

PORSUK, KOCASU VE EMET ÇAYLARI'NA (KÜTAHYA) AİT SULARIN LAHANA (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) BİTKİSİNİN BAZI ÇİMLENME PARAMETRELERİ VE FİDE GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Betül AKIN¹, Sema LEBLEBİCİ², Nüket Akanlı BİNGÖL¹

¹Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Evliya Çelebi Yerleşkesi, 43270, Kütahya, hortaca@yahoo.com
²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Gülümbe Kampüsü, Bilecik.

Geliş Tarihi:01.04.2013 Kabul Tarihi:01.08.2013

ÖZET

Bu çalışmada, farklı bor konsantrasyonlarına sahip olan Porsuk, Kocasu ve Emet Çayları (Kütahya) ile sulanan lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) bitkisinin çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi (%), kök-gövde uzunluğu (cm) kök-gövde yaş ağırlığı (g) ve kök-gövde kuru ağırlığı ile çayların içerdiği bor konsantrasyonu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanları içinde en yüksek bor konsantrasyonuna sahip akarsu Emet Çayı olarak tespit edilmiştir (32,02 mg/L). Borun lahana bitkisinin kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı üzerinde negatif etkisi olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, lahana bitkisinin gövde gelişimi üzerine bor konsantrasyonu pozitif bir etki göstermiştir. Ayrıca Emet çayındaki bor miktarının bitki yetiştirmede sakıncalı boyutta olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Brassica oleracea* var. *capitata*, bor, çimlenme parametreleri, fide gelişimi

EFFECTS OF PORSUK, KOCASU AND EMET STREAM WATERS (KÜTAHYA) ON SOME GERMINATION AND SEEDLING GROWTH PARAMETERS OF CABBAGE (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) PLANT

ABSTRACT

Effects of Porsuk, Kocasu and Emet stream's irrigation water (Kütahya), which have different boron concentrations, on germination rate, % germination, root-stem length (cm), root-stem fresh weight (g) and root-stem dry weight of cabbage plants (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) were investigated in this study. According to the results, it was found that Emet stream had the highest boron concentration (32,02 mg/L). There were negative relation between boron concentration and root length, root fresh weight and root dry weight of cabbage. On the other hand, boron concentration had a positive impact on stem growth of cabbage plant. In addition, it has been determined that boron content of Emet stream is in dangerous dimension for plant cultivation.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *capitata*, boron, germination parameters, seedling growth

1. GİRİŞ

Bitki gelişimi için ihtiyaç duyulan mikro elementlerden biri olan bor, doğada tek başına bulunmaz. Oksijenle bağ kurmaya yatkın olan borun, bor-oksijen bileşiklerine "borat" denilmektedir ve doğada yaklaşık olarak

230 farklı bor minerali bulunmaktadır [1, 2]. Topraktaki borun en yaygın kaynakları arasında, bor maden ocaklarının ve çeşitli sanayi kuruluşlarının atıkları gelmektedir [2]. Borun bitkiler tarafından kolaylıkla alınabilen formları, borik asit ve boraktır. Bunun yanısıra sulu bor suda çok daha hızlı çözünebildiğinden dolayı bitki yapraklarına direkt uygulanabilen formudur [3].

Bor, sağlıklı bitki büyüme ve gelişimi için gerekli olan bir mikroelementtir. Keren ve Bingham (1985) tarafından, sulama suyundaki güvenli bor miktarı duyarlı türler için, avokado (*Persea americana* Mill. cv. Fuerte), elma (*Malus domestica* Borkh.) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), 0,3 mg L⁻¹bor, yarı toleranslı bitkiler için, yulaf (*Avena sativa* L.), mısır (*Zea mays*L.), patates (*Solanum tuberosum*L.), 1-2 mg L⁻¹bor ve toleranslı bitkiler için, havuç (*Daucus carota*L.), yonca (*Medicago sativa*L.) ve şeker pancarı (*Beta vulgaris*L.), ise 2-4 mg L⁻¹ bor olarak belirlenmiştir [4]. Bitkisel üretimde bor içeren sulama suları ile sürekli yapılan sulama, toprağın adsorpsiyon kapasitesini artırarak ürün veriminde azalmaya neden olmaktadır. Toprakta normal büyüme ve gelişme için gerekli olan bor miktarının hemen üzerindeki değerler, birçok bitki türü için toksik olabilmektedir [5].

Bitkiler tarafından borun alım mekanizmaları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, borun pasif veya aktif olarak alınabildiği ortaya çıkmıştır. Borun toprakta yeterli veya fazla bulunduğu koşullar altında bitki tarafından bor alımı borik asitin pasif taşınımı ile olur [6-9]. Bu pasif alım da borun hücre membranından difüzyon ve akuaporin adı verilen taşıyıcı proteinler aracılığıyla geçtiği bildirilmiştir [10, 11]. Borun ortamda yeterli miktarda bulunmadığı koşullarda bitkiler tarafından aktif olarak alındığını gösteren bazı çalışmalar da vardır [6].

Transpirasyona bağlı olarak bor ksilem iletim boruları içerisinde bitkide tepe noktalarına değin taşınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle bor alımı yönünden bitkiler arasında önemli farklılıklar vardır. Bu durum aynı toprakta ve benzer koşullarda yetiştirilen bitkilerin bor alım kapasitelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Bitkilerin bor ihtiyacı molar konsantrasyon temel alındığında diğer mikroelementlerden en fazla olanıdır [12]. Bitkiler arasında bor isteği açısından oldukça büyük farklılıklar vardır. Genelde tek çenekli bitkilerin bor alım kapasiteleri çift çenekli bitkilere göre daha azdır. Bunun yanı sıra tahıl bitkilerinin bor gereksinimleri göreceli olarak azdır. Yonca gibi baklagil bitkileri ile pancar, lahana ve benzeri bitkilerin bor gereksinimleri ise göreceli olarak fazladır. Pamuk, tütün, marul, domates gibi bitkilerin bor gereksinimleri ise orta düzeydedir. Bitkinin değişik organları içerisinde bor en fazla yapraklarında, en az da kök, meyve ve tohumlarında bulunur. Bitkilerde immobil olması nedeniyle bor miktarı genç yapraklara göre yaşlı yapraklarda daha fazladır [9, 13, 14]. Kolza bitkisinde bor miktarı en fazla yaprak ayası, sonra tohum kapsülü ve en az tohumda olacak şekilde dağılım göstermektedir. Transpirasyona bağlı olarak yukarı doğru taşınan bor bitki yapraklarında birikir. Yapraklarda biriken bor miktarı ise yaprak ucu > yaprak ayası > yaprak sapı şeklinde sıralanmaktadır. Yaprakta bu şekilde biriken bor, yaprak uçlarında zaman zaman toksik belirtilerin ortaya çıkmasına neden olur [9].

Borun vejetatif büyümeye olan etkilerinden bir tanesi kök büyümesi üzerinedir. Bitki kökleri normal bir gelişim için sürekli olarak bor elementine ihtiyaç duyar. Bor eksikliğinde kök büyümesinin engellenmesi, hücre bölünme oranının düşmesi ve uzunluğuna büyümenin inhibe edilmesinden kaynaklanır. Kök uzunluğunun azalmasını takiben köklerde kahverengileşme, birçok kısa-kahverengi yan köklerin oluşumu ve köklerde anormal genişleme olduğu tespit edilmiştir [15-17]. Bor eksikliğine benzer şekilde bortoksikliğinin de köklerde deformasyona sebep olduğu bulunmuştur [5, 18]. Diğer taraftan bor eksikliğinde gövde büyümesinin de apikal bölgedeki meristematik aktivitenin azalmasından dolayı inhibe edildiği bildirilmiştir. Internodların kısa olması, petiol ve gövde çapında meydana gelen artış da bor eksikliğinde görülen diğer

semptomlardır [19, 20]. Bor eksikliğinde olduğu gibi bor toksikliğinde de gövde büyümesinin azaldığı bulunmuştur [21].

Vejetatif büyümede bor eksikliğinin gözle görülebilen semptomları öncelikle genç yapraklarda ortaya çıkar. Yapraklar küçük olup, klorotik lekeler içerir. Petioller kırılmalıdır, bazen çatlayabilir ve bunun sonucunda genç yapraklar düşerek ölür. Bazı bitkilerde bor eksikliğinde yaprak kıvrılması görülebilir [16]. Bor eksikliği semptomları genç yapraklarda görülürken, bor toksikliği semptomları ise yaşlı yapraklarda görülür. Çeşitli bitki türleri arasında, bor toksikliğinin görülebilir tipik semptomu, yaşlı yaprakların uç ve kenarlarında yanıklar, nekrotik-klorotik beneklerdir [13, 22, 23]. Ayrıca bor toksikliğinin bitki başına düşen yaprak sayısı, yaprak alanı ve kuru ağırlığını azalttığı fıstık bitkisinde gösterilmiştir. Bu morfolojik değişikliklerin yanı sıra yaprakta bazı anatomik değişiklikler de görülür [21]. İki buğday türüyle ilgili yapılan çalışmada, bor toksisitesi altındaki bitkilerde fide boyu ve % kuru madde miktarının azaldığı, kök uzamasının ise engellendiği ortaya konulmuştur [24].

Bor ayrıca bitkilerde reproduktif büyüme için de gereklidir. Borun reproduktif büyümedeki ilk etkisi anter gelişimi, polen çimlenmesi ve polen tüpü büyümesi üzerinedir [15, 25]. Bor, bu nedenle bitkilerde vejetatif gelişmeye göre generatif gelişme yönünden daha büyük önem taşımaktadır [9]. Bor eksikliğinin bir sonucu olarak meyvelerde de bazı semptomlar görülebilir. Meyveler klorotik lekeler içerir, çatlama görür ve meyveler olgunlaşmadan düşebilir. Etlı meyvelerde ise bor eksikliği şekil bozukluğuyla meyvenin kalitesini de etkileyebilir. Bor toksikliğinde de yine eksikliğinde olduğu gibi, buğdayda dane veriminin azaldığı bulunmuştur [26, 27].

Borun bitkilerdeki metabolik ve fizyolojik işlevlerine ilişkin bilgiler, bor noksanlığında bitkiye bor uygulanması durumundaki değişimlere bakılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bor bitkilerde, şekerlerin taşınmasında, hücre duvarı sentezinde, lignifikasyon olgusunda, hücre duvarı strüktürünün oluşumunda, karbonhidrat metabolizmasında, RNA metabolizmasında, solunumda, IAA metabolizmasında, fenol metabolizmasında ve biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli ve belirgin işlevlere sahiptir [9, 28].

Bu araştırmada, ilimizde mineral bor kaynaklarının en yoğun şekilde yer aldığı ve farklı bor konsantrasyonuna sahip olan Porsuk, Kocasu ve Emet çayları çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu bölgede en fazla tarımı yapılan sebze bitkilerinden olan lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) tohumları bu çaylara ait sularla sulanarak, bor elementinin çimlenme parametreleri ve fide gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Çalışma Alanlarının Tanımı

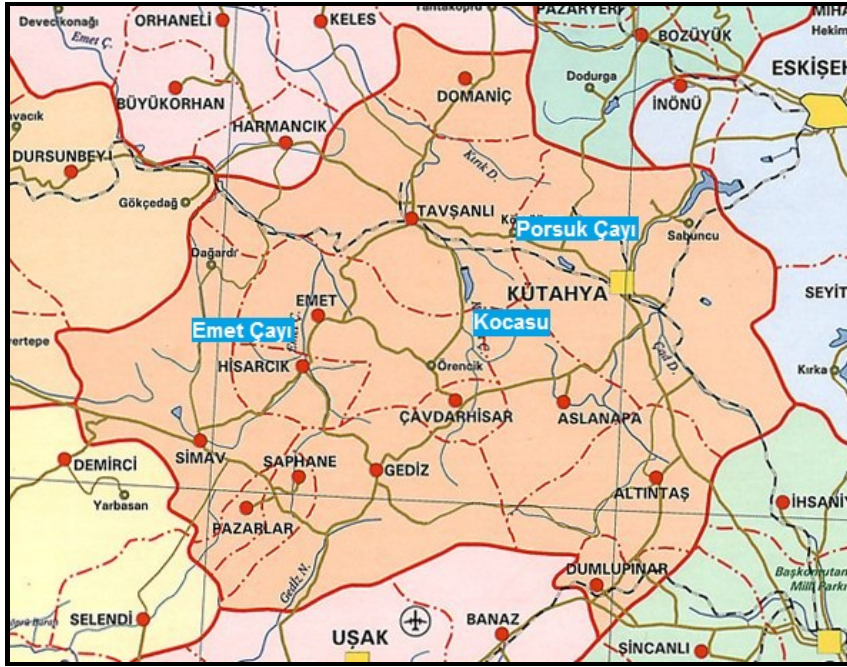
Kütahya il sınırları içerisinde bulunan ve çeşitli sanayi kuruluşlarının etrafında toplandığı akarsular araştırmanın çalışma alanlarını kapsamaktadır. Bu çalışma alanları üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örnekleri ile deneyler gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).

Birinci çalışma alanı olarak belirlenen Porsuk Çayı, Porsuk ovasının en önemli akarsuyudur. Havza dışından doğan ve Çat Tepe'nin güneyinde havzaya giren Porsuk çayı, havza dahilinde Güvez dere, Çaydere ve

Değirmen dereyi alarak Kütahya il sınırları içerisinde bulunan Porsuk Baraj gölü sahasına ulaşmaktadır. Porsuk Barajı'ndan çıktıktan sonra Karkın deresi, Uludere ve Musaözü deresini alarak havzayı terk etmektedir.

Diğer çalışma alanı olan Emet Çayı, Saruhanlar ve Aşıkpasha köyleri yakınındaki kaynaklardan oluşup Kocadere adını alan akarsu ile Doğan yakası Deresinin Kayaköy altında birleşmesiyle meydana gelmiştir. Emet Çayı, Hisarcık ve Emet ilçelerinden geçerek Uluçam Köyü yakınlarından il topraklarını terketmektedir. Çayın uzunluğu 90 km., ortalama debisi 130 m³/s'dir.

Son çalışma alanı ise, Tavşanlı ilçe sınırları içerisinde bulunan ve Köprüören Köyü içerisinde geçen Kocasu'dur. Akarsu Felent çayına karışmakta ve köyde bulunan tarlaların sulanmasında aktif olarak kullanılmaktadır [29].



Şekil 1. Su örneklerinin alındığı akarsuları gösteren harita

2.2. Çalışma Alanlarının Biyoiklim Özellikleri

Su örneklerini temin etmek üzere belirlenen istasyonların bulunduğu lokalitelerin iklimsel karakterleri, düzenli periyotlarla ölçüm yapılan Kütahya Meteoroloji İstasyonu'nun son 10 yıla ait verilerine göre incelenmiştir [30].

2. 2. 1. Sıcaklık Değerleri (°C)

Kütahya'da yıllık ortalama sıcaklık 10,9 °C'dir ve sıcaklığın en yüksek olduğu ay 22,1°C ile Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama yüksek sıcaklık Kütahya'da 25,5°C'dir ve ortalama yüksek sıcaklığın en yüksek olduğu ay Temmuz ayı olup, 36,1°C olarak tespit edilmiştir. Ortalama yüksek sıcaklığın en düşük olduğu ay ise 13,9°C ile Ocak ayıdır. Yıllık ortalama düşük sıcaklık il sınırları içerisinde -1,2°C olarak belirlenmiştir. Ortalama düşük sıcaklığın en yüksek olduğu ay 10,4°C ile Temmuz ayındadır. Ortalama düşük sıcaklığın en düşük olduğu ay ise Ocak ayı olup, -12,4°C'dir [31].

2. 2. 2. Yağış Miktarı (mm)

Kütahya 532,4 mm yıllık toplam yağış miktarına sahiptir. En fazla yağış miktarı 73,5 mm ile Aralık ayındadır. En az yağış miktarı ise 15,2 mm ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Araştırmada su örneklerinin alındığı il olan Kütahya, yağış rejimi bakımından incelenen meteoroloji verilerine göre KİSY yağış rejiminde yer almaktadır (Çizelge 1) [31].

Çizelge 1. Çalışma alanlarındaki meteoroloji istasyonunun verilerine göre yıllık yağış miktarının mevsimlere göre dağılışı ve yağış rejimi tipi

| Çalışma Alanı | İlkbahar | Yaz | Sonbahar | Kış | Toplam Yağış | Yağış Rejimi |
|---------------|----------|---------|----------|----------|--------------|--------------|
| Kütahya | 161,0 mm | 52,8 mm | 129,2 mm | 189,4 mm | 532,4 mm | KİSY |

2. 3. Su Örneklerinin Toplanması ve Element Analizi

Porsuk Çayı'nda iki, Emet Çayı ve Kocasu'da üç adet olmak üzere örneklerin alınacağı istasyonlar akarsuların çevresinde bulunan sanayi kurum ve kuruluşlarının durumu göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Her istasyondan yaklaşık 1000 ml su örneği alınmış ve atomik absorpsiyon cihazında Ag, Cr, Cd, Pb, B ve Zn elementlerinin analizleri yapılmıştır [32].

2. 4. Çimlenme Deneyleri

Kütahya ilinde en fazla tarımı yapılan sebze bitkilerinden *Brassica oleracea* var. *capitata* L. (lahana, Yalova-1) çalışmanın materyali olarak belirlenmiş ve bu bitkiye ait tohumlar Kütahya Ziraat Odası'ndan temin edilmiştir.

Çimlenme deneyleri iklimlendirme odasında gerçekleştirilmiştir. Lahana tohumları her bir akarsudan alınan su örnekleri ve saf su (kontrol grubu) ile deney sonlanana kadar rutin olarak sulanmıştır [33]. Deneyler süresince sıcaklık 20°C'de sabit tutulmuş ve beyaz ışık kaynağı kullanılarak tohumlara 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık günlük fotoperiyot uygulanmıştır. Deneyler 9 cm çapındaki petri kabı içinde, filtre kâğıdından oluşturulan çimlenme yatağı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çimlenme deneyleri 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Deneylere 21 gün boyunca devam edilmiş, çimlenmenin tüm serilerde tamamen durduğu gün deney sonlandırılmıştır. Radikulanın çimlenme yatağına değmesi, tohumun çimlenmiş olması için yeterli olarak kabul edilmiştir.

Deney sonunda saf su (kontrol grubu) ve üç farklı akarsuda belirlenmiş olan toplam 8 istasyondan alınan su örnekleri ile sulanan tekrar gruplarında, her petride çimlenmiş olan bireylerin çimlenme yüzdesi, kök-gövde uzunlukları, kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Lahana tohumlarına ait çimlenme hızı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [34].

$$\text{Çimlenme Hızı} = \frac{\sum \left(\frac{\text{Günlük çimlenen tohum sayısı}}{\text{Tekerrür}} \right) \times 100}{\sum (\text{Sayımın yapıldığı gün} \times \text{günlük ortalama çimlenme})}$$

Uzunlukları ölçülen bireylerin kök ve gövdeleri birbirinden ayrılmış, her bir bireye ait kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları teker teker ölçülemeyecek kadar hafif olduğundan her bir petride bulunan bireylerin kök ve gövdelerinin yaş ağırlıkları toplu olarak hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. Yaş ağırlıkları alınan kök ve gövdeler 70°C'de 48 saat süre ile kurutulmuş, daha sonra kuru ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir.

2. 5. Verilerin İstatistiksel Analizleri

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, JMP SAS (1995) programı kullanılarak istatistiki olarak değerlendirilmiştir [35]. Elde edilen sonuçlar, su örnekleri ana etken olmak üzere, tohum çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi, fide kök-gövde uzunluğu ile kök-gövde yaş ve kuru ağırlıkları ANOVA testi ($p < 0,05$) kullanılarak karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan parametreler için Tukey-HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır [36].

3. BULGULAR

3. 1. Su Analizleri

Lahana bitkisinin çimlenme ve fide gelişimi deneylerinde kullanılmak üzere Porsuk Çayı, Kocasu ve Emet Çayı üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerine ait element analizlerinin sonuçlarına göre; her üç akarsuda da Ag, Pb, Cd ve Cr elementlerine rastlanmazken, ppm düzeyinde B elementi tespit edilmiştir (Çizelge 2). En yüksek bor miktarı Emet Çayı 2. istasyonunda 32,02 mg/L iken, en düşük bor miktarı 0,26 mg/L ile Kocasu 3. istasyonunda tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Porsuk, Kocasu ve Emet Çayları'ndan alınan su örneklerinin Bor (B) analiz sonuçları

| Su Örnekleri | Bor (mg/L) |
|---------------|------------|
| Porsuk Çayı 1 | 0,39 |
| Porsuk Çayı 2 | 0,55 |
| Kocasu 1 | 0,75 |
| Kocasu 2 | 0,44 |
| Kocasu 3 | 0,26 |
| Emet Çayı 1 | 4,13 |
| Emet Çayı 2 | 32,02 |
| Emet Çayı 3 | 26,94 |

3. 2. Çimlenme Hızı

Her üç akarsuya ait su örnekleri ile sulanan lahana tohumlarına ait çimlenme hızları karşılaştırıldığında, Kocasu 2. istasyonu su örneği ile çimlendirilen tohumlarda çimlenme hızı en yüksek iken (45,61), Porsuk Çayı 2. istasyonu su örneği ile çimlendirilen tohumların çimlenme hızının en düşük (34,17) olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana tohumlarına ait çimlenme hızı

| Su Örnekleri | Çimlenme Hızı |
|---------------|---------------|
| Kontrol | 40,63 |
| Porsuk Çayı 1 | 44,06 |
| Porsuk Çayı 2 | 34,17 |
| Kocasu 1 | 40,00 |
| Kocasu 2 | 45,61 |
| Kocasu 3 | 41,18 |
| Emek Çayı 1 | 37,68 |
| Emek Çayı 2 | 34,38 |
| Emek Çayı 3 | 41,66 |

3. 3. Çimlenme Yüzdesi

Porsuk Çayı, Kocasu ve Emek Çayı'ndan alınan su örnekleri ile sulanan lahana bitkisine ait tohumların çimlenme yüzdeleri karşılaştırıldığında, su örneklerinin % çimlenme üzerine etkisi olmadığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir ($F=0,53$; $p>0,05$).

3. 4. Kök - Gövdeye Ait Uzunluk ve Ağırlık Değerleri

Lahana fidelerinin kök-gövde uzunlukları karşılaştırıldığında Porsuk Çayı, Kocasu ve Emek Çayı'ndan alınan su örneklerinin kök ($F=0,75$; $p<0,05$) ve gövde ($F=3,68$; $p<0,05$) uzunluğu üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile diğer su örneklerinde yetişen fideler karşılaştırıldığında, en iyi kök gelişiminin kontrol grubunda olduğu gözlenirken ($6,73 \text{ cm} \pm 0,37$), en zayıf kök gelişimi ise bor konsantrasyonunun en yüksek olduğu Emek Çayı 2. istasyonuna ($2,80 \text{ cm} \pm 0,41$) ait su ile sulanan fidelerde görülmüştür. Emek Çayı 3. istasyonuna ait su örneği lahana fidelerinin gövde gelişimini pozitif yönde etkilerken ($4,70 \text{ cm} \pm 0,27$), Kocasu 2. istasyonuna ait su örneği gövde gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir ($2,99 \text{ cm} \pm 0,29$) (Çizelge 4).

Üç farklı akarsu örneklerinin lahana bitkisine ait kök yaş ($F=3,96$; $p<0,05$) ve kök kuru ($F=3,55$; $p<0,05$) ağırlıklarına olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu hesaplanmıştır. En yüksek kök yaş ağırlığına kontrol grubunda rastlanırken ($0,080 \text{ g} \pm 0,01$), en düşük kök yaş ağırlığı ($0,027 \text{ g} \pm 0,01$) bor konsantrasyonunun en yüksek olduğu Emek Çayı 2. istasyonuna ait su ile sulanan fidelerde görülmüştür. Kök kuru ağırlıkları incelendiğinde ise sonuçların kök yaş ağırlığı ile paralellik gösterdiği bulunmuştur. En yüksek kök kuru ağırlığı kontrol grubunda ($0,0040 \text{ g} \pm 0,001$) görülürken, en düşük kök kuru ağırlığı Emek Çayı 2. istasyonu ($0,0019 \text{ g} \pm 0,001$) ve Kocasu 2. istasyonundan ($0,0019 \text{ g} \pm 0,001$) alınan su örneği ile sulanan fidelerde tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana fidelerine ait kök-gövde ortalama uzunlukları ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Su Örnekleri | Kök Uzunluğu (cm±SE) | | Gövde Uzunluğu (cm±SE) | |
|---------------|----------------------|---|------------------------|-----|
| Kontrol | 6,73±0,37 | A | 3,61±0,24 | ABC |
| Emet Çayı 1 | 3,39±0,38 | B | 3,45±0,25 | BC |
| Emet Çayı 2 | 2,80±0,41 | B | 3,55±0,27 | ABC |
| Emet Çayı 3 | 3,89±0,41 | B | 4,70±0,27 | A |
| Kocasu 1 | 3,68±0,38 | B | 4,11±0,25 | ABC |
| Kocasu 2 | 2,97±0,44 | B | 2,99±0,29 | C |
| Kocasu 3 | 4,42±0,35 | B | 3,79±0,23 | ABC |
| Porsuk Çayı 1 | 2,84±0,44 | B | 3,69±0,29 | ABC |
| Porsuk Çayı 2 | 3,95±0,39 | B | 4,38±0,25 | AB |

Çizelge 5. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana fidelerine ait kök yaş-kuru ortalama ağırlıkları ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Su Örnekleri | Kök Yaş Ağırlığı (g) | | Kök Kuru Ağırlığı (g) | |
|---------------|----------------------|----|-----------------------|----|
| Kontrol | 0,080±0,01 | A | 0,0040±0,001 | A |
| Emet Çayı 1 | 0,038±0,01 | AB | 0,0028±0,001 | AB |
| Emet Çayı 2 | 0,027±0,01 | B | 0,0019±0,001 | B |
| Emet Çayı 3 | 0,039±0,01 | AB | 0,0028±0,001 | AB |
| Kocasu 1 | 0,051±0,01 | AB | 0,0029±0,001 | AB |
| Kocasu 2 | 0,029±0,01 | B | 0,0019±0,001 | B |
| Kocasu 3 | 0,070±0,01 | AB | 0,0036±0,001 | AB |
| Porsuk Çayı 1 | 0,028±0,01 | B | 0,0020±0,001 | B |
| Porsuk Çayı 2 | 0,052±0,01 | AB | 0,0029±0,001 | AB |

Porsuk Çayı, Kocasu ve Emet Çayı su örneklerinin gövde yaş ağırlık ($F=3,33$; $p<0,005$) üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli iken, gövde kuru ağırlığı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı ortaya konmuştur ($F=2,12$; $p>0,005$). Gövde örneklerine ait yaş ve kuru ağırlıklar incelendiğinde Kocasu 3. istasyonu su örneği ile sulanan fide gövdelerinin yaş ağırlıkları en yüksek iken ($0,370g \pm 0,035$), Kocasu 2. istasyonu su örneği ile sulanan fide gövdelerinin yaş ağırlıklarının ($0,166g \pm 0,035$) en düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı su örnekleri ile sulanan lahana fidelerine ait gövde yaş-kuru ortalama ağırlıkları ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Su Örnekleri | Gövde Yaş Ağırlığı (g) | Gövde Kuru Ağırlığı (g) |
|---------------|------------------------|-------------------------|
| Kontrol | 0,276±0,035 AB | 0,0149±0,0019 A |
| Emet Çayı 1 | 0,275±0,043 AB | 0,0165±0,0023 A |
| Emet Çayı 2 | 0,225±0,035 AB | 0,0140±0,0020 A |
| Emet Çayı 3 | 0,227±0,035 AB | 0,0150±0,0020 A |
| Kocasu 1 | 0,173±0,035 B | 0,0150±0,0020 A |
| Kocasu 2 | 0,166±0,035 B | 0,0094±0,0020 A |
| Kocasu 3 | 0,370±0,035 A | 0,0180±0,0020 A |
| Porsuk Çayı 1 | 0,198±0,035 AB | 0,0100±0,0020 A |
| Porsuk Çayı 2 | 0,279±0,035 AB | 0,0160±0,0020 A |

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tarım ve çevre açısından önemli bir mikro element olan bor, bitkiler için genellikle düşük derişimlerde gerekli olmakla birlikte, yüksek derişimler detoksik etki göstererek bitkiye zarar vermektedir [37]. Bu durum, bor mineralinin eksiklik ve bor toksisite düzeyleri arasında küçük bir aralık olduğunu göstermektedir [38]. Bor (B) bitkilerde hücre duvarının gelişiminde, hücre bölünmesinde ve polen tüpü oluşumunda görevli bir elementtir [39].

Bor bileşikleri yaygın olarak yerüstü ve yer altı sularında mevcuttur. Yer altı sularında bor konsantrasyonu bütün dünyada >0,3 mg/L ve <100mg/L arasında değişmektedir. Deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,01-1,5 ppm aralığındadır [37].

Kirlenici maddelerin son durak olarak özellikle sucul ortamlara verilmesi ve bu ortamlarda insanoğlunun yaşantısını olumsuz yönde etkileyen biyolojik değişmelere neden olması, dünya üzerinde bu konuya karşı ilgi ve endişenin her geçen gün hızla artmasına neden olmuştur [40].

Emet Çayı, Uluabat Gölü'nü besleyen, ülkemizin en önemli akarsu sistemlerinden birisidir. Tarımsal ve evsel atıksuların yanı sıra çok sayıda sanayi tesisi ve maden işletmelerinden kaynaklanan kirlilik yükü, Emet Çayı Havzası'nın su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [41]. Özellikle havza etrafında önemli bor yatakları bulunmaktadır [42, 43]. Türkiye'de bor yatakları bulunan dört bölgeden birini oluşturan Emet bölgesinde, açık ve kapalı olarak çalışan işletmelerde başlıca atık su kaynağı, cevherin yıkanması sonucunda ortaya çıkmakta ve Emet Çayına verilmektedir [44]. Emet Çayı, taşıdığı bu denli yüksek kirlilik nedeniyle, geçtiği bölgelerde sulama suyu olarak kullanılmasından dolayı yöre halkı sağlığı açısından da oldukça büyük bir risk ve tehdit oluşturmaktadır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Eskişehir 15. Bölge Müdürlüğü'nce hazırlanan 30.06.1978 tarih ve 20 nolu raporda, Emet Çayı'ndan alınan numunelerde yüksek miktarda bor madenine rastlandığı, bunun bitkiler için tehlike arz ettiği belirtilerek, "zirai sulamada kullanılamaz" raporu verilmesine rağmen başka alternatifi olmadığı için hala bölgeye yakın tarım arazilerinde Emet Çayı'nı sulama suyu olarak kullanılmaktadır[45].Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen (2004) kıta içi su kaynaklarının bor miktarının I.,II. ve III. kalite sularda 1mg/L, IV. kalite sularda ise 1 mg/L'den fazla olduğu belirtilmiştir [46]. Buna göre, çalışma alanlarımızdan olan Porsuk Çayı 1 ve 2, Kocasu 1, 2 ve 3 istasyonlarının içerdiği bor miktarına göre su kaliteleri I. sınıf olarak belirlenmiştir. Emet Çayının her üç istasyonuna ait su örneklerinin

bor içeriğinin ise yönetmelikte belirtilen değerlerden çok daha yüksek olduğu ve IV.sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Oruç (2004) yaptığı çalışmada, Kütahya'da Emet ve Hisarcık'ta içme suyu kaynağı olarak kullanılan kaynak ve yeraltı sularında maksimum kirletici seviyesinden daha yüksek seviyede arsenik bulunduğunu ve bu durumun bor oluşumundaki bazı minerallerin çözünmesinden kaynaklandığını belirtmiştir [47]. Dolayısıyla içme, sulama ve kullanma suyu olarak bu suyun kullanılmasının uygun olmadığı belirtilmektedir [48]. Atakuru (2009), Emet ve Hisarcık Bölgesi sularının arsenik ve bor konsantrasyonlarını belirlemiştir. Belirledikleri istasyonların çoğundan alınan su örneklerinin bor ve arsenik konsantrasyonlarının Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün belirlemiş olduğu limit değerinden yüksek olduğunu tespit etmiştir [49]. Nitekim bitkiler için gerekli olan ancak 1 mg/L'den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve toprakta sorun meydana getirebilmektedir [50].

Porsuk, Kocasu ve Emet çaylarının suları bor konsantrasyonuna göre sınıflandırıldığında [38]; Porsuk Çayı 1, Porsuk Çayı 2, Kocasu 2 ve Kocasu 3, 1. kategoride (çok iyi) yer alırken; Kocasu 1'in 2. kategoride (iyi) olduğu bulunmuştur. Emet Çayı'na ait örneklerin ise 5. kategoride yer aldığı yani sulama suyu olarak kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması [38]

| Suyun Sınıfı | Bor Konsantrasyonu (mg/L) | | |
|-------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| | Duyarlı Bitkiler | Yarı Duyarlı Bitkiler | Dayanıklı Bitkiler |
| 1. Çok iyi | < 0,33 | <0,67 | < 0,1 |
| 2. İyi | 0,33-0,67 | 0,67-1,33 | 1,0-2,0 |
| 3. Kullanılabilir | 0,67-1,0 | 1,33-2,0 | 2,0-3,0 |
| 4. Şüpheli | 1,0-1,25 | 2,0-2,5 | 3,0-3,75 |
| 5. Uygun değil | > 1,25 | >2,5 | > 3,75 |

Bu çalışmada farklı bor konsantrasyonuna sahip sulama suları ile sulanan lahana bitkisinin kök-gövde uzunlukları ile kök yaş ve kuru ağırlıkları kontrole göre farklılık göstermiş olup farklı düzeylerde bor içeren sulama suları sulanan lahana bitkisinin kök gelişimi engellenmiştir. Dannel ve ark., (1998) ile Jame ve ark., (1982)'nin yapmış olduğu çalışmalar bu araştırmada elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik göstermektedir[5, 18]. Ayrıca Alam (2007) yaptığı çalışmada, 3-4 kg B/ha'nın lahana gelişimi için ideal olduğunu bu değer üzerine çıkıldığında bitki boy uzunluğunun azaldığını tespit etmiştir [51]. Jolivette ark, 1943 yılında yapmış oldukları araştırmada ise, özellikle bor eksikliği ile ilgili anatomik çalışmalar için en uygun bitkilerin pancar ve lahana olduğunu ortaya koymuştur [39].

Sulama sularının ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Emet Çayı Havzası etrafındaki yöresel ve ulusal öneme sahip birçok tarım arazisinin abiyotik ve biyotik bileşenleri çay etrafında bulunan yerleşim yerleri, karayolu ve sanayi kuruluşlarının baskısı altında olup, başta bitkiler olmakla birlikte tüm yöre halkının sağlığını tehdit etmektedir. Bor konsantrasyonun çok yüksek olduğu Emet Çayı'nın ziraa sulama amaçlı kullanımı uygun değildir. Bu bağlamda, sanayi kuruluşlarının atık sularını Emet Çayı'na bırakırken Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygun şartları sağlamasına özen gösterilip, halk ve çevre sağlığını tehdit eden bu tip akarsuların iyileştirilmesi yönünde tedbirlerin en kısa zamanda alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] N. Ediz ve H. Özdağ , “Bor mineralleri ve ekonomisi”, DPU Fen Bilimleri Dergisi, Sayı: 2, 133 (2002).
- [2] A. Yılmaz, “Her derde deva hazinemiz bor”, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı:414, 38 (2002).
- [3] S. Perica, P. H. Brown, J. H. Connell, A. M. S. Nyomora, C. Dordas, and H. Hu, “Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive”, Hort Science., 36(4), 714 (2001).
- [4] R. Keren and F. T. Bingham, “Boron in waters, soils, and plants”, Adv. Soil Science 1, 230 (1985).
- [5] Y. W. Jame, W. Nicholaichuk, A. J. Leyshon and C. A. Cambell, “Boron concentration in the soil solution under irrigation: A theoretical analysis”, Can. J. Soil Science 62, 461 (1982).
- [6] P. H. Brown, N. Bellaloui, M. A. Wimmer, E. S.Bassil, J.Ruiz, H. Hu, H.Pfeffer, F. Dannel, and V. Römheld, “Boron in plantbiology”, Plant Biol.4, 205(2002).
- [7] P. H. Brown, and H. Hu, “Boron uptake by sunflower, squash and cultured tobacco cells”, Physiologia Plantarum, 91,435 (1994).
- [8] H. Pfeffer, F. Dannel, and V. Römheld, “Are there two mechanism for boron uptake in sunflower ?”, Journal of Plant Physiology, 155, 34 (1999).
- [9] B. Kacar ve V. Katkat, Bitki Besleme, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 595(2006).
- [10] C. Dordas, M. J. Chrispeelsand P. H. Brown, “Permeability and channel-mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots”, Plant Physiology, 124,1349 (2000).
- [11] J. M. Ruiz, “Aquaporin and its function in boron uptake”, Trends in Plant Science, 6, 95 (2001).
- [12] P. H. Brown, N. Bellaloi, H. Hu, andA. Dandekar, “Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency”, Plant Physiology, 119, 17 (1999).
- [13] I. E. Papadakis, K. N. Dimassi, andI. N. Therios, “Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrients, total absorption, and nutrient use efficiency”, Australian Journal of Agricultural Research, 54, 571 (2003).
- [14] D. Zhaoand D. M. Oosterhuis, “Cotton carbon exchange, non structural carbonhydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency”, Field Crops Research, 78, 75 (2002).
- [15] R. O.Nable, G. S. Bañuelos, J. G. Paull, “Boron toxicity”, Plant and Soil, Kluwer Academic Publishers, Chapter 12,193, 181 (1997).
- [16] D. M. Yeh, L. Lin, C. J. Wright, “Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot-root ratio of *Spathiphyllum*”, Scientia Horticulturae, 86,223 (2000).

- [17] A. Demirtaş, “Bitkide bor ve etkileri”, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 36, 217 (2005).
- [18] F. Dannel, H. Pfefferand V. Römheld, “Compartmentation of boron in roots and leaves of sunflower as affected by boron supply”, Journal of PlantPhysiology, 153,615 (1998).
- [19] A. Asad, F. P. C. Blamey, and D. G. Edwards, “Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower”, Annals of Botany, 92, 565 (2003).
- [20] F. El-Shintinawy, “Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves, Photosynthetica”, 36, 565 (1999).
- [21] G. A. PicchioniandS. Miyamoto, “Boron uptake and effects on growth and carbohydrate partitioning of pistachio seedlings”, Journal of American Society Horticulture Science, 116, 706 (1991).
- [22] S. Taban, ve İ. Erdal, “Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi”, Turk Journal of Agricultural Forestry, 24, 255 (2000).
- [23] M. Alpaslan ve A. Gunes, “Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants”, Plant and Soil, 236,123 (2001).
- [24] Ş. A. Baykal ve I. Öncel, “Buğday fidelerinin bor toksisitesine toleransında çözünür fenolik ve çözünür protein miktarındaki değişmeler”, C. Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 27, 13 (2006).
- [25] L. Huang, J. Pant, B. Dell, andR. W. Bell, “Effects of boron deficiency on anther development and floret fertility in wheat (*Triticumaestivum* L. ‘Wilgoyne’), Annals of Botany, 85, 493 (2000).
- [26] K. D. Subedi, P. J. Gregory, R. J. Summerfield and M. J.Gooding, “Cold temperatures and boron deficiency caused grain set failure in spring wheat (*Triticumaestivum*L.)”,Field Crops Research, 57, 277 (1998).
- [27] S. K. Yau, and M. C. Saxena, “Variation in growth, development and yield of durum wheat in response to high soil boron. I. Average effects”, Australian Journal of Agricultural Research, 48, 945 (1997).
- [28] M. M. Shaaban, “Role of boron in plant nutrition and human health”,American Journal of Plant Physiology, 5, 224 (2010).
- [29] İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, “Kütahya İl Çevre Durum Raporu”, Kütahya, 354(2006).
- [30] DMİ, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara (2012).
- [31] Y. Akman, İklim ve Biyoiklim, Kariyer Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, 350(1999).
- [32] N. Kurucu, İ. Gedikoğlu, F. Eyüpoğlu, M. Börekçi, B. Sönmez ve A. Ağar, “Toprak ve Su Analizleri Laboratuvarları El Kitabı”, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 375(1990).

- [33] N. Yüksel, Y. Erdem, “Sulama ve Gübreleme”, HASAD Yayıncılık Reklamcılık Tarım San. Ve Tic. Ltd., İstanbul (2002).
- [34] E. Yücel, “Ebe karaçamın (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. *şeneriana*) Biyolojik ve Ekolojik Özellikleri”, Eskişehir, 119 (2000).
- [35] JMP SAS, “JMP SAS”, SAS InstituteInc., NC, USA, 593(1995).
- [36] T. M. Little, F. J. Hills, “Agricultural Experimentation”, John Wiley and Sons, Inc.,Canada, 350(1978).
- [37] O. Minareci ve M. Öztürk, “Manisa ili baraj göllerinde bor kirliliğinin araştırılması”, BİBAD 5 (1), 25 (2012).
- [38] L. E. Allison, J. W. Bown, H. E Hayward , L. A. Richards, L. Bernstein, M. Fireman,. G. A.Pearson, L. v. Wilcox, C. A. Bower, J. T. Hatcher, R. C. Reeve, “Diagnosis and improvement of saline and alkali soils”, L. A. Richards(Editor), Washington D.C, USA, 166 (1954).
- [39] P. Jolivetand J. C. Walker, “Effect of boron deficiency on the histology of Garden beet and cabbage”, Journal of Agricultural Research, 66 (14), 166 (1943).
- [40] M. Türkoğlu, “Van Gölü’nden alınan su, sediment ve inci kefali (*Chalcalburnustarichi*, PALLAS 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi,Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59 (2008).
- [41] K. Onur ve S. P. Celtemen, “Susurluk Havzasında su kalitesinin korunmasına ilişkin temel sorunlar, darboğazlar, çözüm önerileri”, Su Çalıştay, Ankara, 33(2004).
- [42] Önel, “The Boron Pollution of Simav Stream, M. Kemalpaşa stream, lake apolyont and agricultural sites around this irrigation sources (in Turkish)”. Doğa Bilim Dergisi Atatürk Özel Sayısı, 51 (1981).
- [43] M. Çöl, C. Çöl, “Environmental boron concentration in waters of Hisarcık area in the Kütahya Province of Turkey”, Food Chem. Toxicology, 41, 1417 (2003).
- [44] M. T. Bebek, “Uluabat Gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında ağır metal kirliliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 76(2001).
- [45] <http://hurarsiv.hurriyet.com.tr/goster/ShowNew.aspx?id=136053>
- [46] Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, Tarih: 31 Aralık Cuma, Sayı 25687 (2004).
- [47] N. Oruç, “Emet-Kütahya içme sularında arsenik düzeyi, önemi ve bor yatakları ile ilişkisi”, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 469(2004).
- [48] M. İ. Ünlü, M. Bilen, M. Gürü, Kütahya-Emet bölgesi yeraltı sularında bor ve arsenik kirliliğinin araştırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 26, No 4, 753(2011).

- [49] İ. Atakuru, “Emet ve Hisarcık bölgesi sularında arsenik ve bor tayini”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 58 (2009).
- [50] D. Uygan, Ö. Çetin, “Bor’un tarımsal ve çevresel etkileri; Seydisuyu su toplama havzası”, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, 527 (2004).
- [51] M. N. Alam, “Effect of boron levels on growth and yield of cabbage in calcareous soils of Bangladesh”, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3, 858 (2007).