

Çileklerde Bor Elementinin Önemi, Taşınma Mekanizması, ve Çilek Tarımında Bor Kullanımı

Mehmet Ali SARIDAŞ¹, Sevgi PAYDAŞ KARGI¹

ÖZET: Bu çalışma bitkilerde önemli fonksiyonlara sahip olan bor (B) elementinin topraktan veya yapraktan alınması, bitki içerisinde taşınması ve özellikle çilek tarımında kullanımı konularını içermektedir. Bu kapsamda yapılan literatür çalışmaları ile toprak, bitki ve B ilişkilerindeki mekanizma açıklanmaya çalışılmıştır. B alımının türlere göre değiştiği, ancak bu durumun dikkate alınmadan bazı bilimsel çalışmaların planlanarak birbiriyle çelişkili ve tam açıklanamayan sonuçlara ulaşıldığı dikkati çekmiştir. Yine pratikte de gözlemsel olarak B kullanımıyla ilgili bazı hataların yapıldığı tespit edilmiştir. Derlemede değişik meyve türlerinde, ağırlıklı olarak da çilekte bor uygulamalarıyla ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Çilekte bor'un ksilemde taşınması nedeniyle toprak uygulamalarının yaprak uygulamalarına göre daha etkin olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmaların, günümüzün en önemli problemi olan farklı stres koşullarında B elementinin etkinliğini ortaya koyduğu da dikkati çekmiştir. Optimum B düzeyinin çok dar bir aralıkta yer almasından dolayı, eksik veya toksik doza ulaşılmaması için bundan sonra yapılacak olan doz çalışmalarında çok dikkatli davranılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fiziyojoloji, kalite, stres, verim, yöntem.

Prominent of Boron Element, Transportation Mechanism in Strawberry and Usage of Boron in Strawberry Cultivation

ABSTRACT: Review are including functions of the B element in plant; transportation from soil or leaves, transportation inside the plant and usage of boron especially in strawberry cultivation. The interaction of soil, plant and boron are tried to explaining with literature studies by doing in these content. The absorption of boron has been changed by species, because of disregarding of this situation, some scientific research are reached to contradictory and unexplainable results. Also, it is noticed some mistake about bor usage as empirical in practice. The review is comprised of especially strawberry and other fruit species. It is emphasized that more efficient results in soil applications than foliar applications due to transportation of boron by xylem in strawberry. Also, studies are noticed by showing the efficient of boron against different stress condition which being important problem in these days. Because of the very narrow range of optimum boron level, doses studies should be conducted carefully to avoid reaching toxic and deficient level.

Keywords: Physiology, quality, stress, yield, method.

¹ Mehmet Ali SARIDAŞ (0000-0002-5180-1874), Sevgi PAYDAŞ KARGI (0000-0001-5781-8581), Çukurova Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mehmet Ali SARIDAŞ, masaridas@gmail.com

GİRİŞ

Çilek, son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda insan sağlığı açısından önemli bazı bileşikleri bünyesinde bulundurması nedeniyle tüketicilerin ilgisini çekmiştir. Bu durum ülkemizde çilek tarımına olan talebi arttırarak, 2016 yılında üretimimizin 415.150 tona ulaşmasını sağlamıştır. Araştırmacılar, çileğin insan sağlığı için çok önemli bir besin olduğunu; meyvelerin mineral madde, vitamin C, folik asit ve fenolik bileşiklerce zengin olması sonucunda yüksek düzeyde doğal antioksidan içerdiğini bildirmişlerdir (Giampieri et al., 2013).

Ülkemizde özellikle erkencilik ve buna bağlı olarak birim alandan elde edilen yüksek gelir nedeniyle toplam çilek üretimimizin % 52.3'ü Akdeniz bölgesinden karşılanmaktadır. Bu bölge içerisinde yer alan Mersin ilinde ise bölge üretiminin % 76'sı gerçekleştirilmektedir (TUİK, 2017). Bölgenin çilek tarımı için uygun iklim özelliklerine sahip olmasına karşın, küçük aile işletmelerinin yeteri kadar bilinçli olmadan yaptıkları kültürel uygulamalar sonucunda, birim alandan istenilen düzeyde verim alınamamaktadır. Oysa bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde en önemli hedef, en yüksek ürün miktarını ve üründeki kalite değerlerini elde etmek olup, bu hedefe ulaşmada seçilecek yollardan birisi de uygun düzeylerde gübreleme yapmaktır. Bu hedefe ulaşmak sanıldığı kadar kolay olmayıp, en az 12 temel bitki besin elementinin optimize edilmesi ve birçok çevre faktörünün bu elementlerin alınımına ve kullanımına yapacağı etkilerin bilinmesi veya yaklaşık olarak tahmin edilmesi gerekmektedir.

Bitkilerin topraktan aldıkları besin elementi miktarlarını etkileyen faktörler genel olarak; toprak, çevre ve bitki olarak sınıflandırılabilir. Toprak pH'sı, kireç içeriği, organik madde miktarı, besin elementi içeriği gibi çeşitli toprak özellikleri yanında yağış, sıcaklık, kültürel uygulamalar gibi faktörler bitkilerin besin elementi alınımını etkilemektedirler. Bitki faktörleri, besin element alınımını etkileyen en temel faktörlerdir. Bitkilerin topraktan kaldırmış oldukları besin elementi miktarları üzerine; bitkinin yaşı, gelişme durumu, türü, çeşidi, kök sisteminin yapısı gibi faktörler farklı düzeylerde etki yapmaktadır (Gülsoy ve Yılmaz, 2004, Erdal et al., 2005; Şimşek, 2015).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda çilek tarımında verim ve kalitenin gübrelemede izlenecek

farklı stratejilerle geliştirilebileceği savunulmaktadır. Bu kapsamda özellikle çiçeklenme ve meyve tutumunda önemli rol oynayan bor (B) elementinin uygulanması ile ilgili literatürde ve pratikte önemli farklılıklar ve çelişkiler dikkati çekmiştir. Bu çelişkileri azaltmak için bu makalede bor elementinin taşınımı, etkinliği ve fizyolojik olaylardaki rolü hakkında bilgilerin özetlenmesi hedeflenmiştir. Özellikle Akdeniz sahil şeridi ve benzer ekolojilerde, uzun süre çiçeklenme ve meyve gelişimi devam eden bir tür olan çilek için bor gübrelemesine uygun doz, zaman ve uygulama şeklinin belirlenmesi çilek yetiştiriciliğinde meyve verim ve kalitesinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Bor Elementinin Yapısı ve Bitkilerdeki Fonksiyonu

Bitki gelişmesi için mutlak gerekli bir mikro element olduğunun belirlendiği 1923 yılından günümüze değin bor'un bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır (Çakmak and Römhald 1997). Bor; hücre duvarı üretimi, şeker taşınımı, hücre bölünmesi ve farklılaşması, membran fonksiyonları, kök uzaması, bitki hormonlarının düzenlenmesi ve generatif bitki gelişimi gibi çok önemli olaylarda rol oynayan bir mikro elementtir (Marschner, 1995). Çiçeklerdeki bor içeriği arttıkça meyve tutumunun arttığı, bu durumun bor'un polen çimlenmesi ve polen tüp gelişimini sağlamasıyla gerçekleştiği gösterilmiştir (Dickinson, 1978; Dell and Huang, 1997; Brown et al., 2002). Türlerin hücre duvarı pektin içeriği ile B gereksinimleri arasında yüksek bir ilişki ($r^2= 0.85$) olduğu belirlenmiştir (Hu et al., 1996). Bitki üretim organlarındaki yüksek pektin düzeyi, bu dokuların yüksek düzeyde bor'a ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. Bilindiği gibi bor'un eksik olması durumunda, polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişmesi azalması nedeniyle verim düşmekte ve meyve kalitesi azalmaktadır (Guttridge and Turnbull, 1975). Ayrıca bor eksikliğinde; ksilem bozulmakta, kökten su alımı olumsuz etkilenmekte ve sürgün gelişimi azalmaktadır. Ksilemde meydana gelen zararlanmalar, bitkinin üst kısımlarına suyun taşınımını sınırlandırmaktadır. Bu şekilde su eksikliğinde fotosentezde azalmalar görülmektedir. Floemde bor taşınımı düşük olan türlerde, tomurcuk gelişimi gibi bor'a talebin fazla olduğu dönemlerde zayıflayan ksilem kanallarıyla bitkinin üst kısımlarına yeterli düzeyde bor taşınmamaktadır. Taşıyıcı dokulardaki

bor eksikliği zararı, yaprak semptomlarından daha önce meydana gelmektedir (Wimmer and Eichert, 2013). Topraktaki borun eksilmesine tepki olarak bitki, büyümesini yavaşlatmakta ve durdurmaktadır. Bitkinin kök uçlarında ise hücre genişlemesi ve bölünmesi azalarak kök uzaması sınırlanmaktadır. Benzer şekilde bor eksikliğinde bitkinin yaprakları küçülerek dolaylı olarak fotosentez kapasitesi azalmaktadır. Arazi koşullarında generatif aksam vejetatif aksama kıyasla bor eksikliğine daha sert tepki göstermektedir. Bitkinin kökü düşük veya eksik bor düzeyine karşı yapraklardan 2-3 gün önce tepki vermektedir (Dell and Huang, 1997). Bor eksikliğinde membran fonksiyonlarının bozulmasıyla ilgili güçlü kanıtlar bulunmuştur (Loomis and Durst, 1992; Parr and Loughman, 1983). Yetiştirme ortamından bor'un çekilmesinden kısa bir süre sonra yapraklardan K^+ sızmasında artışlar kaydedilmiştir (Çakmak et al., 1995).

Borun eksikliği ile toksik seviyesi arasında dar bir bölge olması nedeniyle, bazı durumlarda topraktan uygulanan bor bitkilerde toksik etki yapmaktadır (Gupta, 1980). Bitkilerdeki farklı fonksiyonları açıklanan bu elementin optimum seviyesinin dar bir aralıkta olması da yapılacak uygulamaların kontrolünü sınırlandıran önemli bir faktördür.

Bor Elementinin Bitkilerde Taşınımı

Bitkiler tarafından bor'un temelde pasif absorpsiyon yoluyla ayrışmadan borik asit, $B(OH)_3$, şeklinde alındığına inanılmıştır. Ancak bor az da olsa aktif absorpsiyon yoluyla borat iyotları, $B(OH)_4^-$ şeklinde de alınır. Bor'un pasif ve aktif absorpsiyon yoluyla alınma durumları üzerindeki tartışmalar günümüzde de sürmektedir (Kacar ve Katkat, 2009).

Çileğin de içerisinde bulunduğu birçok üründe, kök bölgesinden besin elementi alınımı veya düşük seviyedeki besin elementine toleransı önemli düzeyde genetik farklılığa göre gerçekleşmektedir (John et al., 1976; Peterson et al., 1986; Renquist and Hughes, 1985). Genel olarak bor floemde hareketsiz veya yüksek yapılı bitkilerde sınırlı düzeyde hareketli olarak bilinmektedir. Kohl and Oertli (1961), bor elementinin terlemeye bağlı olarak hareket ettiğini, floemde hareketinin olmaması nedeniyle yapraktan bitkinin diğer kısımlarına taşınmayacağını bildirmişlerdir. Riggs et al., (1987), yapraklarda bor konsantrasyonunun diğer dokulardaki bor'dan bağımsız olduğunu ve bu farklılığın bitkinin yapraksız dokularındaki bor

dağılımı veya birikimindeki farklılığı yansıtmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca toprağa uygulanan bor'un direk olarak yapraklara gittiği ve bitkinin diğer dokularını etkilemediği de vurgulanmıştır. Bu yüzden bitkinin üreme organlarındaki bor durumu yapraktaki bor içeriğini yansıtmamaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda bor birikiminin gerçekleştiği temel organlar yapraklar olmaktadır. Riggs et al. (1987), topraktan yapılan bor uygulamasının üreme organlarındaki bor elementinin artırılmasında etkin olmadığını ve yapraktaki bor düzeyine bakılarak ürün için yapılacak tahminin yanıltıcı olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise floem içerisinde sorbitol olması halinde sorbitolle bor'un bir kompleks oluşturarak floemde hareket edebildiğini göstermiştir. Sorbitol içeren türlerde yaşlı yaprak ile genç yaprak arasında bor düzeyi bakımından önemli farklar olması yanında, meyvelerdeki bor içeriğinin yaprağa göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bunun aksine, sorbitol bakımından fakir olan türlerde ise yaşlı yapraklardaki bor içeriğinin genç yapraklara göre daha yüksek ve en düşük bor düzeyinin ise meyvelerde olduğu tespit edilmiştir (Brown and Hu, 1996). Bu çalışmada birinci gün çok yüksek olan ^{10}B izotopunun hızlıca azaldığı ve 5. günün sonunda sadece % 50'sinin kaldığı, 14. gün sonunda ise kontrol grubundan az miktarda yüksek kaldığı görülmüştür. Çalışmada yaprakta doğal olarak oluşan bor'a göre ^{10}B izotopunun daha hızlı olduğu da saptanmıştır. Yine bu çalışmada türlere göre bor düzeylerinin farklı olduğu, meyve organlarında badem ve elmada, antepfıstığı ve cevizde göre % 150 ile % 5400 kat daha yüksek bulunduğu saptanmıştır. Oysa antepfıstığı ve cevizde yaprak bor içeriğinin meyvelere göre % 300 ile % 700 daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda badem, elma ve nektarinlerde, hem Mayıs hem de Eylül aylarında yapraktan yapılan bor uygulamalarının 15 günde tamamen meyveye taşındığı gösterilmiştir.

Bor eksikliği, kök gelişimi ve dağılımını oksinle karşılıklı ilişkileri nedeniyle engellemektedir. Kökler, suyun ve bor gibi mineral elementlerin alımı ve taşınmasında, oksin gibi metabolitlerin üretiminde önemli olmaktadır. Li et al. (2016), yaptıkları çalışma sonucunda; bor'un eksik olduğu durumlarda, birincil ve ikincil kök uzunluğunda azalmalar olduğunu gözlemlemişlerdir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise bor eksikliğinin sadece bitkilerde bor içeriğini değil aynı zamanda kök uçlarındaki IAA içeriğini de olumsuz etkiledikleri bildirilmiştir.

Toprağın yapısı da elementlerin alımında önemli faktörler arasındadır. Killi toprakların bor elementine reaksiyonunun kumlu topraklara kıyasla daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu toprakların bor 'ututma özelliği daha fazla olduğundan bu tip topraklarda daha fazla bor gübrelemesine ihtiyaç duyulmaktadır (Pinyerd et al., 1984). Topraktaki organik madde miktarı da toprağın bor'u absorpsiyon kapasitesini etkilemektedir (Yermiyahu et al., 1995). Ayrıca toprağın pH'sı da alımda etkili olup, artan pH ile toprağın bor'u absorpsiyon kapasitesi artacağından bitkinin aynı bor'u alabilmesi için toprakta daha fazla bor bulunması gerekmektedir. Toprakta pH düzeyi 5.5 seviyesinde olduğu zaman çilek bitkilerinde bor artışına karşı ürün miktarı doğrusal tepki gösterirken, fosfor gübrelemesine karşı quadratik tepki göstermiştir. pH 6.5'da ise fosfor ile bor ve çinko arasında etkileşim olmuştur. Çilek salkımlarındaki meyve sayısı ile verim ve ortalama meyve ağırlığı arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (May and Pritts, 1993). Bu çalışmada yapraktaki K, P, Ca, Mn, Cu ve Zn içerikleri ile meyvedeki düzeyler pozitif ilişkili iken; Mg, Fe ve B'da yaprak ve meyve arasında herhangi bir ilişki gözlemlenmemiştir. Toprakta uygulanan bor miktarıyla verim arasında önemli düzeyde bir ilişki belirlenirken, bu ilişkinin toprağın pH ve fosfor içeriğine bağlı olduğu da dikkati çekmiştir.

Blamey et al. (1987), çileklerde yapmış oldukları çalışmalarında, toprakta düşük bor düzeyinin düşük yağış koşullarıyla birleşmesi halinde, yapraklarda bor eksikliği belirtisi görülmesine karşın, yeterli düzeyde yağışın olduğu durumlarda aynı toprak koşullarında eksiklik semptomu gözlemlenmemişlerdir. Toprakta bor düzeyi aynı seviyede olmasına rağmen, bitkinin bor'u yağışlı dönemde yağışsız döneme göre yeterli düzeyde alabildiği saptanmıştır (Kluge, 1971; Noppakoonwong et al., 1997).

Çilek bitkilerinde bor elementinin temel olarak ksilemle taşındığı, bu nedenle toprak özellikleri ve terlemeye bağlı bir taşınım olduğu, topraktaki su içeriğinin de taşınımı önemli düzeyde etkilediği görülmüştür. Ayrıca bor'un farklı türlerde bazı taşıyıcılar (Sorbitol vb.) yardımıyla floemde de taşındığı belirlenmiştir.

Bor Elementinin Bitkide Fizyolojik Rolü

Bitkilerdeki metabolit ve fizyolojik işlevlerine ilişkin bilgiler; bor noksanlığında ve bu noksanlığın giderilmesi için yapılan uygulama sonucundaki

bitkilerde meydana gelen değişikliklere bakılarak karar verilmektedir. Warrington (1933), bor eksikliğinin ışık yoğunluğu ve fotoperiyodun yüksek olduğu yaz döneminde daha fazla kendini gösterdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Noppakoonwong et al. (1993), ışık yoğunluğunun % 70'den % 35'e düşmesi halinde normal yaprak uzaması için bor gereksiniminin azaldığını (15'den 10'a kg⁻¹ kuru ağırlık) belirlemişlerdir. Bor'un eksik olduğu ağaçlarda, klorofil içeriği, CO₂ asimilasyonu ve stoma iletkenliği yanında foto sentetik enzim aktivitesi ve katalaz azalmaktadır. Fakat, reaktif oksijen (ROS) türleri ve hücre içi CO₂ düzeyi artması sonucunda fotosentez kapasitesi azalmaktadır (Han et al., 2008; Wójcik et al., 2008; Tewari et al., 2010).

Bitkiler kuraklığa maruz kaldığında, topraktan su alımı yavaşça kesilmekte, borca eksik topraklarda yetişen bitkilerin yeterli bor düzeyine sahip yerlerde yetişenlere göre daha erken soldukları görülmüştür. Bu da bor bakımından eksik bitkilerin kuraklığa karşı daha hassas olduklarını göstermektedir (Dorfmueller, 1941).

İlkbaharda sıcaklık değişimlerinin çok fazla olması nedeniyle, çiçek tomurukları ve açan çiçeklerin soğuktan zarar görme düzeyleri artmaktadır (Salas et al., 2014). Gece sıcaklığının 12 °C olduğu durumlarda çilek bitkilerinde en iyi kök gelişimi gözlenmektedir (Wang and Camp, 2000). Çilek yapraklarında -3 °C'ye kadar önemli bir zarar olmazken, sıcaklık değerleri -5 °C'ye düştüğünde önemli zararlanmalar meydana gelmektedir (Maughan, 2013; Maughan et al., 2015). Farklı yöntemlerle Bio-Bor uygulamasının verim, antioksidan enzim aktivitesi ve çileklerin soğuk zararı üzerine olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada; uygulamaların verimi ve antioksidan enzim aktivitesini önemli düzeyde arttırması yanında, çilek yapraklarının soğuktan zararlanmasını azalttığı bulunmuştur (Güneş et al., 2016).

Çileklerde gece-gündüz sıcaklığı; verimi, besin kompozisyonunu ve diğer fizyolojik parametreleri etkilemektedir (Sønsteby and Heide, 2008). Özellikle düşük sıcaklıklar, bor'un eksik olduğu tomuruklarda, don zararına neden olmaktadır (Pietiläinen 1984; Raisanen et al., 2009). Eğer tomurcuk bor'un eksik olduğu koşullarda oluşuyorsa, soğuğa karşı yeterli kadar dayanıklı olamamaktadır (Raisanen et al., 2009). Bor gübrelemesiyle bitkinin organlarında soğuğa karşı toleransın arttığı bildirilmiştir (Bassil et al., 2004). Çünkü, bor direk veya dolaylı olarak hücre duvarını

etkilemekte, bor'un eksik olması durumunda diğer organların soğuğa karşı hassasiyetleri artmaktadır (Huang et al., 2005).

Çalışma sonuçlarında da bildirildiği gibi, bor sadece çiçek ve meyve kalitesini olumlu yönde etkilemeyip, aynı zamanda bitkilerin kuraklık ve düşük sıcaklık gibi stres koşullarına karşı direncini de artırmaktadır.

Çilek Bitkisinde Yapılan Bor Çalışmaları

Ürünlerin bor'a olan talebi verimle ilişkili olup, yüksek düzeyde verimin olması durumunda bitkinin bor'a olan ihtiyacı artmaktadır. Toprakta bor'un bitki tarafından alımı, toprağın zamana bağlı olarak bor sızıntısı, mineralizasyonu ve emilmeyle ilgilidir (Bell, 1997). Çilek aşırı bor'a karşı çok hassas bitkiler sınıfında yer almaktadır. Bor uygulamasının daha önce de bahsedildiği gibi optimum seviyesinin dar bir aralıkta olması ve uygulama miktarının toprak tipine göre değişmesi nedeniyle önemli zorlukları vardır. Araştırmacılar bor'un eksik olduğu topraklarda, çilek yetiştirilmesi halinde 5.5 kg ha^{-1} bor uygulamasının toprak bor seviyesini yeterli düzeye ulaştırabildiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada açıkta ve örtü altı koşullarda, bor uygulaması ile yaprak N ve Ca içeriği azalırken P, K, Zn, Mn ve Cu içeriğinin arttığı gösterilmiştir. Meyvede ise sadece P ve K içeriği artmıştır (Esringü et al., 2011). Başka bir çalışma sonucunda da benzer şekilde bor'un eksik olduğu durumlarda, 5.68 kg ha^{-1} borax (0.64 kg B/ha) uygulamasının çilek yetiştiriciliği için önerilebileceği bildirilmiştir (Purvis and Hanna, 1940).

Çileklerde bor toksisitesinin incelendiği bir çalışmada; yapraklarda 0.32 kg ha^{-1} ve toprakta sıcak su ekstrakt yöntemine göre $1.6 \text{ } \mu\text{g B g}^{-1}$ bulunması durumunda toksisite belirtilerinin görülmeye başlandığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde yaşlı yapraklarda $123 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ bor bulunması durumunda toksisite gözlenmektedir (Haydon, 1981). Aynı çalışmada, 0.32 kg ha^{-1} bor dozunun yaprak kenarlarında düşük düzeyde kıvrılma ve iç damarlarda bronzlaşma meydana getirdiği; 0.64 kg ha^{-1} bor dozunun ise bu etkileri şiddetlendirerek nekrotik bölgeler oluşturduğu görülmüştür. En yüksek dozlar olan 1.28 kg ha^{-1} ve 2.56 kg ha^{-1} bor uygulamalarında ise bitkideki yaprakların % 50'sinin etkilendiği ve iç damarlardaki nekrotik kısımların şiddetinin arttığı, yaprak kıvrılmalarının arttığı ve kıvrılmaların gözlendiği, bitkinin tamamında gelişmede bir azalma olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar

sonucunda bor miktarını belirlemek için alınacak yaprak örneğinin 20 günlük yaprak olması gerektiği savunulmuştur.

Çilekte yaprakta yapılan bor ve kalsiyum uygulamalarının meyve verim ve kalitesine etkilerinin incelendiği bir çalışmada; kalsiyum uygulanmış bitkilerin meyve ve yapraklarındaki kalsiyum içeriğinin, bor uygulanmış bitkilerin yaprak ve meyvelerindeki mikro besin element içeriklerinin önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. Bitkilerde yapılan bu uygulamalar sonucu söz konusu besin element içerikleri artarken, toplam, pazarlanabilir verim, ortalama meyve ağırlığı, bozuk şekilli meyve sayısı, suda çözünebilir kuru madde içeriği ve titre edilebilir asit düzeyi etkilenmemiştir (Wójcik and Lewandowski, 2003). Bir diğer çalışmada ise, çileklere yaprakta B ve Ca ile bunların birlikte yapıldığı uygulamaların meyvelerde bazı kalite parametreleri ve gri küf oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Ca ve Ca+B uygulanan bitkilerde albino meyve miktarı (% 6.7 ve % 6.5) ile gri küf düzeyinin (% 1.3 ve % 1.2) önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Sadece bor uygulamasının gri küf ve albino meyve oluşumuna herhangi bir etki yapmazken, bozuk şekilli meyve oluşumunu (% 3.4 ve % 3.1) önemli ölçüde azaltmıştır. Bu çalışmada genel olarak; Ca+B uygulamalarının 'Chandler' çilek çeşidi için bazı bozuklukların giderilmesi ve daha fazla pazarlanabilir ürün elde edilmesi için faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır (Singh et al., 2007).

Aşırı vegetatif gelişme sonucunda tozlanmada uygun olmayan sonuçlar nedeniyle meyve tutumunda azalma ve bozuk şekilli meyve oluşumu gözlemlenmektedir. Bu kapsamda Puclobutrazol (PP333) uygulaması ve bor'un etkisi 'Selva' çilek çeşidinde incelenmiştir. PP333 uygulaması sonucu bitkinin vegetatif aksamıyla ilgili kuru ve yaş ağırlık miktarları azalmıştır. Bu azalmanın yanında çiçek salkımı ve meyve sayısı artmıştır. Boron (HCB_3) tek başına generatif gelişimi etkilemezken, kombine yapılan uygulama sonucunda en etkin sonuç alınarak meyve ağırlığı yanında meyve sayısı da artmıştır (Abdollahi et al., 2012).

Çalışmalardan da anlaşılacağı gibi bitkilerin yetiştirildiği bölgeler ile uygulama şekillerindeki farklılıklar nedeniyle çileğin bor uygulamalarına karşı göstermiş olduğu tepkiler istikrarlı olamamıştır. Özellikle daha önce de değinildiği gibi bor'un bitki

içerisindeki taşınımının ksilem vasıtasıyla olması nedeniyle, yaprak uygulamalarının etkileri çalışmalara bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bir de bu elementin terleme sonucu yapraklarda birikmesi ve bitkinin generatif organlarına taşınımının sınırlı olması nedeniyle kritik dönemlerde yaprak örnekleriyle birlikte tomurcularda bitki besin element analizleri yapılarak daha aydınlatıcı sonuçlara ulaşmak mümkün gözükmemektedir.

Çilek Yetiştiriciliğinde Bor'un Kullanımı için Öneriler

Bitkilerden yüksek verim ve kaliteli ürün alabilmek için iyi bir gübreleme programı oluşturulmalıdır. Bu kapsamda bitkinin bulunduğu doğal çevredeki iklim ve toprak faktörleri, genotipin bu faktörlere verdiği tepki, genotipin gelişme durumu ve besin elementlerine karşı gösterdiği tepki yanında, besin elementlerinin karşılıklı etkileşim durumları da iyi bilinmelidir. Yapılan çalışmalar çilekte bor elementinin ksilem yardımıyla

taşındığını göstermiştir. Bu durumda bitkinin gelişim dönemine bağlı olarak topraktaki bor seviyesi ve bu elementin bitkinin üst kısımlara taşınmasını sağlayacak olan terleme aktivitesinin en etkin şekilde sağlanması gerekmektedir. Terleme sonucu çilek türünde bor'un yapraklarda biriktiği ve bu elementin floem yardımıyla bitkinin generatif organlarına taşınımında sorunlar olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında; verimli ve kaliteli bir üretim için çilekte yaprak analizlerinin yanında yoğun çiçeklenme dönemlerinin hemen öncesinde çiçek tomurcularında da besin element analizlerinin yapılması yararlı olacaktır. Ayrıca yayla bölgelerde yapılacak yetiştiricilikte, bitkide bor durumuna bakılarak, kışın düşük sıcaklık zararından korunmak için sonbahara giriş döneminde topraktan bitkilere bor takviyesi yapılması önerilmektedir. Son olarak, tüketicilerin sıkça eleştirdikleri çilek tadını oluşturan ikincil bileşiklerin ve aromanın bor uygulamalarından nasıl etkilendiği konularında detaylı çalışmaların yapılmasında yarar vardır.

KAYNAKLAR

- Abdollahi M, Eshghi S, Tafazzoli E, Moosavi N, 2012. Effects of Paclobutrazol, Boric Acid and Zinc Sulfate on Vegetative and Reproductive Growth of Strawberry cv. Selva. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14: 357-363.
- Bassil E, Hu H, Brown PH, 2004. Use of phenylboronic acids to investigate boron function in plants. Possible role of boron in transvacuolar cytoplasmic strands and cell-to-wall adhesion. *Plant Physiology*. 136:3383-3395.
- Bell RW, 1997. Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. *Plant and Soil*. 193: 149-168.
- Blamey FPC, Edwards DG, Asher CJ, 1987. Nutritional Disorders of Sunflower. Department of Agriculture, University of Queensland, St Lucia, Queensland. 72 p.
- Brown PH, Bellaloui N, Wimmer MA, Bassil ES, Ruiz J, Hu H, Pfeffer H, Dannel F, Römhald V, 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology*. 4: 205-223.
- Brown PH, Hu H, 1996. Phloem Mobility of Boron is Species Dependent: Evidence for Phloem Mobility in Sorbitol-rich Species. *Annals of Botany*. 77: 497-505.
- Cakmak I, Kurz H, Marschner H, 1995. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiologia Plantarum*. 95: 11-18.
- Çakmak İ, Römhald V, 1997. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. *Plant and Soil*. 193:71-83.
- Dell B, Huang L, 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*. 193: 103-120.
- Dickinson DB, 1978. Influence of borate and pentaerythritol concentrations on germination and tube growth of *Lilium longiflorum* pollen. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 103: 413-416.
- Dorfmueller W, 1941. Über den Einfluss des Bors auf den Wasserhaushalt der Leguminosen, *Planta* 32: 51-65.
- Erdal I, Kepenek K, Kızılgöz I, 2005. Effect of Elemental Sulphur and Sulphur Containing Waste on The Iron Nutrition of strawberry Plants Grown in a Calcareous Soil. *Biological Agriculture and Horticulture*. 23 (3): 263-272
- Esringü A, Turan M, Günes A, Eşitken A, Sambo P, 2011. Boron application improves on yield and chemical composition of strawberry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. 61: 245-252.
- Giampieri F, Alvarez-Suarez M, Mazzoni L, Romandini S, Bompadre S, Diamanti J, Capocasa F, Mezzetti B, Quiles JL, Ferreira MS, Tulipani S, Battino M, 2013. 'The potential impact of strawberry on human health'. *Natural Product Research*. 27: 448-455.
- Gupta UC, 1980. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*. 31: 273-307.
- Guttridge CG, Turnbull JM, 1975. Improving anther dehiscence and pollen germination in strawberry with boric acid and salts of divalent cations. *Horticulture Research*. 14: 73-79.
- Gülsoy E., Yılmaz H, 2004. Van Ekolojik Koşullarında Farklı Örtü Tiplerinin Bazı Çilek Çeşitlerinin Adaptasyonu Üzerine Etkileri. *Y. Y. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (1): 50-57.

- Güneş A, Turan M, Kitiş N, Tüfenkçi MS, Cimrin KM, Yıldırım E, Erçişli S, 2016. Effects of Bio-Bor Fertilizer Applications on Fruit Yield, Antioxidant Enzyme Activity and Freeze Injury of Strawberry. *Erwerbs-Obstbau*. 3: 177-184.
- Han S, Chen LS, Jiang HX, Smith BR, Yang LT, Xie CY, 2008. Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. *Journal of Plant Physiology*. 165: 1331-1341.
- Haydon GF, 1981. Boron Toxicity of Strawberry. *Commun. Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 12(11): 1085-1091.
- Hu H, Brown PH, Labavitch JM, 1996. Species variability in boron requirement is correlated with cell wall pectin. *Journal of Experimental Botany*. 47: 227-232.
- Huang L, Ye Z, Bell RW, Dell B, 2005. Boron nutrition and chilling tolerance of warm climate crop species. *Annals of Botany*. 96:755-767.
- John MK, Daubeny HA, McElroy FD, Garland M, 1976. Genotype influence on elemental composition of strawberry tissues. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 101: 438-441.
- Kacar B, Katkat AV, 2009. Bor. *Bitki Besleme*, s. 536-560.
- Kluge R, 1971. Contribution to the problem of drought-induced boron deficiency of agricultural crops. *Arch. Acker. Pflanzenbau Bodenkd*. 15: 749-754.
- Kohl HC, Oertli JJ, 1961. Distribution of boron in leaves. *Plant Physiol*. 36: 420-424.
- Li Q, Liu Y, Pan Z, Xie S, Peng S, 2016. Boron deficiency alters root growth and development and interacts with auxin metabolism by influencing the expression of auxin synthesis and transport genes. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 40(4): 661-668.
- Loomis WD, Durst RW, 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors* 3: 229-239.
- Marschner H, 1995. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press.
- Maughan TL, 2013. Optimizing systems for cold-climate strawberry production. Utah State University, Utah, p 137 (All Graduate Theses and Dissertations. Paper 2034).
- Maughan TL, Black B, Drost D, 2015. Critical temperature for sublethal cold injury of strawberry leaves. *Plants, Soils and Climate Student Research*, vol. 1.
- May GM, Pritts MP, 1993. Phosphorus, Zinc, and Boron Influence Yield Components in 'Earliglow' Strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118(1): 43-49.
- Noppakoonwong R, Bell RW, Dell B, Loneragan JF, 1993. An effect of light on the B requirement for leaf blade elongation in black gram (*Vigna mungo*). *Plant and Soil* 155/156, 413-416.
- Noppakoonwong RN, Rerkasem B, Bell RW, Dell B, Loneragan JF, 1997. Prognosis and diagnosis of boron deficiency in black gram (*Vigna mungo* L. Hepper) in the field by using plant analysis. In *Boron in Soils and Plants*. Proceedings. Eds R.W. Bell and B. Rerkasem. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Parr AJ, Loughman BC, 1983. Boron and membrane function in plants. In *Metals and Micronutrients Uptake and Utilisation by Plants*. Eds. D A Robb and WS Pierpoint. Academic Press New York. pp 87-107.
- Peterson LA, Stang EJ, Krueger A, 1986. Growth and nutrient uptake of strawberry during first-year development in a matted-row cultural system. *Adv. Strawberry Prod*. 5: 11-17.
- Pietiläinen P, 1984. Foliar nutrient content and 6-phosphogluconate dehydrogenase activity in vegetative buds of Scots pine on a growth disturbance area. *Commun. Institututi For Fenniae* 123:1-18
- Pinyerd CA, Odum JW, Long FL, Dane JH, 1984. Boron movement in a Norfolk loamy sand. *Soil Science*. 137, 428-433.
- Purvis ER, Hanna WJ, 1940. Vegetable crops affected by boron deficiency in eastern Virginia. *Va. Agric. Exp. Sta. Bull*. 105.
- Raisanen M, Repo T, Lehto T, 2009. Cold acclimation of Norway spruce roots and shoots after boron fertilization. *Silva Fennica* 43(2):223-233.
- Renquist AR, Hughes, HG, 1985. Strawberry cultivar evaluation in Colorado: 1982-1984. *Adv. Strawberry Prod*. 4:53-55.
- Riggs DJM, Righetti TL, Martin LW, 1987. The effect of boron application on boron partitioning in Tristar and Benton strawberries. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 18:1453-1467.
- Salas P, Litschmann T, Saskova H, 2014. Minimum temperatures above different surfaces. In: Ročnovský J, Litschmann T (eds) *Strawberry cultivation*. Mendel a bioklimatologie, Brno, p 9.
- Singh R, Sharma RR, Tyagi SK, 2007. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*. 112: 215-220.
- Sønsteby A, Heide OM, 2008. Temperature responses, flowering and fruit yield of the June-bearing strawberry cultivars Florence, Frida and Korona. *Scientia Horticulturae*. 119:49-54.
- Şimşek, M, 2015. Organik ve Geleneksel Çilek Yetiştiriciliğinin Çevreye Etkilerinin Karşılaştırılması. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çevre Sorunları Sempozyumu ve Çalıştayı, 24-25 Mart 2015, Diyarbakır, 243-248.
- Tewari RK, Kumar P, Sharma PN, 2010. Morphology and oxidative physiology of boron-deficient mulberry plants. *Tree Physiology*. 30: 68-77.
- TÜİK, 2017. Türkiye istatistik kurumu (TÜİK). <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 14 Kasım 2017.
- Wang SY, Camp MJ, 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*. 85:183-199.
- Warrington K, 1933. The influence of length of day on the response of plants to boron. *Annals of Botany*. 47: 429-457.
- Wimmer MA, Eichert T, 2013. Review: Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant Science*. 203-204: 25-32.
- Wójcik P, Lewandowski M, 2003. Effect of Calcium and Boron Sprays on Yield and Quality of 'Elsanta' Strawberry. *Journal of Plant Nutrition*. 26(3): 671-682.
- Wojcik P, Wojcik M, Klamkowski K, 2008. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. *Scientia Horticulturae*. 116: 58-64.
- Yermiyahu U, Keren R, Chen Y, 1995. Boron sorption by soil in the presence of composted organic matter. *Soil Science Society of America Journal*. 59: 405-409.