules function in osmotic balancing, carbon storage and elimination of oxygen radicals. Therefore, the influence of sucrose and glucose, fructose concentration as carbon source on microtuberization was aimed in the study. It was found that *in vitro* microtuberization of potato was affected considerably by carbon sources. The best results were obtained in MS medium containing high sucrose concentration (40+40 g/L) cultures maintained at 20-22° C in dark. It was seen that other carbon sources with small molecular weight did not positively affect the micro tuber formation capacity under salt conditions.

Key words: Potato, *in vitro*, microtuber, carbon source, salt

Giriş

Patates (*Solanum tuberosum* L.) zengin besin kompozisyonu ile dünyada giderek büyüyen açlık sorunu ve dengeli beslenme ihtiyacına cevap verebilecek en önemli bitkilerin başında gelmektedir. Patateste özellikle patojenik etmenlerinin yavru klonlara taşınması ile patates tohumluğu kısa sürede dejenere olmakta, buna bağlı olarak aynı klonun 3 yıldan fazla kullanılması durumunda da yumru veriminde önemli düşümlere neden olduğu bilinmektedir (Kaur ve Mukerji., 2004).

Patateste mini yumru ve özellikle mikroyumrular, germplazmin korunması, değerlendirilmesi ve *in vitro* seleksiyona uygunluğu dışında genetik materyalin uzun süre muhafazası ve taşınmasında önemli materyallerdir. Ayrıca *Agrobacterium tumefaciens* aracılığı ve diğer yöntemlerle gen transferi çalışmaları için önemli bir eksplant kaynağı durumundadır (Choiet ve ark., 1997; Sandhuet ve ark., 1998; Choiet ve ark., 1999; Inuiet ve ark., 1999). *In vitro* mikroyumru üretimi uzun yıllar sadece gen kaynaklarının muhafazasında kullanılmakla birlikte son yıllarda ülkemizde ve dünyada sertifikalı tohumluk üretim programlarında kullanılmaya başlanmış ve özellikle patatesin tuberizasyonu ile ilgili mekanizmalarının anlaşılmasında büyük bir önem arz etmeye başlamıştır. (Kumlay ve ark., 2014).

Patatesin mikroyumru oluşumunda da pek çok faktör etkili olup, genetik faktörlerin dışında, besin ortam, kültür koşulları, fotoperiyot, şeker kaynakları, katılaştırıcılar ve bitki büyüme düzenleyicileri gibi çok sayıda faktörün etkileşimi altındadır (Charles ve ark., 1992; O'Brien ve ark., 1998). Bitkilerde hücre gelişimini ve sürgün rejenerasyonu için karbon kaynağına ihtiyaç olup, sakkaroz, glikoz, galaktoz, fruktoz, maltoz, mannoz ve laktoz bitki doku kültürlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu şeker molekülleri ile birlikte, bitkilerde tuz konsantrasyonları ile artan osmotik basıncı dengelemekte kullanılmaktadır. Bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi etkileyen tuz stresi oluşan osmotik ve iyon stresi bitki büyümesini ve gelişmesini

olumsuz etkilemekte, osmatik stres suyun verim gücünü azaltmaktadır (Parida ve Das, 2005; Tuteja., 2007). Bitkiler tuz stresi altında glikoz, fruktoz, sukroz gibi sekerler biriktirilmekte, bu moleküller osmotik dengeleme, karbon depolama ve oksijen radikallerinin bertaraf edilmesinde görev almaktadır (Parid ve das., 2005; Yılmaz ve ark., 2011). Bitki doku ve organlarının oluşumu sırasında meydana gelen stres faktörleri büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemektedir. (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bu çalışmanın amacı da; büyüme ve gelişme için karbon kaynağı olarak kullanılan sukroz, glikoz ve fruktozun *in vitro* koşullarında tuz stresi altında, mikroyumru oluşturma kapasitesi normal koşullarda yüksek olan Slaney patates çeşidinde mikroyumru oluşturma kapasitesini nasıl etkilendiğinin ortaya konulması, yüksek tuz konsantrasyonunda büyük ve küçük molekül ağırlığına sahip karbon kaynaklarının mikroyumru oluşumu bakımından patates bitkisi tarafından kullanım etkinliğinin araştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Bitki materyali

Daha önceki çalışmalarda tuz stresi altında yüksek mikroyumru oluşturma kapasitesine sahip olduğunu belirlediğimiz Slaney patates çeşidi kullanılmıştır.

Yüzey sterilizasyonu ve filizlendirme çalışmaları

Patates çeşitlerinin Yumruları dezenfektan ile yıkanarak kurutulmuştur. Daha sonra yumrular steril su ile yıkanmış ve yumrular önce % 75'lik etanol'de 5-10 dk bekletilmiş, daha sonra % 25'lik seyreltilmiş sodyum hipoklorit çözeltisinde 20 dk sterilizasyona tabi tutulmuştur. Sterilizasyonu yapılan yumrular 3 kez 5'er dk steril saf su ile durulanmıştır. Daha sonra yumrular karanlık koşullarda 4 hafta 20-24 °C'de filizlenmeye bırakılmıştır. Yaklaşık 4 hafta tepe sürgünü ve diğer gözlerden süren 1.0-1.5 cm uzunluğundaki sürgünler bir kez daha % 75'lik etanol'de 2 dk bekletilmiş, daha sonra %

15'lik seyreltilmiş sodyum hipoklorit çözeltisinde 20 dk steril edilmiştir.

Meristematik dokuların ve boğumların in vitro'da kültüre alınması ve bitkiciklerin üretimi

Yüze sterilizasyonu yapılan ve yaklaşık 4 hafta sonra 1.0-1.5 cm uzunluğa ulaşan sürgünlerin uçlarındaki meristematik dokular kesilerek % 3 sukroz içeren MS (Murashige ve Skoog., 1962) mineral tuzları ve vitaminleri ve % 0.2 gelrite içeren ortamda kültüre alınmıştır. Besin ortamın pH'sı, 1 N NaOH ya da HCl kullanılarak 5.6-5.8'e ayarlanacak ve 121°C, 1,2 kg/cm² basınç altında 20 dk. süreyle steril edilmiş, kültürler 24 °C'de ve 16 saatlik fotoperiyot ile beyaz floresan altında gelişmeye bırakılmıştır.

Farklı karbon kaynaklarında in vitro mikroyumru üretimi ve tuz stresi

In vitro'da gelişen 4-5 haftalık bitkiciklerde 0.5 cm büyüklüğündeki tek yapraklı koltuk altı meristemleri, 2.5 mg/L Kinetin, 40 g/L sukroz ve 2.5 g/L gelrite ile katılaştırılmış MS besin ortamına 0-80 g/L olacak şekilde glikoz ve/veya fruktoz ilave edilerek 22 °C de iklim odasında kültüre alınmış ve farklı karbon kaynakları

mikroyumru oluşturma kapasitesi bakımından test edilmiştir. Daha sonra tuz stresi oluşturabilmek amacı ile 150 mM NaCl ve 2.5 mg/L Kinetin, 40 g/L sukroz, 0-80 g/L glikoz, fruktoz içeren ve 2.5 g/L gelrite içeren MS besin ortamına tek yapraklı koltuk altı meristemleri tekrar kültüre alınarak test edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Farklı karbon kaynaklarında *in vitro* mikroyumru üretimi üzerine etkisi 4-5 haftalık bitkiciklerde 0.5 cm büyüklüğündeki tek yapraklı koltuk altı meristemleri, 2.5 mg/L Kinetin, ve 2.5 g/L gelrite ile katılaştırılmış MS besin ortamına şeker moleküllerinin moleküler ağırlığı göz önünde bulundurularak ve osmatik basıncı değiştirmeyecek şekilde 40 g/L sukroz ve 0, 40-80 g/L glikoz ve fruktoz ilave edilerek kültüre alınmıştır. Test edilen tüm ortamlarda yaklaşık 3 hafta sonra koltuk altı meristemlerin dip kısmından ana mikroyumru oluşumları başlamış olup, yaklaşık 2 hafta sonra da gelişen uç kısımlarda sekonder mikroyumru oluşumları meydana gelmiştir. Yaklaşık 6 hafta sonra eksplant başına yumru sayısı, eksplant başına toplam yumru ağırlığı belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı karbon kaynaklarının *in vitro* mikroyumru üretimi üzerine etkisi

Table 1. Effect of different carbon sources on *in vitro* microtuber production

Başlangıç karbonhidrat kaynağı	Sukroz g/L	Glikoz g/L	Fruktoz g/L	Eksplant başına yumru sayısı (adet)	Eksplant başına toplam yumru ağırlığı (mg)	Kuru madde oranı (%)
40 g/L sukroz	40	-	-	1.86 a*	515.3 a*	17.3
40 g/L sukroz	-	80	-	1.00 b	341.3 b	16.8
40 g/L sukroz	-	-	80	1.73 a	355.3 b	16.6
40 g/L sukroz	-	40	40	1.06 b	351.3 b	16.9

*) Aynı sütünde farklı harfle gösterilen rakamlar 0.01düzeyinde istatistiki olarak farklıdır.

Yaklaşık 6 hafta sonra gelişen yumrulara ölçümleme yapılmış, oluşan mikroyumru sayısı ve ağırlığı bakımından karbon kaynakları arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur (P< 0.01) (Tablo 1). Karbon tipleri arasında eksplant başına yumru sayısı

1.00-1.86 adet arasında değişmiş olup, en yüksek mikroyumru sayısı (1.86 adet/eksplant) 40+40 g/L sukroz içeren besin ortamında elde edilmiş, 40 g/L sukroz + 80 g/L fruktoz içeren besin ortamı 1.73 adet/eksplant ile bu ortamı takip etmiş, bu iki

değer istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. En düşük eksplant başına yumru sayısı ise 1.00 adet/eksplant ile 40 g/L sukroz + 80 g/L glikoz içeren besin ortamında saptanmıştır. Karbon tipleri karşılaştırıldığında eksplant mikroyumru verimi 341.3-515.3 mg arasında değişmiş olup, en yüksek mikroyumru verimi yine 40+40 g/L sukroz içeren besin ortamında elde edilmiş, istatistiki olarak diğer uygulamalardan ayrı bir grupta yer almıştır. Bunun dışında kalan diğer uygulamalar istatistiksel olarak benzer grupta yer almıştır. En düşük eksplant başına yumru verimi ise 40 g/L sukroz + 80 g/L glikoz içeren besin ortamında saptanmıştır. Ayrıca tüm şeker içeren ortamlarda kuru madde oranı % 16.6-17.3 arasında değişmiş olup kuru madde birikimi üzerine şeker tiplerinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Tuz stresi altında karbon kaynaklarının mikroyumru oluşumu üzerine etkinliğini belirlemek amacıyla tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde yapılan çalışmalarda 8-10 hafta sonra mikroyumruların oluşmaya başladığı gözlemlenmiş, tuz stresinin genel anlamda mikroyumru oluşumunu geciktirdiği görülmüştür. Kültüre aldıktan yaklaşık 10 hafta sonra yapılan ölçümlerde tuz stresi

altında mikroyumru sayısı ve ağırlığı bakımından karbon kaynaklarının istatistiksel olarak önemli farklılık meydana getirdiği bulunmuştur (P< 0.01; Tablo 2). Tuz stresi altında karbonhidrat tipleri karşılaştırıldığında, eksplant başına yumru sayısı 0.46-1.33 adet arasında değişmiş olup, en yüksek mikroyumru sayısı (1.33 adet/eksplant), tuz stresi olmayan ortamda olduğu gibi, 40+40 g/L sukroz içeren besin ortamında elde edilmiştir. Bu uygulamada belirlenen değer diğer uygulamalardan istatistiki olarak daha yüksek olmuştur. En düşük eksplant başına yumru sayısı ise 0.46 adet ile 40 g/L sukroz + 40 g/L glikoz + 40 g/L glikoz içeren besin ortamında saptanmıştır. Eksplant mikroyumru verimi ise 123.3-388.3 mg arasında değişmiş olup, en yüksek mikroyumru verimi yine 40+40 g/L sukroz içeren besin ortamında elde edilmiş, istatistiki olarak ayrı bir grupta yer almıştır. En düşük eksplant başına yumru verimi ise 40 g/L sukroz + 80 g/L glikoz içeren besin ortamında saptanmıştır. Ayrıca tüm şeker içeren ortamlarda kuru madde oranı % 16.9-17.4 arasında değişmiş olup kuru madde üzerine şeker tiplerinin istatistiki etkisi olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 2. Farklı karbon kaynaklarının tuz stresi altında in mikroyumru üretimi üzerine etkisi

Table 2. Effect of different carbon sources on microtuber production under salt stress

Başlangıç karbonhidrat kaynağı	Sukroz g/L	Glikoz g/L	Fruktoz g/L	Eksplant başına yumru sayısı (adet)	Eksplant başına toplam yumru ağırlığı (mg)	Kuru madde oranı (%)
40 g/L sukroz	40	-	-	1.33 a*	388.3 a*	16.9
40 g/L sukroz	-	80	-	0.46 c	123.3 c	17.1
40 g/L sukroz	-	-	80	1.13 b	153.3 b	16.9
40 g/L sukroz	-	40	40	0.46 c	138.3 bc	17.4

Doku kültürü çalışmalarında sukroz genellikle osmotik denge sağlayıcı rolünden dolayı mikroyumru oluşum etkinliğini artırmasından yararlanmak amacıyla kullanılmaktadır (Seetohul, 1995). Patatesin mikroyumru oluşumunda da şeker

türevlerinin mikroyumru oluşumunu teşvik ettiği, sukroz kullanımının diğer şekerlere göre yumruya daha çok aktarıldığı ve eksplant başına mikroyumru verimi başta olmak üzere mikroyumru sayı ve verimini artırdığı yönünde çok sayıda çalışma vardır (Harmey

ve ark., 1966; Wang ve Hu, 1982; Chandra ve ark., 1988; Khuri ve Moorby, 1995; Deryabin ve Yur'eva, 2010; Yasmin ve ark., 2011; Yu ve ark., 2000). Biyoreaktör ile mikroyumru sayısında artış olmamasına rağmen yumru ağırlığında 1 g artış olduğu, sukroz uygulamasının, fruktoz ve glikoz uygulamasına göre mikroyumru sayısını artırdığını belirlemişlerdir. Rahman ve ark. (2010) sukroz içeren ortamların, maltoz ve glukoz içeren ortamlara göre, bitki oluşum ve gelişimi açısından daha etkili olduğunu, maltoz içeren ortamların ise yumru oluşumu açısından daha etkili olduğu saptamışlardır. Bizim çalışmamızda da en yüksek mikroyumru oluşturma kapasitesinin 40+40 g/L sukroz uygulamasında elde edildiği diğer şeker türevlerine göre sukrozun daha etkili olduğu görülmüştür.

Stoma kapanması sırasında hücrelerde ABA sentezlenmekte ve osmotik stres toleransı ile bitki su dengesi bu şekilde kontrol edilmektedir (Zhu, 2002). Tuz stresi altında glikoz, fruktoz, sukroz gibi şekerler biriktirilmekte, bu moleküller osmotik dengeleme, karbon depolama ve oksijen radikallerinin bertaraf edilmesinde görev almaktadır (Parid ve Das, 2005; Yılmaz ve ark., 2011). Bitkilerde bulunan düşük molekül ağırlıklı şekerler, osmotik dengelemede suyun hücrede tutulmasını kolaylaştırır ve Na⁺'un apoplastta veya vakuolde birikimini sağlamakta, hücresel yapılar ve makromoleküller korunmaktadır (Ashraf, 2004; Munns, 2005; Parid ve Das, 2005; Yılmaz ve ark., 2011). Tuz stresinde genel anlamda düşük molekül ağırlıklı şekerlerin miktarı artmaktadır, şekerler (glikoz, fruktoz, sukroz, fruktanlar) ve polisakkaritler tuz stresi altında çeşitli radikallerin temizlenmesi, osmotik dengeleme ve koruma için biriktirilmektedir (Ashraf ve Haris, 2004; Parvaiz ve Satyawati, 2008; Yılmaz ve ark., 2011). Bu çalışma sonucunda da tuz stresi koşullarında ve tuz stresi olmayan koşullarda en yüksek mikroyumru oluşumu karbon kaynağı olarak sukroz kullanıldığında (40+40 g/L) gerçekleşmiş, patatesin mikroyumru oluşumunda karmaşık fizyolojik bir süreç olduğu, tuz stresi altında da şeker türevleri

içinde sukroz en önemli faktör olduğu ve eksplant başına mikroyumru verimi başta olmak üzere mikroyumru sayı ve verimini artırdığı saptanmıştır. Bu çalışmada da sukroz, glikoz, fruktozun tuz stresi altında, mikroyumru oluşumu üzerine etkisini görmek amacıyla nasıl etkilendiğinin normal normal şartlarda ve tuz stresi altında en yüksek mikroyumru oluşturma kapasitesinin 40+40 g/L sukroz uygulamasında elde edildiği başlangıç karbonhidrat kaynağı olarak sukroza eklemlenen diğer şeker türevlerinin sukrozun yerine mikroyumru oluşumunu olumlu etkisinin olmadığı görülmüştür. Yüksek tuz konsantrasyonunda büyük ve küçük molekül ağırlığına sahip karbon kaynaklarının kullanımının mikroyumru oluşturma kapasitesini etkilemediği ortaya konmuştur.

Kaynaklar

- Ashraf M, 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199:361-376.
- Ashraf M, Haris P J C, 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants *Plant Science*, 166: 3-16.
- Chandra R, Dodds J H, Tovar P, 1988. *In vitro* tuberization in Potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Association of Plant Tissue Culture Newsletter*, 55:10-20.
- Charles G, Rossingol L, Rossingol M, 1992. Environmental effect on potato plants *in vitro*. *J of Plant Physiology*, 6: 708-713.
- Choi K H, Jeon J H, Kim H S, Joung Y H, Joung H, Choi K H, Leon J H, Kim H S, Joung H, Joung H, 1999. Stability of transgenic potato plants and their progenies pressing herbicide resistant gene. *J Korean Soc. Hort. Sci*, 40:31-34.
- Choi K H, Jeon J H, Kim H S, Joung Y H, Joung H, Lim Y P, 1997. Genetic transformation of intact potato microtuber by particle bombardment. *Korean J. Plant Tissue Culture*, 24:87-91.
- Çulha Ş, Çakırlar H, 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *AKÜ FEBİD*, 11: 11-34.
- Deryabin A N, Yur'eva N O, 2010. Exogenous regulation of tuberization of *solanum*

- tuberosum* L. culture *in vitro* (Review). Celckoxozyayctvennaya Biologiya Selskoxozyaystvennaya biologiya, 3: 17-25.
- Harmey M A, Crowley M P, Clinch P E M, 1966. The Effect of Growth Regulators on Tuberisation of Cultured Stem Pieces of *Solanum Tuberosum*. European Potato J., 9:146-151.
- Inui H, Ueyama Y, Shiota N, Ohkawa Y, Ohkawa H, 1999. Herbicide metabolism and cross-tolerance in transgenic potato plants expressing human CYP1A1. Pesticide Biochemistry and Physiology, 64:33-46.
- Kaur S, Mukerji K G, 2004. Potato diseases and their management. Disease management of fruits and vegetables-1, fruit and vegetable diseases Mukerji K G (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, p.554.
- Khuri S, Moorby J, 1995. Investigations in to the role of sucrose in potato cv. Estima microtuber production *in vitro*. Annals of Botany, 75:295-203.
- Kumlay A M, Arslan N, Kaya C, 2014. Patates (*Solanum Tuberosum* L.)'Te *in vitro* şartlarda mikroyumru elde edilmesini etkileyen faktörler. Anadolu Tarım Bilim. Derg, 29(2): 154-165.
- Munns R, 2005. Genes and salt tolerance: bringing the mtogether. New Phytologist, 167:645-663.
- Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, Physiol. Plant, 15: 473-497.
- O'Brien P J, Allen E J, Firman D M. 1998. A review of some studies into tuber initiation in potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. J of Agric. Sci., 130: 251-270.
- Parida A K, Das A B, 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.
- Parvaiz A, Satyawati S, 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a review. Plant Soil Environment, 54 (3): 89-99.
- Rahman M H, Islam R, Hossain M, Islam M S, 2010. Role of sucrose, glucose and maltose on conventional potato micropropagation. Journal of Agricultural Technology, 6(4): 733-739.
- Sandhu J S, Webster C I, Gray J C, 1998. Alrrichsequencesact as quantitative enhancer of gene expression in transgenic tobacco and potato plants. Plant Mol Biol, 37:885-896.
- Seetohul S, 1995. A Study of The Effects of Carbohydrates in Tissue Culture of *Nicotiana Tabacum*. Dissertation for Requirement of B.Sc, University of Mauritius, Mauritius.
- Tuteja N, 2007. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants. Methods in Enzymology, 428: 419-438.
- Wang P, Hu C, 1982. In vitro Mass Tuberization and Virus-Free Seed Potato Production in Taiwan. American Potato J., 59:33-37.
- Yasmin, A.,Jalbani, A.A., Mangrio, G.S., Nasreen, A. 2011. Optimization of microtuberization in indigenouspotato cv. Desiree. Pak. J. Biotechnol. 8(2): 39-44.
- Yılmaz, E. Tuna L.A., Bürün B., 2011. Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karsı Gelistirdikleri Tolerans Stratejileri.C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7.1: 47-66.
- Yu, W.C.,Xing,Y., andLuo, Y., 2000. SucroseunilizasyonduringpotatOMICROTUBE rgrowth in bioreactor. Plant Cell Reports, 19:407-413.
- Zhu, J-K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants, AnnualReview of PlantBiology, 53, 247-73.