

Effect of root, stem and leaf weights and leaf counts on the bean genotypes (*Phaseolus Vulgaris* L.) of chilling stress application

Fikret Yasar

Department of Horticulture, Yuzuncu Yil University
E-mail: fyasar@yyu.edu.tr

Ozlem Uzal

Department of Horticulture, Yuzuncu Yil University
E-mail: ozlemuzal@yyu.edu.tr

Okan Yeler (Corresponding author)

Muradiye Vocational School, Yuzuncu Yil University
E-mail: okanyeler@yyu.edu.tr

Ozlem Yasar

Department of Horticulture, Yuzuncu Yil University
E-mail: ozlemyasar@yyu.edu.tr

Abstract

The aim of this study is to determine the developmental performance of the 18 bean genotypes belonging to *Phaseolus vulgaris* L. belonging to Anatolia's many components, chilling according to the organs below. Fidelites of ten different bean genotypes were cultured in the growth chamber under controlled climatic conditions and in the vessels containing the Hoagland nutrient solution. Cold stress application in the conditioning room in the temperature of +4 0C plants kept for 5 days. Root, stem and leaf weights and leaf counts of plants were examined after application. As a result of the research, it was found that bean plants had differences in their root, stem, leaf weights and leaf counts between genotypes compared to controls. Genotypes 22, 4 and 14 in cold stress were better than others in terms of plant growth. On the other hand, genotypes 20, 21 and 5 were found to be more susceptible to cold with lower developmental performance.

Keywords: Beans, *Phaseolus vulgaris* L., Chilling Stress, Roots, Stem, Leaf

Üşüme stres uygulamasının fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) genotiplerinde kök, gövde ve yaprak ağırlıkları ile yaprak sayılarına etkisi

Özet

Bu çalışmanın amacı Anadolu'nun çeşitli bölgelerinden toplanan ve *Phaseolus vulgaris* L. türüne ait olan 18 fasulye genotipinin, üşüme stresi altında organlarına göre gelişim performanslarını belirlemektir. On farklı fasulye genotipine ait fideler, iklim koşulları kontrol altında tutulan yetiştirme odasında, Hoagland besin çözeltisi içeren kaplarda kültüre alınmıştır. Üşüme stresi uygulaması iklimlendirme odasında +4 0C sıcaklıkta bitkiler 5 gün süreyle tutulmuştur. Uygulama sonrasında bitkilerin kök, gövde ve yaprak

ağırlıkları ile yaprak sayıları incelenmiştir. Araştırma sonucunda, fasulye bitkilerinin kök, gövde, yaprak ağırlıkları ile yaprak sayıları bakımından genotipler arasında farklılıkların olduğu ve kontrole göre üşüme stresinde 22, 4 ve 14 nolu genotipler diğerlerine göre bitki gelişim yönünden üşümeye karşı daha iyi direnç göstererek diğerlerine göre daha iyi gelişmişlerdir. Buna karşın 20, 21 ve 5 nolu genotipler daha düşük gelişim performansı göstererek üşümeye karşı daha hassas oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fasulye, *Phaseolus vulgaris* L., Üşüme, Kök, Gövde, Yaprak

1. Giriş

Bitkiler çeşitli biyotik (patojenler, otçullar, insan tahribati, rekabet vb.) ve abiyotik (düşük ve yüksek sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, radyasyon vb.) stres faktörlerinden önemli derecede etkilenirler. Bitkilerin bu stres faktörlerine maruz kalmaları, onların genetik potansiyellerine ulaşmalarını engeller ve ürün verimliliklerini sınırlar. Dünyada verim düşüklüğünün temel nedeni olan abiyotik stresler, önemli ürünlerin ortalama verimini %50 ya da daha fazla düşürür [5].

Yüksek bitkilerin üşüme stresinden etkilenme mekanizmasının tam olarak bilinmemesine rağmen, bitkide ilk etkilenen olayın fotosentez olayı olduğunu [4]; [3]; [13] bildirmişlerdir. Düşük sıcaklığın fotosentez üzerine olumsuz etkisi ışık yoğunluğuna bağlıdır. Bunun önemi de mekanizmanın zarar görme derecesi ile ortaya çıkar. Yüksek ışık yoğunluğu üşüme ile eş zamanlı olarak denendiğinde, fotosistem II (ps II) şiddetli zarar görür ve bu şekildeki bir stres, fotosentez de geri dönüşümü olmayan inhibisyona neden olur ([1]; [14]; [15]).

Soğuğa duyarlı fidelerin donma derecesinin üzerindeki düşük sıcaklıklara maruz bırakılması, kök iletiminin ve su alınımının azalmasına, kök ucunun düşmesine ve kök büyümesinin azalmasına neden olur ([9]; [2]). Kökler, rizomlar ve soğanlar soğuğa, toprak üstü organlarından daha duyarlıdır, fakat toprağın sıcaklığın şiddetini hafifletme kapasitesi nedeniyle tarlada bu organlar sürgünlerin maruz kaldığı sıcaklığa maruz kalmazlar. Bununla birlikte, deneyler saksıda yapıldığında bu hafifletici etkinin ortadan kalktığı gösterilmiştir [6]. Soğuk zararının ilk belirtilerinden biri de kökten su alımı ve transpirasyon arasındaki dengenin değişmesi nedeniyle meydana gelen gövde dehidrasyonudur ([11], [13]). Ayrıca, kökte olduğu gibi gövdede de büyüme hızı azalır. Soğuk uygulaması sonucu bitkilerin yaprak genişliği azalır. Daha şiddetli soğuk stresi hücresel otolizi ve yaşlanmayı artırır. Otoliz ve yaşlanma tüm dokuda ya da dokuların yüzeyinde lezyonlara sebep olabilir. Fakat bu lezyonlar, genellikle, hücre çöküşüne bağlı olarak yaprak epidermisinde çukur ya da batık alanlar olarak görülmektedir. Soğuk stresi sırasında, ışıkta fotooksidasyon sonucu klorofilin bozulması nedeniyle yapraklar sararır (klorozis) ve nekrotik benekler meydana gelir ([10], [11]).

Bu çalışmanın amacı soğuk stresi uygulanmış fasulye genotiplerinin gelişim parametrelerine bakılarak genotipler arasında gelişim farkının olup olmadığını belirlemektir.

2. Materyal ve Metodlar

2.1 Materyal

Bu çalışmada, toplam 18 adet fasulye genotipi kullanılmıştır. Bunlardan 5'i Van gölü havzasından seçilerek edinilmiş genotipler, 13 adedi ise Anadolu'nun değişik yörelerinde yetiştiriciliği yapılan yerel çeşitlerdir (Tablo 1).

2.1 Metod

2.1.1 Bitkilerin Yetiştirilmesi

Fasulye tohumları, perlit doldurulmuş 40x25x5 cm boyutlarındaki plastik çimlendirme kaplarına ekilerek, 16/8 saatlik aydınlık/karanlık foto periyotta, 25±2°C sıcaklık %70 nemli iklim odasına yerleştirilmiştir. İlk gerçek yaprakları görülmeye başlayan fidelerde sulama Hoagland besin çözeltisiyle [7] yapılmaya başlanmıştır. Perlit ortamında 2. gerçek yaprakları da oluşan fideler, su kültürüne alınmışlardır. Su kültürü için, Hoagland besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik kütetler kullanılmıştır. Birer haftalık aralarla besin çözeltileri tazelenmiş, bu sırada kütetlerin yerleri de

değiştirilerek ışıklanma koşullarından tüm bitkilerin eşit biçimde yararlanması sağlanmıştır. sonra iklim odasında 10 gün süreyle 27/16 0C gece-gündüz sıcaklık ayarlı ve 1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda 14/10 saatlik ışık/karanlık periyotlarla % 65-70 nemde bekletilmiştir. Bitkilerde 4-5 gerçek yaprak oluştuktan sonra sıcaklık 9/4 0C (gündüz/gece) düzeyine düşürülmüş, ışık yoğunluğu ise 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ düşürülerek 6 gün süreyle bekletilmiştir [8].

2.1.2 Bitkilerde Yeşil Aksam Ağırlıklarının Ölçülmesi:

Stresin 6. gününde her varyeteden 6'şar adet rastlantısal olarak seçilen bitkiler kök, gövde ve yaprak kısımlarına ayrılarak 1/10000'lik hassas dijital terazide tartılmış, yeşil aksam yaş ağırlıkları (g) ile yaprak sayıları (adet) belirlenmiştir.

2.1.3 Değerlendirmelerin Yapılması:

Tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulan denemelerden elde edilen sayısal değerler, varyans analizine tabi tutulmuş ve uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesi ortaya konulmuştur. Bunun için SAS Institue (1985) paket programından yararlanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve farklılık dereceleri, % 0.1 düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

Tablo 1: Test numarası, kodu, tedarik edildiği yerdeki ismi , çalışmada kullanılan fasulye genotipinin yeri ve tipi.

No	Kodu	Genotip İsmi	Bölge	Alınan Yer	Tip
1	S96	Samsun 96	Samsun/Kavak	Çiftçi	Sırık tip
3	S98	Samsun 98	Samsun/Kavak	Çiftçi	Sırık tip
4	S94	Samsun 94	Samsun/Kavak	Çiftçi	Sırık tip
5	S100	Samsun 100	Samsun/Kavak	Çiftçi	Sırık tip
6	S94	Samsun 94	Samsun/Kavak	Çiftçi	Sırık tip
8	F95	Ferasetsiz 95	Eskişehir	Anadolu tarımsal araştırma	Sırık tip
9	Sazova	Sazova	Eskişehir	Anadolu tarımsal araştırma	Sırık tip
10	GS35	Gevaş sırık35	Van/Gevaş	Çiftçi	Sırık tip
11	E16	Erci sırık 16	Van/Erciş	Çiftçi	Sırık tip
14	GS26	Gevaş sırık 26	Van/Gevaş	Çiftçi	Sırık tip
15	GS 64	Gevaş sırık 64	Van/Gevaş	Çiftçi	Sırık tip
16	SB	Sırık barbunya	Antalya/korkuteli	Çiftçi	Sırık tip
17	GS 38	Gevaş sırık 38	Van/Gevaş	Çiftçi	Sırık tip
20	BO	Balkız oturak	Antalya/korkuteli	Çiftçi	Oturak tip
21	OB	Oturak barbunya	Antalya/korkuteli	Çiftçi	Oturak tip
22	AAY	Alman ayşe	Antalya/korkuteli	Çiftçi	Oturak tip
23	GŞ	Gine Şeker	Eskişehir	Anadolu tarımsal araştırma	Oturak tip
24	HD	Helden dane	Antalya/Korkuteli	Çiftçi	Oturak tip

3. Bulgular

Üşüme stresi altındaki fasulye genotiplerinin kök ağırlıkları kontrol bitkilerine göre farklı bulunmuştur. 1 ve 15 nolu genotiplerde kontrole göre artış olmuş, 6 ve 22 nolu genotipte kontrole aynı bulunurken, diğer genotiplerin tamamı kontrole göre azalış göstermişlerdir. Aynı uygulama içinde genotipler arasındaki farkı incelediğimizde, genelde sırık tip olan genotiplerin bitki gelişimleri daha fazla olduğundan kök gövde ve yapraklarında daha yüksek bulunmuştur. Bu sebepten dolayı bitki gelişim performanslarında kontrole göre artış yada azalışları dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre kök gelişimi bakımından kontrol bitkilerine göre en düşük azalış sırasıyla 22, 4, 24 ve 6 nolu genotiplerde olurken, en yüksek azalış ise 20, 5, 11 ve 21 genotiplerin kök gelişiminde meydana gelmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Fasulye genotiplerinin kök, gövde ve yaprak ağırlıkları (g) ile yaprak sayıları (adet)
*K: Kontrol, U: Uygulama

Genotip No	Kök			Gövde			Yaprak			Yaprak Sayısı		
	Kont.	Uyg.	Fark	Kont.	Uyg.	Fark	Kont.	Uyg.	Fark	Kont.	Uyg.	Fark
1	1.27 ı B	1.91 a A	0,64	2.70 cd A	1.63 e B	-1,07	5.05 d A	1.65 e B	-3,39	5.00 cd A	3.33 bd B	-1,67
3	2.46 ef A	1.49 bc B	-0,96	2.82 c A	2.35 bc B	-0,47	4.55 de A	2.19 c B	-2,36	5.166 c A	3.00 d B	-2,17
4	1.39 ı A	1.06 de B	-0,33	2.17 ef A	1.58 e B	-0,59	3.19 j A	1.65 e B	-1,54	4.00 ef A	3.16 cd B	-0,83
5	3.59 b A B	1.44 bc B	-2,15	3.73 b A B	1.61 e B	-2,12	5.75 c A	1.58 ef B	-4,17	6.33 b A	3.33 bd B	-3,00
6	2.33 f A	1.91 a A	-0,42	3.51 b A B	2.43 ab B	-1,08	6.10 c A	2.06 cd B	-4,05	6.50 ab A	3.00 d B	-3,50
8	2.74 cd A	2.09 a B	-0,65	2.28 ef B	2.62 a A	0,35	4.28 eg A	2.66 b B	-1,62	4.50 ed A	3.33 bc B	-1,17
9	2.02 gh A	0.93 e B	-1,08	2.24 ef A	1.30 f B	-0,94	4.26 eg A	1.27 gh B	-2,99	4.33 ef A	3.00 d B	-1,33
10	1.91 gh A	1.24 bc B	-0,67	2.20 ef A	1.35 f B	-0,86	3.81 gı A	1.38 fg B	-2,43	3.83 f A	3.33 bd A	-0,50
11	3.60 b A B	1.92 a B	-1,68	3.70 b A B	2.02 d B	-1,68	6.23 bc A	1.99 cd B	-4,24	6.50 ab A	4.00 a B	-2,50
14	2.91 b A B	1.87 a B	-1,04	2.25 ef A	1.70 e B	-0,55	3.59 hj A	1.94 d B	-1,65	4.00 ef A	3.00 d B	-1,00
15	1.27 ı B A	1.96 a A	0,69	2.42 de A	2.20 cd A	-0,22	4.36 eg A	2.94 a B	-1,42	5.00 cd A	3.33 bd B	-1,67
16	2.48 ef A	2.05 a B	-0,43	4.19 a A	2.60 a B	-1,59	5.72 c A	2.14 cd B	-3,59	6.33 b A	3.83 ab B	-2,50
17	2.75 cd A	1.52 b B	-1,22	2.66 cd A	1.60 e B	-1,07	3.95 fh A	1.59 ef B	-2,36	4.50 de A	3.33 bd B	-1,17
20	4.23 a A B	1.56 b B	-2,66	4.29 a A	1.26 f B B	-3,03	6.67 b A	1.90 d B	-4,78	7.16 a A	3.33 bd B	-3,83
21	2.56 de A	1.37 bc B	-1,19	3.75 b A B	1.67 e B	-2,08	7.77 a A	1.90 d B	-5,87	6.50 ab A	3.00 d B	-3,50
22	1.30 ı A	1.45 bc A	0,15	2.12 ef A	1.26 f B B	-0,86	4.41 ef A	1.65 e B	-2,76	4.33 df A	3.33 bd B	-1,00
23	2.10 g A B	1.42 bc B	-0,68	3.00 c A	1.24 f B B	-1,76	3.91 fi A	1.51 ef B	-2,40	4.33 ef A	3.16 cd B	-1,17
24	1.860 h A	1.46 bc B	-0,40	2.00 f A	1.26 f B B	-0,75	3.35 ij A	1.11 h B	-2,24	4.00 ef A	3.66 ac A	-0,33

Aynı sütunda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.

Aynı organdaki uygulamalar arasında aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir

*Kont.: Kontrol, Uyg.: Uygulama

Genotipler gövde ağırlıkları bakımından üşüme stresine karşı farklı tepkiler göstermişlerdir. 8. Genotipin gövde ağırlığı kontrole göre artış gösterirken 15. Genotipte kontrole stres uygulamasına maruz kalmış bitkilerin gövde ağırlıkları benzer çıkmıştır. Diğer genotiplerde azalma olmuştur. Kontrol bitkilerinin gövde ağırlıklarına göre üşüme stresi uygulanmış bitkilerin gövde ağırlıkları karşılaştırıldıklarında en az 8 nolu genotipte artış olduğu görülmüş 15, 3, 14 ve 4 nolu genotiplerdeki azalma düşük düzeyde olurken, en fazla azalma sırasıyla 20, 21, 5 ve 23 nolu genotiplerde meydana gelmiştir (Tablo 2).

Üşüme stresi uygulanmış genotipleri yaprak ağırlıkları bakımından incelediğimizde tüm genotiplerin yaprak ağırlıkları kontrole göre azaldığı görülmüştür. Ancak genotipler arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. 24, 9 ve 10 nolu genotipler en düşük yaprak ağırlığına sahip olurken, üşüme stresinde en yüksek yaprak ağırlığı 15, 8 ve 3 nolu genotiplerde olmuştur. Yine kontrole göre yaprak ağırlık kaybı en az 15, 4, 8 ve 14 nolu genotiplerde olurken, en fazla kayıp sırasıyla 21, 20, 11 ve 5 nolu genotiplerde olduğu görülmüştür (Tablo 2).

Yaprak sayısı bakımından da bitkilere üşüme stresi uygulanması sonucunda 10 ve 22 nolu genotiplerde değişim olmazken, diğerlerinin tümünde kontrole göre azalma olmuştur. 11, 16 ve 24 nolu genotiplerin yaprak sayıları en yüksek değerde bulunurken, üşüme stresi sonucunda en düşük yaprak sayısı 6, 9, 11 ve 24 nolu genotiplerde görülmüştür. Yaprak sayıları bakımından en az azalış 24, 4, 22 ve 14 nolu genotiplerde olurken, en fazla azalış 20, 21, 11 ve 3 nolu genotiplerde olmuştur (Tablo 2).

3. Tartışma ve Sonuç

Bitkiler, maruz kaldıkları soğuk streslerini tolere edebilmek için stratejiler geliştirirler. Ancak, aşırı düşük sıcaklıklara maruz kaldıklarında bitkilerin geliştirdikleri bu stratejiler yeterli olmayıp, bitkilerde zarar meydana gelir. Bizim yaptığımız çalışmada da fasulye genotiplerine ait bitkilere üşüme stresi uygulandığında bitkilerin kök, gövde, yaprak ağırlıkları ile yaprak sayıları arasında genotipler arasında farklılıkların olduğu ve kontrole göre üşüme stresinde 22, 4 ve 14 nolu genotipler diğerlerine göre bitki gelişim yönünden üşümeye karşı daha iyi direnç göstererek daha iyi gelişmişlerdir. Buna karşın 20, 21 ve 5 nolu genotipler daha düşük gelişim performansı göstererek üşümeye karşı daha hassas oldukları görülmüştür. Bu çalışmada özellikle üşümeye toleransın kalıtsal ve genetik geçişli olabileceği gösterilmiştir. Benzer çalışmalarda, düşük sıcaklıktan etkilenme oranını, başka bir deyişle soğuk etkinliğini araştırmada farklı sıcaklık rejimleri kullanılarak [7] vegetatif dönemde 10/15 oC gece/gündüz sıcaklığını kullanarak soğuk tolerans indeksini kuru madde üretimi ile belirlemiştir. [13] farklı sıcaklık rejimlerinde yaptıkları çalışmalarda domates genotiplerinin düşük sıcaklık toleransında varyasyon olduğu bildirilmektedir. [11] bezelyede yaptıkları çalışmada tüm bezelye hat ve çeşitleri kışlık çeşitler olmasına karşın soğuk uygulamasıyla gelişmelerinde azalmaların olduğu görülmüş, ancak düşük sıcaklık altında hatlar genel anlamda aynı performansı göstermişler.

Genetik varyasyon içinde bitkiler üşümeye karşı tohum bağlama, sürgün verme ve gelişim faaliyetlerinde olduğu gibi plazma membran fonksiyonunda ve fotosentez gibi fizyolojik olaylar bakımından da farklı tepkiler gösterirler. Mock ve Eberhart, [16] mısır germplazmindan, Patterson ve Payne, [17] domates germplazmindan üşümeye karşı toleran tipler bulmuşlardır. Buradan hareketle, duyarlı tür düzeyinde bile olsa üşüme gibi stres etmenlerine karşı genetik kaynaklar içerisinde toleranlı tiplerin bulunup tesbit edilmesi olasıdır.

Kaynaklar

- [1] Aro, E.M., Virgin, I. And Anderson, B., 1993. photoinhibition of Photosystem II. In activation Protein Damage and Turnover. Biochem. Biophys. Acta. 1143:113-134.
- [2] Aroca, R., Tognoni, F., Irigoyen, J.J., Sánchez-Díaz, M. ve Pardossi, A. (2001). Different root low temperature response of two maize genotypes differing in chilling sensitivity. Plant Physiol. Biochem. 39, 1067-1073.
- [3] Baker, N.R., East, T.N. and Long, S.P., 1983. Chilling Damage to photosynthesis in young Zea mays Leaves. J. Exp. Bot. 139: 1989-1997.

- [4] Berry, J. and Brajkman, O., 1980. Photosynthetic Response and Adaptation to temperature in Higher plant. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31:491-543.
- [5] Bray, E.A., Bailey-Serres, J. ve Weretilnyk, E. (2000). Responses to abiotic stresses. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, Eds: W. Gruissem, B. Buchanan ve R. Jones, ss. 158-1249, American Society of Plant Biologists, Rockville, MD.
- [6] Fennell, A. ve Markhart, A.H. (1998). Rapid acclimation of root hydraulic conductivity to low temperature. *J. Exp. Bot.* 49,879-884.
- [7] Floodad, M.R., Lin, G.Y., 2001 Genetic analysis of cold tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* mill, *Euphytica*, 122:105-111.
- [8] Lidon, F.C., Ribeiro, G., Santana, H., Marques, H., Correia, K. and Gouveia, S., 2001. Photoinhibition in chilling stressed leguminosae: Comparison of *Vicia faba* and *Pisum sativum*. *Photosynthetica* 39(1): 17-22.
- [9] Rab, A. ve Saltveit, M.E. (1996). Differential chilling sensitivity in cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings. *Physiol. Plantarum* 96, 375-382.
- [10] Saltveit, M.E. ve Morris, L.L. (1990). Overview of chilling injury in horticultural crops. *Chilling Injury of Horticultural Crops*, Eds: C.Y. Wang, ss. 3-15, CRC Press, Boca Raton, FL.
- [11] Toğay Y., Yaşar F., Toğay N., Yıldırım B. , Üzal Ö., "Determination of Physiological and Biochemical Reactions Of Different Pea Varieties and Lines Under Chilling Stress", *Oxidation Communications*, vol.39, no.4-I, pp.3098-3107, 2016
- [12] Vernieri, P., Lenzi, A., Figaro, M., Tognoni, F. ve Pardossi, A. (2001). How the roots contribute to the ability of *Phaseolus vulgaris* L. to cope with chilling-induced water stress. *J. Exp. Bot.* 52, 2199-2206.
- [13] Wang, C.Y., 1990. *Chilling Injury in Horticulture Crops*. CRC press, Boca Raton, F, USA.
- [14] Melis, A., 1999. photosystem II Damage and Repare Cycle in Chloroplast: Wat modulates The Rate of Photodamage in vivo? *Trends Plant Sci.* 4:130-135.
- [15] Yu, Q.J., Zhou, Y.H., Huang, L.F. and Allen, D.J., 2002. Chilling –Induced Inhibition of photosynthesis: Genotypic Variation Within *Cucumis Sativus*. *Plant Cell Physiol* 43 (10):1182-1188.
- [16] Mock, J.J. and Eberhart, S.A., 1972. Cold Tolerance in Adapted maize Populations. *Crop Science* 12, 466-71.
- [17] Patterson, B.D and Payne, L.A. 1983. Screening for Chilling Resistance in Tomato Seedlings. *Hort Science* 18, 340-7