

TÜRKİYE'DE TESCİLLİ FASULYE ÇEŞİTLERİNİN ÇİMLENME SICAKLIK İSTEKLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Faik KANTAR¹

İsmail GÜVENÇ²

ÖZET : *Bu araştırmada, beş tescilli fasulye çeşidinin (Şeker, Şehirli-90, Yunus-90, Karacaşehir-90 ve Şahin-90) çimlenmesi 8 farklı sıcaklıkta (10, 15, 20, 25, 30, 35, 37 ve 40 °C) incelenmiştir. Çimlenme testi sabit sıcaklıklarda ve karanlık koşullarda yapılmıştır. Denemede, % 50 çimlenme için minimum (S_{min}), optimum (S_{op}) ve maksimum (S_{max}) sıcaklık ihtiyaçları doğrusal regresyon analizi yoluyla hesaplanmış ve toplam sıcaklık istekleri (termal zaman istekleri) belirlenmiştir. Araştırma sonunda, çimlenme hızının 27-29 °C'de en yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kullanılan çeşitlerin % 50 çimlenme için kardinal sıcaklık isteklerinin minimum (S_{min}) 9.8-12.8 °C; optimal (S_{op}) 27.6-29.5 °C ve maksimum 42.7-47.3 °C arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bunların yanında % 50 çimlenme için toplam sıcaklık isteklerinin 10.7-24.3 °C gün olduğu da belirlenmiştir.*

ESTIMATION OF CARDINAL TEMPERATURE AND THERMAL TIME REQUIREMENTS FOR NATIONALLY REGISTERED CULTIVARS OF PHASEOLUS BEANS

SUMMARY : *Germination characteristics of nationally registered Turkish bean cultivars (Şeker, Şehirli-90, Yunus-90, Karacaşehir-90 and Şahin-90) was investigated at constant temperatures ranging from 10 oC to 40 °C with 5 °C increments and cardinal temperature and thermal time requirements were estimated using linear regression analysis of the reciprocal of the rate of 50 % germination.*

The rate of germination was progressively delayed as temperature diverged from optimum temperature ($T_o = 27-29 °C$). Germination fell remarkably at temperatures below 15 °C and above 30 °C with no germination took place at 40 °C. Minimum germination temperature (T_{min}) estimated ranged between 9.8 °C and 12.8 °C while maximum temperature requirements (T_{max}) ranged between 42.7 °C and 47.3 °C. Thermal time requirements were between 10.7 and 24.3 °C days depending on cultivars.

¹ Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 25240 - Erzurum.

² Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 25240 - Erzurum.

GİRİŞ

Güneş ışığından maksimum bir seviyede yararlanma ve yabancı otlarla rekabet için ekilen tohumun kısa sürede çimlenerek, tarlada istenilen sayıda fide oluşturması istenir. Bu ise, çevre şartlarının yanında o türe ait genotipik bir karakter olan kardinal ve toplam çimlenme sıcaklığı isteğine bağlıdır (Covell et al., 1986; Ellis ve ark., 1987). Toprak sıcaklığı, topraktaki nem miktarı sınırlayıcı olmamak kaydıyla biokimyasal ve biofiziksel olayları etkileyerek (Wassink, 1972) tohumun çimlenmesine tesir eden en önemli faktördür. Toprak sıcaklığı ekilen genotipin gereksinim duyduğu seviyenin altında ise tohum çimlenmeyecek ve olumsuz faktörelere daha uzun süre maruz kalacaktır. Bitki türünün kardinal sıcaklık isteği, o türün bir bölgeye adaptasyonunda etkili faktörler arasındadır (Bierhuizen ve Wagenvoort, 1974; Garcia-Huidobro ve ark., 1982 a; Covell ve ark., 1986; Ellis ve ark., 1987). Bu özellik bakımından, dane baklagillerin istekleri türler arasında farklılık gösterdiği gibi, tür içinde de çeşitlere göre değişmektedir (Covell ve ark., 1986). Bu nedenle, tescil edilen yada geliştirilmekte olan çeşitlerin değişik şartlarda tepkilerinin tahmin edilebilmesi için genotipik sıcaklık isteklerinin bilinmesi gereklidir.

Bu araştırma, Türkiye'de ki tescilli fasulye çeşitlerinin kardinal ve toplam çimlenme sıcaklığı isteklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, 1994 yılında, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Denemede, kullanılan tohumluk materyali 1993 yılı ürünü olup, Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir.

Bu araştırmada, beş tescilli (Anon., 1992) fasulye çeşidinin (Şeker, Şehirli-90, Yunus-90, Karacaşehir-90 ve Şahin-90) çimlenmesi 8 farklı sıcaklıkta (10, 15, 20, 25, 30, 35, 37 ve 40 °C) incelenmiştir. En yüksek sıcaklıkta (40 °C) çimlenme çok düşük olduğundan üst sınırı tespit edebilmek için 37 °C uygulaması ilave edilmiştir. Çimlenme testi, çimlenme dolabında, sabit sıcaklıklarda ve karanlık koşullarda yapılmıştır.

Çimlendirme testi için, her çeşitten şansa bağlı olarak 20 tohum 4 tekerrürlü olarak alınarak (Dumur ve ark., 1990), 9 cm çapında, kapaklı ve içine filtre kağıdı konulmuş petri kaplarına yerleştirilmiştir. Petri kapları, her sıcaklıkta çimlenme dolabına şansa bağlı olarak dağıtılmıştır. Test sırasında, tohumlar, başlangıçta 20 ml distile su ile daha sonra gerektiğince nemlendirilmiştir. (Dumur ve ark., 1990; Garcia Huidobra ve ark., 1982 a ve b) Mantar gelişmesini önlemek için Benlate ilk suyla birlikte verilmiştir (Dumur ve ark., 1990; Covell ve ark., 1986). Çimlenme dolaplarındaki sıcaklık çimlenmeden önce ve çimlenme

sırasında civalı termometrelerle izlenmiş ve günlük dalgalanmaların her sıcaklıkta ± 0.5 °C olduğu tespit edilmiştir.

Deneme süresince, çimlenme seyri kısa aralıklarla gözlenmiş ve petri kapları hızlı çimlenmelerde 6 veya 8, yavaş çimlenmelerde ise 24 saatte bir kontrol edilerek, kökcük boyu 10 mm (Garcia-Huidobro ve ark., 1982 a; Mohammed ve ark., 1988 a ve b) olan tohumlar kaydedilerek uzaklaştırılmıştır.

Araştırmadan elde edilen verilerden yararlanarak, her sıcaklık derecesi için, tohumların % 10, % 50 ve % 90'ının çimlendiği zaman saat olarak normal dağılışa göre (Dumur ve ark., 1990) hesap edilmiştir. Daha sonra % 50 çimlenme zamanının tersi alınarak çimlenme hızı bulunmuştur (Garcia-Huidobra ve ark., 1982 a). Buna göre, çimlenme hızı standart çimlenme testlerinde (ISTA, 1985) kullanılan çimlenme hızı ve çimlenme gücü terimlerinden farklı manadadır. Çimlenme hızı, medyan zaman değerlerinin regresyon analizi için doğrusal transformasyonu ($1/\text{zaman}$) içermektedir (Garcia-Huidobro ve ark., 1982 a; Mohammed ve ark., 1988 a). Denemede, elde edilen çimlenme hızı değerlerinden, her çeşit için ayrı ayrı, optimumun altında ve üstündeki sıcaklıklar için regresyon analizi yapılmıştır (Garcia-Huidobro ve ark., 1982 a). Başlangıçta optimum sıcaklık derecesi çimlenme hızının en yüksek olduğu sıcaklık derecelerine bakılarak tahmin edilmiştir (Dumur ve ark., 1990). Daha sonra, % 50 çimlenme için minimum (S_{\min}), optimum (S_{Op}) ve maksimum (S_{\max}) sıcaklık gereksinimleri MSTATC istatistik programını kullanılarak doğrusal regresyon analizi yoluyla hesaplanmıştır (Garcia-Huidobra ve ark., 1982 a ve b; Covell ve ark., 1986; Dumur ve ark., 1990). Bu işlemde, $Y = a + bx$ eşitliğindeki doğrusal regresyon parametrelerinden, $-a/b$ ile S_{\min} ve S_{\max} , $a^2 - a^2/b^2$ ile de S_{Op} tespit edilmiştir. Toplam sıcaklık istekleri (termal zaman istekleri) $1/\text{zaman} = [\text{Sıcaklık (}^\circ\text{C)} - S_{\min}(\text{}^\circ\text{C})] / \phi$ (Garcia-Huidobra ve ark., 1982 a) formülünden yararlanarak hesap edilmiştir. ϕ , regresyon analizinde regresyon ilişkisinin eğimine ($1/b$) eşdeğer olmaktadır (Dumur ve ark., 1990). Çimlenme yüzdesinin 10 °C ve 40 °C'de % 30'un altında olması nedeniyle regresyon analizi yapılmamıştır (Dumur ve ark., 1990).

Kullanılan çeşitlerin tarla çıkışları Ziraat Fakültesine ait 4 numaralı deneme istasyonunda belirlenmiştir. Bu amaçla, tınlı-kumlu karakterdeki topraklara 25.5.1994 tarihinde 5-6 cm derinliğe sıra usulü ekim yapılmıştır. Her sıraya 100 adet tohum ekilmiştir. Ekim işlemi tesadüf blokları deneme deseninde 4 tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Bundan sonra çıkışlar takip edilerek 3-4 gün ara ile fideler sayılmıştır. Sayımda, ilk gerçek yaprağı meydana gelmiş fidelerin çıkışı tamamladığı kabul edilmiştir (van Schoove ve Corralles, 1987).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Fasulye çeşitleri 40 °C'de çimlenme göstermemişlerdir. Çimlenme Karacaşehir-90 hariç, 15 ile 37 °C arasında % 80'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Karacaşehir-90'da ise çimlenme oldukça değişken olmuş 20, 30 ve 35 °C'de düşük bulunmuştur. 10 °C'de kullanılan çeşitlerde çimlenmenin % 60' dan daha az olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu sıcaklıkta, Karacaşehir-90 ve Yunus-90 çeşitlerinin diğer çeşitlere göre daha fazla çimlendiği tespit edilmiştir. Kullanılan çeşitlerin tamamında en yüksek çimlenme yüzdesi 25 °C'de meydana gelmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. Fasulye Çeşitlerinde Değişik Sabit Sıcaklıklarda Çimlenme Yüzdeleri (LSD P=0.05, SD=135)
Figure 1. The Percentage Germination of The Bean Cultivars Tested. Bar Represents LSD at 5 % Probability

Yapılan regresyon analiz sonuçlarına göre çeşitlerde çimlenme hızının 25-30 °C'de en yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Bu sıcaklıklardan uzaklaştıkça çimlenme hızı azalmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre optimum çimlenme sıcaklığının (Sop) 27.6-29.5 °C arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 1). Buna göre, Karacaşehir-90 çeşidinde optimal çimlenme sıcaklığı en yüksek, Şeker çeşidinde ise en düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 1; Şekil 2).

Denemede kullanılan çeşitlerin minimum çimlenme sıcaklıkları (S_{min}) 9.8 °C ile 12.8 °C arasında değişmiştir (Tablo 1). Karacaşehir-90 9.8 °C ile en düşük S_{min} değerine sahip olmuştur. Optimum sıcaklığın altındaki değerlerin regresyon analizinde R^2 değerlerinin önemli ($P<0.001$) olduğu saptanmıştır (Tablo 2).

Şekil 2. Fasulye Çeşitlerinde 10 °C ile 40 °C Arasında Değişen Sabit Sıcaklıklarda % 50 Çimlenmeye Ait Çimlenme Hızı (1/Saat x 10⁻³)

Figure 2. The Rate of 50 % Germination (1/time x 10⁻³) At Constant Temperatures Ranging Between 10 °C and 40 °C

Tablo 1. Fasulye Çeşitlerinde Tohumların % 50'sinin Çimlendiği Zamana Ait Çimlenme Hızının (1/saat x 10⁻³) Regresyon Analiziyle Hesaplanan Minimum (S_{min}), Optimal (S_{op}), Maksimum (S_{max}) ve Toplam Sıcaklık (°C gün) İstekleri

Table 1. Cardinal Temperature Requirements For 50 % Germination, Namely Base (T_b), Optimum (T_o) and Maximum (T_m), and Thermal Time Requirements (°C days) of Nationally Registered Bean Cultivars Estimated by Linear Regression Analysis of The Rate of The 50 % Germination (1/time x 10⁻³)

Çeşit	S _{min} (°C)	S _{op} (°C)	S _{max} (°C)	Toplam φ ₁	Toplam φ ₂
Şeker	11.5	27.6	47.3	19.3	24.3
Şehirali-90	12.0	29.0	44.1	17.4	15.4
Yunus-90	12.8	28.5	42.7	15.6	14.2
Karacaşehir-90	9.8	29.5	42.7	16.0	10.7
Şahin-90	11.7	29.1	47.1	21.6	22.3

* : φ₁ ve φ₂ sırasıyla düşük ve yüksek sıcaklık dereceleri için hesaplanmış toplam sıcaklık isteği değerleri olup, regresyon eğrisinin eğimine eşdeğerdir.

Kullanılan çeşitlere ait maksimum çimlenme sıcaklığı (S_{max}) 47.3 °C ile en yüksek Şeker, en düşük ise 42.7 °C ile Yunus-90 ve Karacaşehir-90 çeşitlerinden elde edilmiştir (Tablo 1). Şahin-90 çeşidinin S_{max} değeri (47.1 °C) Şeker çeşidine yakın bulunmuştur. Bu değer Şehirali-90'da ise 44.1°C olmuştur. S_{max} regresyon analizinde R^2 değerlerinin 72 ile 87 arasında değiştiği ve bunun istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Yüksek sıcaklık derecelerinde regresyon katsayısı (R^2) düşük sıcaklık derecelerine göre daha düşük bulunmuştur. Bu durum, yüksek sıcaklık derecelerinde çimlenme hızının (1/zaman) linear olmadığını göstermektedir.

Kullanılan çeşitlerin toplam sıcaklık istekleri (°C gün) Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, toplam sıcaklık isteğinin 10.7 ile 24.3 °C gün arasında değiştiği görülecektir. Gerek optimumun altındaki gerekse üzerindeki kümülatif toplam sıcaklık istekleri regresyon eğrisinin eğimine (b) bağlı olarak (Tablo 1 ve 2) çeşitlere göre değişmiştir.

Çeşitlerin tarlada sürme zaman ve oranları birbirine yakın bulunmuştur (Şekil 3). Ancak, Karacaşehir-90 çeşidinde diğerlerine göre daha erken çıkış gözlenmiştir.

Tablo 2. Fasulye Çeşitlerinde % 50 Çimlenme hızı (1/saat $\times 10^{-3}$) İçin Hesaplanan Minimum (S_{min}), Optimal (S_{op}), Maksimum (S_{max}) Sıcaklık İsteklerinin Hesaplanmasında Regresyon Analizine Ait Varyasyon Katsayısı (R^2), Eğim ($b \times 10^{-3}$), Varyasyon Oranı (F) ve Önemlilik Derecesi (P)
Table 2. Coefficient of Determination (R^2), F Ratio, Slope of The Regression (b) and Probability Values for The Regression Analysis of The Rate of 50 % Germination of Nationally Registered Bean Cultivars

Optimum altı					Optimum üzeri			
Çeşit	R^2	b (1×10^{-3}) ±hata	F oranı	P<	R^2	b (1×10^{-3}) ±hata	F oranı	P
Şeker	97.4	2.090±0.154	182.9	0.001	-72.0	-1.714±0.523	10.7	0.01
Şehirali-90	98.5	2.389±0.132	327.93	0.001	-87.0	-2.705±0.485	31.07	0.001
Yunus-90	98.9	2.666±0.126	445.4	0.001	-77.1	-2.933±0.767	14.6	0.001
Karacaşehir-90	93.6	2.597±0.309	70.6	0.001	-84.7	-3.889±0.863	-	0.01
Şahin-90	96.2	1.930±0.172	125.4	0.001	-73.4	-1.866±0.546	11.7	0.01

Bu fasulye çeşitleri için minimum sıcaklık isteği (9.8-12.8 °C), börülce (8.5 °C),

soya fasulyesi (4.0 °C), bakla (0.4 °C) ve bezelye (1.6-2.2 °C) gibi diğer bazı türlerden yüksektir (Covell ve ark., 1986; Dumur ve ark., 1990; Bierhuizen ve Wagenvoort 1974). Aynı şekilde, bu değerler fasulye için bildirilen 7.7 °C (Bierhuizen ve Wagenvoort, 1974) değerinden de daha yüksektir. Buna karşı, *Vigna radiata* için belirlenen (Fyfield ve Gregory, 1989) S_{min} değerine (10.1 °C) benzemektedir. Buna göre, bu çeşitlerin S_{min} isteklerinin oldukça yüksek olduğu söylenebilir. S_{min} değerinin türlere, tür içinde çeşitlere göre değiştiği bilinmektedir (Ellis ve ark., 1986; Covell ve ark., 1986). S_{min} isteği tür veya çeşidin adaptasyonunu; erken ve geç ekime uygunluğunu tayin etmektedir (Bierhviz ve Wagenvoort, 1974). Toprak sıcaklığı S_{min} değerine gelmeden çimlenme olmayacağından, bu gibi durumlarda tohum çürümelerine rastlanabilmektedir. Dolayısıyla, bu çeşitlerin tohum ekimi toprak sıcaklığı 10 °C üzerine çıktığında yapılmalıdır. Aksi halde, çimlenme ve çıkıştaki problemlerin yanında zayıf bitki gelişimi de gözlenebilir (Deakin, 1974). Nitekim, *P. vulgaris* çeşitlerinin 15 °C altında, *P. coccineous* çeşitlerine göre çimlenme oranının azaldığı (Kooistra, 1971; Harrigon, 1963), 10 °C'nin altında ise çimlenmenin yok denecek kadar az olduğu bildirilmiştir (Kooistra, 1971). Ancak, diğer bazı türlerde çeşide göre S_{min} değerinin oldukça değiştiği (Ellis ve ark., 1987; Mohammed ve ark., 1988 a ve b) dikkate alınarak, fasulyede de S_{min} özelliği bakımından çeşitlerin incelenmesi faydalı olacaktır.

Fasulye çeşitlerinin optimal sıcaklık isteği soya fasulyesi (34-34.5 °C) ve bakla (25.4 °C) gibi diğer bazı cinslere ait türler için hesaplanan değerlerle kıyaslanabilir (Covell ve ark., 1986; Dumur ve ark., 1990). Ancak, bu değer mungo fasulyesininkine (*Vigna radiata*)

Şekil 3. Fasulye Çeşitlerinin Tarlada Çıkış Oranları(%). Çubuklar % 5 ihtimal seviyesinde LSD'yi göstermektedir
Figure 3. Emergence (%) In The Field of The Bean Cultivars Tested. Bars Represent LSD at 5 % Probability

(40°C) göre düşüktür (Mohammed ve ark., 1988 a; Fyfield ve Gregory, 1989). Fasulye çeşitlerinin çimlenmesi için tespit edilen optimum sıcaklık istekleri (27.6-29.5 °C) diğer fasulye çeşitlerinde çiçek teşekkülü için optimum sıcaklık isteğiyle (25-27 °C) paralellik göstermektedir (Masaya ve White, 1991). Bununla birlikte çiçeklenmeye sıcaklığın yanında fotoperyot da etki etmektedir (Masaya ve White, 1991). Ayrıca, bu çeşitlerin S_{max} isteklerinin Soya Fasulyesi (46.8-55.2 °C), bakla (37.0 °C) ve mungo fasulyesi (53.0 °C) gibi bazı diğer türlere ait değerlerle kıyaslanabilir (Covell ve ark., 1986; Dumur ve ark., 1990; Mohammed ve ark., 1988 a; Fyfield ve Gregory, 1989; Wagenvoort ve Bierhuizen, 1977). Ülkemizde fasulye yetiştiriciliğinde ekim zamanında toprak sıcaklığı genellikle S_{max} civarında olmamaktadır. Ancak özellikle ikinci ürün olarak ekildiğinde 27-30 °C'den sonra çimlenme hızı hızla azalmaktadır (Şekil 2) ki bu durum geciken çimlenme esnasında yüksek sıcaklıklarda daha aktif olan patojenlerin zararlarını artırabilir.

Tür veya çeşidin çimlenmesinde S_{min} yanında toplam sıcaklık isteği de önemli bir faktördür. Düşük toplam sıcaklık değerlerinde hızlı, yüksek değerlerde ise yavaş çimlenme meydana gelmektedir (Wagenvoort ve Bierhuizen, 1977). Düşük toplam sıcaklık isteğine sahip çeşitler toprak sıcaklığının S_{min} isteğinin üzerinde olduğu durumlarda hızlı bir şekilde çimlenme göstermektedirler. Kullanılan fasulye çeşitlerinde toplam sıcaklık isteği (gün x ortalama sıcaklık derecesi) bir başka fasulye çeşidi için bildirilen 130 °Cgün değerinden (Bierhuizen ve Wagenvoort, 1974) düşük olmakla birlikte börülceninkine (20-30 °Cgün) yakındır (Covell ve ark., 1986). Denemede, toplam sıcaklık istekleri bakımından kullanılan çeşitler arasında büyük bir farklılık bulunmamıştır. Bu bakımdan çeşitlerin benzer olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1992. Ülkesel yemeklik dane baklagil araştırma raporları. Orta Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- Bierhuizen, F., W.A. Wagenvoort, 1974. Some aspects of seed germination in vegetables. I. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. Sci.Hort., 2, 213-219.

- Covell, S., R.H. Ellis, E.H. Roberts, R.J. Summerfield, 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *J. Exp. Bot.*, 37 (178), 705-715.
- Deakin, J.R., 1974. Association of seed colour with emergence and seed yield of snap beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99 (2), 110-114.
- Dumur, D., C. Pilbeam, J. J. Craigon, 1990. Use of the weibull function to calculate cardinal temperatures in faba bean. *J. Exp. Bot.*, 41 (232), 1423-1430.
- Ellis, R.H., S. Covell, E.H. Roberts, R.J. Summerfield, 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intra-specific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperature. *J. Exp. Bot.*, 38, 1033-1043.
- Ellis, R.H., G. Simon, S. Covell, 1987. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. III. A comparison of five faba bean genotypes at constant temperatures using a new screening method. *J. Exp. Bot.*, 38, 1033-1043.
- Fyfield, T.P., P.J. Gregory, 1989. Effects of temperature and water potential on germination, radicle elongation and emergence of mung bean. *J. Exp. Bot.*, 40 (215), 667-674.
- Garcia-Huidobro, J., J.L. Monteith, G.R. Squire, 1982a. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. and H.). I. constant temperature. *J. Exp. Bot.*, 33, 288-296.
- Garcia-Huidobro, J., J.L. Monteith, G.R. Squire, 1982b. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. and H.). II. alternating temperatures. *J. Exp. Bot.*, 66, 297-302.
- Harrington, J.F., 1963. The effect of temperature on the germination of several kinds of vegetable seeds. *Proc. 16th Int. Hort. Congress. 1962*, 2: 435-441.
- ISTA, 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. and Tenc.*, 13 (1), 447.
- Kooistra, E., 1971. Germinability of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at low temperatures. *Euphytica* 20, 208-213.
- Masaya, P., J.W. White, 1991. Adaptation to photoperiod and temperature. *Common Beans: Research For Crop Improvement* (van Scoonhoven A. ve Voyset, O. edit.), CAB, Oxon, 445-492.
- Mohammed, H.A., J.A. Clark, C.K. Ong, 1988a. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. I. Germination characteristics of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). *J. Exp. Bot.*, 39 (205), 1121-1128.
- Mohammed, H.A., J.A. Clark, C.K. Ong, 1988b. Genotypic differences in the temperature responses of tropical crops. II. Seedling emergence and leaf growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. & H.). *J. Exp. Bot.*, 39 (205), 1129-1135.
- Wagenvoort, W.A., J.F. Bierhuizen, 1977. Some aspects of seed germination in vegetables. II. The effect of temperature fluctuation, depth of sowing, seed size and cultivar on heat sum and minimum

temperature for germination. *Sci. Hort.*, 6, 259-270.

Wassink, E.C., 1972. Some notes on temperature relations in plant physiological processes. *Landbouw Hogeschool, Wageningen*, 72-25, 1-15.

Van Schoonhoven, A., M.A. Pastor-Corrales, 1987. Standard system for the evaluation of bean germplasm. CIAT, Cali, Colombia.