

## Çilek Bitkilerinde Besin Elementi Miktarına *Verticillium dahliae*'nin Etkisi

Tuba GENÇ KESİMCİ<sup>1\*</sup>, Erkol DEMİRCİ<sup>2</sup>, Uğur ŞİMŞEK<sup>3</sup>, Faruk TOHUMCU<sup>3</sup>, Erhan ERDEL<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişimlerini devam ettirebilmeleri için mutlak gerekli besin elementleri bulunmakta, bu besin elementlerinin eksikliği veya fazlalığı durumunda bitkilerde hastalıklara karşı uygun ortam oluşmaktadır. Bu çalışma; çilekte *Verticillium dahliae* tarafından oluşturulan Verticillium solgunluk hastalığının bitkilerin P, Ca, K, Mg, Na, B, Mn, Fe, Zn ve Cu içeriğinde nasıl bir değişim meydana getirdiğini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla çilek bitkilerinden elde edilen farklı vejetatif uyum gruplarına (VCG 2A, VCG 2B, VCG 4B ve VCGx) ait 19 *V. dahliae* izolatu incelenmiştir. Kontrol bitkileri dahil *V. dahliae* izolatları ile enfekte edilen toplam 200 bitkide besin elementi analizleri yapılmıştır. Kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığı zaman *V. dahliae* enfeksiyonu çilek bitkilerinin P, Ca, K, Mg, B, Mn ve Cu içeriklerinde değişime sebep olmuştur. Bununla birlikte, enfekte olmuş bitkilerin Na, Fe ve Zn içerikleri kontrol bitkilerinden farklı bulunmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çilek, makro element, mikro element, mineral beslenme, *Verticillium dahliae*

### The Effect of *Verticillium dahliae* on the Amount of Nutrients in Strawberry Plants

**ABSTARCT:** There are absolute essential nutrients for plants to maintain their healthy grown, in case of deficiency or excess of these nutrients, a suitable habitat is formed against diseases in plants. In this research, Verticillium wilt disease caused by *Verticillium dahliae* in strawberry plants was carried out to determine how the plants caused a change in the content of P, Ca, K, Mg, Na, B, Mn, Fe, Zn and Cu. For this purpose, 19 *V. dahliae* isolates belonging to different vegetative compatibility groups (VCG 2A, VCG 2B, VCG 4B and VCGx) from strawberry plants were investigated. Nutrient analyzes were performed with 200 plants which were infected with *V. dahliae* isolates including control plants. When compared with control plants, *V. dahliae* infection caused changes in P, Ca, K, Mg, B, Mn and Cu contents of strawberry plants. However, the Na, Fe and Zn contents of the infected plants were not different from the control plants.

**Keywords:** Strawberry, macro element, micro element, mineral nutrition, *Verticillium dahliae*

<sup>1</sup>Tuba GENÇ KESİMCİ (Orcid ID: 0000-0003-2022-0193), Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Iğdır, Türkiye

<sup>2</sup>Erkol DEMİRCİ (Orcid ID: 0000-0002-7176-1654), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, Türkiye

<sup>3</sup>Uğur ŞİMŞEK (Orcid ID: 0000-0003-4710-597X), Faruk TOHUMCU (Orcid ID: 0000-0003-4092-4868), Erhan ERDEL (Orcid ID: 0000-0002-8011-9452), Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Iğdır, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tuba GENÇ KESİMCİ, e-mail: tuba.genc@igdir.edu.tr

Bu çalışmanın özeti International Conference on Advances in Natural and Applied Sciences Kongresi'nde (21-23 Nisan 2016, Antalya) yayımlanmıştır.

## GİRİŞ

Çilek, üzüksü meyveler içerisinde üretim ve tüketim değerleri açısından ilk sırada yer almaktadır (Geçer ve ark., 2018). Çeşitli iklim ve toprak karakterleri bakımından Türkiye çilek üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir (Aybak, 2005). Tüm bitkisel ürünlerde olduğu gibi çilek de biyotik ve abiyotik faktörlerin olumsuz etkisine maruz kalmakta ve bu faktörler ekonomik anlamda verim kayıplarına neden olmaktadır. *Verticillium dahliae* Kleb. biyotik faktörlerden biri olup konukçusu olan bitkilerde solgunluk hastalığına sebep olmaktadır.

Bitki besin elementlerinin eksikliği, çilekte verim kayıplarına neden olan abiyotik faktörler arasında yer alıp, bu elementler bitkilerin sağlıklı büyümesi için gerekli olan elementlerdir. En az 20 elementin mevcudiyeti ile bitkiler optimum büyüme ve gelişme göstermektedir (Tisdale ve ark., 1985; Kacar ve Katkat, 2010). Bitkinin vejetatif ve generatif büyümesi üzerinde etkili olan bu elementlerden karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve kükürt (S) bitkide bol miktarda bulunup makro elementler olarak adlandırılırken; demir (Fe), çinko (Zn), mangan (Mn), molibden (Mo), bakır (Cu), klor (Cl), bor (B), sodyum (Na), kobalt (Co), vanadyum (V) ve silisyum (Si) ise bitkide çok az miktarda bulunup mikro besin elementleri olarak adlandırılmaktadır (Kacar ve Katkat, 2010). Bu besin elementlerinin eksik veya fazla olması ise bitkilerde strese neden olmaktadır (Kocaçalışkan, 2008).

Genel olarak hastalıklarla besin elementi alımı arasında kısır bir döngü olup, besin elementi eksikliği bitkiyi hastalıklara karşı hassas hale getirirken, hastalıklar ise besin elementlerinin alınımını ve kullanımını çeşitli yollarla etkileyerek strese sebep olmaktadır (Uçgun ve Gezgün, 2008). Bazı patojenler bitkilerin kök bölgesinde veya enfekte olmuş dokularında besin elementlerinin etkili bir şekilde kullanılmasını veya taşınmasını

etkilerken, diğer bazı patojenler ise besin elementinin yüksek oranda birikmesine ve toksisitesine neden olmaktadır (Uçgun ve Gezgün, 2008). Ayrıca patojenler, besin elementlerini kullanabilir ve böylece bitkinin besin elementi eksikliği sonucu başka bir enfeksiyona karşı hassasiyetini artırabilir. Özellikle immobil besin maddesi seviyesi optimumun altına düştüğü zaman toprak kaynaklı patojenlerin etkisi oldukça ciddi düzeydedir (Spann ve Schuman, 2009).

Bitki veriminde önemi vurgulanan bitki besin elementleri, genellikle hastalıklara karşı savunmanın da ilk şartı olarak işlev görmektedir (Elmer, 2015). Dordas (2008), toprak fumigasyonu ve nitrifikasyon engelleyicilerin toprakta  $NH^{+4}$ 'ü muhafaza edip Mn, Cu ve Zn'yu artırarak domateste *Verticillium* solgunluk hastalığının oranını azalttığını tespit etmiştir. Bazı besin yönetimlerinin konukçu bitkinin *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*, *Verticillium* ve külleme hastalıklarına karşı dayanıklılıklarını artırdığı belirtilmiştir (Elmer, 2015). Benzer şekilde, K ve Ca uygulamaları fesleğende *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı hassasiyeti azaltmıştır (David ve ark., 2019). Genellikle iyi beslenen sağlıklı bitkiler, besin eksikliği bulunan bitkilere oranla patojenlere karşı daha dayanıklıdır (Spann ve Schuman, 2009).

Çilek bitkileri gelişimlerini sorunsuz bir şekilde devam ettirebilmek için belirli düzeyde makro ve mikro besin elementlerine ihtiyaç duymaktadır. Solgunluk hastalığına neden olan *V. dahliae*'nin enfekteli çilek bitkilerinin P, Ca, K, Mg, Na, B, Mn, Fe, Zn ve Cu içeriğinde ne gibi değişiklikler meydana getirdiğini belirlemek bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmanın materyalini çilek bitkilerinde vejetatif uyum grup (VCG)'larına göre *V. dahliae* izolatlarının virulanslığını

belirlemek için kurulan patojenite denemesi sonucunda elde edilen ve kuru ağırlıkları hesaplanan bitki örneklerinin bir kısmı oluşturmuştur (Genç, 2012). Bu örnekler seçilirken farklı vejetatif uyum gruplarına (VCG

2A, VCG 2B, VCG 4B ve VCGx) ve hastalık şiddetine (%27.5-%85.0) sahip 19 izolat ile kuru ağırlığı 1.57-4.05 g arasında değişen bitkiler dikkate alınmış olup, kontrol ile birlikte toplam 200 bitki analize tabi tutulmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Çalışmada kullanılan *Verticillium dahliae* izolatlarının vejetatif uyum grupları, kuru ağırlıkları ve hastalık şiddeti değerleri (Genç, 2012)

| İzolat No      | Vejetatif Uyum Grubu (VCG) | Kuru Ağırlık (g) | Hastalık şiddeti (%) |
|----------------|----------------------------|------------------|----------------------|
| SGB-3          | VCG 2A                     | 2.49             | 67.5                 |
| SÜ(2)-1        |                            | 1.92             | 77.5                 |
| SGB-5          |                            | 1.98             | 75.0                 |
| SOL(2)-12      | VCG 2B                     | 3.62             | 27.5                 |
| SH(4)-21       |                            | 1.57             | 75.0                 |
| SM3            |                            | 3.19             | 45.0                 |
| SA3            |                            | 2.73             | 35.0                 |
| STR-21         |                            | 4.05             | 60.0                 |
| SH(1)-3        |                            | 1.82             | 72.5                 |
| SH(2)-16       |                            | 2.42             | 57.5                 |
| SOR-5          |                            | 2.63             | 45.0                 |
| SOR-8          |                            | 2.27             | 85.0                 |
| SM28           | VCG 4B                     | 3.62             | 20.0                 |
| SS4            |                            | 2.62             | 50.0                 |
| SH(1)-23       |                            | 1.76             | 65.0                 |
| SH(4)-27       |                            | 2.06             | 72.5                 |
| SH(4)-28       |                            | 2.36             | 85.0                 |
| SK5            | VCGx                       | 1.95             | 72.5                 |
| SKH(A)-19      |                            | 1.51             | 67.5                 |
| <b>Kontrol</b> |                            | <b>3.62</b>      | <b>0.00</b>          |

## Yöntem

Bitkilerde çeşitli besin elementlerinin tayini için kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden 0.5 g alınarak 3 tekerrürlü olarak analiz yapılmıştır. Bitki örneklerinin P, Ca, K, Mg, Na, B, Mn, Fe, Zn ve Cu içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) ile 3 farklı adımda (1. Adım; 145°C'de %75 mikrodalga gücünde 5 dakika, 2. Adım; 180°C'de %90 mikrodalga gücünde 10 dakika ve 3. Adım 100°C'de %40 mikrodalga gücünde 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrodalga yaş yakma ünitesine (CEM Mars Xpress, USA) tabi tutulduktan (Mertens,

2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Thermo Scientific, ICAP 6300 Duo, ICP/OES, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens, 2005b).

## İstatistik analiz

Çalışma sonucu elde edilen veriler SAS paket programı kullanılarak istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Sonuçlara varyans analizi yapılmış olup, daha sonra ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir (P<0.05).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

*Verticillium dahliae*'ya bağlı olarak bitkilerin toprak üstü, kök ve toplam bitki makro besin element içerikleri ile çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre bitkilerin toprak üstü kısmında; VCG 2A (%0.62) hariç, VCG 2B (%0.76), VCG 4B (%0.86) ve VCGx (%0.74) izolatlarının uygulandığı bitkilerin P içeriği ile kontrol bitkilerinin (%0.38) P içeriği arasında istatistiksel olarak farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bitki kök örneklerinin P içeriğinde ise, VCG 4B (%0.45) hariç diğer gruplar kontrol (%0.25) ile aynı grupta yer almıştır. Tüm bitki ortalaması olarak değerlendirdiğimizde %0.47 (VCG 2A) ile %0.66 (VCG 4B) arasında değişim gösteren P içeriğinin kontrolde %0.32 olduğu tespit edilmiştir. Hochmuth ve Albregts (1994) ve Casteel (2004) çilekte yaprak örneklerinde yaptıkları analiz sonucunda yeterlilik sınırlarının %0.20 ile %0.40 arasında, Kacar ve İnal (2008) ise %0.25 ile %1 arasında olduğunu bildirmişlerdir. May ve Pritts (1990) çilekte yaprak örneklerinin P içeriğinin %0.25 ile %0.40 arasında, Çakıcı ve Aydın (2005), Ege Bölgesi'nden aldıkları çilek yaprak örneklerinde %0.15 ile %0.36 arasında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ferree ve Stang (1988), çileğin taç kısmının P içeriğinin %0.25 ile %0.40 arasında değiştiğini belirtmiştir. Bu çalışmada bitkilerin P alımı patojene bağlı olarak değişmiştir ancak gerek kontrol bitkilerinde gerekse bu grupların izolatlarıyla hastalandırılmış bitkilerde P beslenmesi yönünden bir sıkıntının olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analiz neticesinde VCG'larına bağlı olarak P içeriğinde bir azalma olmadığı bilakis en düşük P içeriğinin hastalıkla bulaşık olmayan kontrol grubunda ortaya çıktığı belirlenmiştir. Benzer sonuçlar *Verticillium longisporum* ile enfekteli *Arabidopsis thaliana* bitkilerinde de görülmüş ve bu bitkilerin P konsantrasyonunda artış olduğu rapor edilmiştir (Floerl ve ark., 2010). Bitkilerin hastalıklara

karşı dayanıklılık gösterebilmesi için P'un gerekli bir besin elementi olduğu konusunda araştırmacılar hemfikirdir (Kacar ve Katkat, 2010; Kurt, 2013). Ancak P noksanlığında olduğu gibi fazlalığında da bitkiler olumsuz şekilde etkilenmektedir. P'un fazla olması durumunda bitkiler üzerinde genelde toksik etki görülmemekle birlikte Ca, B, Cu ve Mn noksanlığını teşvik ettiği bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 2010).

Bu çalışmanın sonuçları incelendiğinde; bitki örneklerinin en yüksek Ca içeriğinin, kontrol bitkilerinin (%1.32) toprak üstü aksamından elde edildiği görülmektedir. VCG 2A (%0.93), VCG 2B (%0.97), VCG 4B (%1.00) ve VCGx (%0.95)'de Ca içerikleri hastalık etmenine bağlı olarak önemli ( $P<0.05$ ) derecede azalmış ve kontrolden farklı grupta yer almıştır. Kökten yapılan analizler sonucu tüm VCG'larının Ca içeriğinin kontrol ile aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Bitkinin tamamında ise Ca içeriği %0.94 (VCG 4B) ile %0.81 (VCG 2A) arasında değişmekte olup bu azalış %1.06 kontrol değeriyle istatistiki olarak farklı bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan farklı olarak *V. dahliae* inoküle edilen domates ve patlıcan bitkilerinin Ca içeriğinde kontrole oranla %10'luk bir artış gözlemlenmiştir (Floerl ve ark., 2010). Bununla birlikte Ca içeriğinin, bitki hastalıklarının çıkışına ve şiddetine etki ettiği, ksilem sıvısının Ca içeriği ile *Fusarium oxysporum* hastalığının gelişim ve aktivitesi arasında yakın bir ilişki olduğu belirtilmektedir (Köseoğlu, 1995). Benzer şekilde Ca uygulanmasının, fesleğende *S. sclerotiorum* duyarlılığını önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (David ve ark., 2019). Çilekte Ca için yeterlilik sınırlarını Jones ve ark., (1991) %1.00-%2.50, Campbell ve Miner (2000) %0.50-%1.50 olarak bildirmişlerdir. Jamali ve ark (2015), çalışmalarında Ca içeriğinin çilek toprak üstü aksamında %0.85 ve kök kısmında %0.26 olduğunu bildirmişlerdir. Geçer ve Yılmaz (2012) arazi şartlarında çileğin Ca

içeriğini %0.76 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada bitkinin Ca içeriğinde azalma olmuştur, fakat bu azalış bitkinin yeterlilik sınırının altında olmamıştır.

**Çizelge 2.** *Verticillium dahliae*'ya bağlı olarak çilekte makro besin element içeriklerinin karşılaştırması

|       |                  | Toprak üstü        | Kök                | Genel               |
|-------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| P, %  | Kontrol          | 0.38 b             | 0.25 b             | 0.32 b              |
|       | 2A               | 0.62 ab            | 0.32 ab            | 0.47 ab             |
|       | 2B               | 0.76 a             | 0.36 ab            | 0.56 a              |
|       | 4B               | 0.86 a             | 0.45 a             | 0.66 a              |
|       | x                | 0.74 a             | 0.26 b             | 0.51ab              |
|       | F değeri ve Ö.D. | 2.43*              | 4.19**             | 2.96*               |
| Ca, % | Kontrol          | 1.32 a             | 0.80 ab            | 1.06 a              |
|       | 2A               | 0.93 b             | 0.69 b             | 0.81 b              |
|       | 2B               | 0.97 b             | 0.82 ab            | 0.89 b              |
|       | 4B               | 1.00 b             | 0.88 a             | 0.94 ab             |
|       | x                | 0.95 b             | 0.69 b             | 0.82 b              |
|       | F değeri ve Ö.D. | 2.59*              | 2.61*              | 2.58*               |
| K, %  | Kontrol          | 2.02 a             | 1.01 a             | 1.51                |
|       | 2A               | 1.74 b             | 0.68 bc            | 1.22                |
|       | 2B               | 1.81 ab            | 0.74 b             | 1.28                |
|       | 4B               | 1.90 ab            | 0.73 b             | 1.32                |
|       | x                | 1.95 ab            | 0.51 c             | 1.24                |
|       | F değeri ve Ö.D. | 2.44*              | 3.53**             | 0.498 <sup>ns</sup> |
| Mg, % | Kontrol          | 0.32 a             | 0.44 a             | 0.39 a              |
|       | 2A               | 0.24 bc            | 0.26 bc            | 0.26 b              |
|       | 2B               | 0.23 c             | 0.28 b             | 0.26 b              |
|       | 4B               | 0.23 c             | 0.24 c             | 0.24 b              |
|       | x                | 0.26 b             | 0.22 c             | 0.24 b              |
|       | F değeri ve Ö.D. | 7.86**             | 9.55**             | 12.02**             |
| Na, % | Kontrol          | 0.01               | 0.05               | 0.03                |
|       | 2A               | 0.03               | 0.03               | 0.03                |
|       | 2B               | 0.02               | 0.04               | 0.03                |
|       | 4B               | 0.02               | 0.04               | 0.03                |
|       | x                | 0.02               | 0.03               | 0.03                |
|       | F değeri ve Ö.D. | 1.52 <sup>ns</sup> | 1.91 <sup>ns</sup> | 0.43 <sup>ns</sup>  |

\*\*; $p < 0.01$ , \*; $p < 0.05$ , <sup>ns</sup>; $p > 0.05$  a,b,c,; her element için aynı sütundaki farklı harfler farklı grupları ifade etmektedir

VCG'larına bağlı olarak en düşük K içeriği bitkilerin toprak üstünde VCG 2A, kökte ise VCGx olarak belirlenmiş olup, bu gruplar kontrole oranla önemli ( $P < 0.05$ ) azalmaya sebep olmuşlardır. Bitkilerin K içeriği toprak üstü aksamında %1.95 (VCGx) ile %1.74 (VCG 2A) arasında değişim göstermiş olup kontrolde bu

oran %2.02 olmuştur. Kök kısmında ise %0.51 (VCGx) ile %0.74 (VCG2B) arasında bir değer alıp %1.01 olan kontrol bitkilerinden istatistiki olarak farklı gruplarda yer almışlardır. Weir (1992), pamukta yüksek oranlarda *Verticillium solgunluk* hastalığı ile K eksikliğinin daha şiddetli görülmesini ilişkilendirmiş, V.

*dahliae*'nin enfekte ettiği pamuk bitkilerinin kök ve gövdelerinde K hareketi sınırlandırıldığı için bitkide ani ve şiddetli bir K eksikliği ortaya çıktığını belirtmiştir. Bu anlamda K'un sadece büyüme, gelişme ve metabolik işlevler üzerine değil bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direnç kazanmalarında da önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir (Kacar ve Katkat, 2010).

Kacar ve İnal (2008), çilek yapraklarında K yeterlilik sınırlarının %1.30 ile %3.0 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Çeşitli araştırmacılar çilekte K için kritik değer olarak %1 değerini vermektedirler (Ağaoğlu, 1986; Reuter ve Robinson, 1986; Morard,1987). Çakıcı ve Aydın (2005) yaprak örneklerinin K içeriğinin %0.85 ile %2.15 arasında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir. Demirsoy ve ark. (2010) çilekte taç kısmının K içeriğinin %0.64 ile %1.35 arasında değiştiğini ve yine Demirsoy ve ark. (2012) kök kısmının K içeriğinin %1.59 ile %3.04 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada Geçer ve Yılmaz (2012) arazi şartlarında çileğin K içeriğini %0.98 olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak hastalığa bağlı olarak çilekte K içeriğindeki azalmanın bitkiyi olumsuz etkileyecek düzeyde olmadığını söylenebilir.

Bitkilerin Mg içerikleri incelendiğinde; en yüksek değere bitkilerin toprak üstü (%0.32), kök (%0.44) ve tüm bitki ortalamasında (%0.39) kontrol bitkilerinin sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük değer toprak üstü aksamında VCG 2B ve VCG 4B (%0.23), kökte VCGx (%0.22) ve genelde VCG 4B ve VCGx (%0.24) gruplarında ölçülmüştür. Bu değerler ile tüm VCG'larının kontrolden farklı grupta yer aldığı ve Mg içeriğini önemli derecede düşürdüğü tespit edilmiştir. Çilekte Mg için yeterlilik sınırlarını

Ulrich ve ark (1980) %0.30-0.70, Jones ve ark (1991) %0.25-1.00, Casteel (2004) %0.25-0.45 olarak vermişlerdir. Bitkilerin Mg içeriği yeterlilik kriterleri ile karşılaştırıldığında kontrol bitkileri dışında hemen tüm VCG'larının Mg beslenmesini olumsuz etkilediği ve birçoğunda yeterlilik sınırının altında olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda bitkilerin Na içerikleri VCG'larına göre değişiklik göstermesine rağmen bu değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

VCG 2A, VCG 2B, VCG 4B ve VCGx'e ait izolatların çileğin mikro besin elementleri üzerinde yaptığı değişimler Çizelge 3'de verilmiştir. Bitkilerin B içerikleri toprak üstü aksamında ve kökte patojenden önemli ( $P<0.05$ ) derecede etkilenmiş fakat bu etki sadece bir azalış şeklinde olmamıştır. Bitkilerin toprak üstü aksamlarında en yüksek B içeriği VCG 4B (28.52 ppm) grubu izolatlarından elde edilirken, en düşük B içeriği VCG 2B (23.99 ppm) grubu izolatlarında belirlenmiştir. Kök kısımlarında en yüksek B içeriği VCG 2B (19.45 ppm)'de belirlenmiş olup bu oran kontrolden (16.99 ppm) daha yüksek bir değere sahip olmuştur. En düşük B içeriği ise VCGx (11.92 ppm)'de belirlenmiştir. Tüm bitki ortalaması olarak VCG'larına göre bitki B içeriğindeki değişim istatistiksel olarak farksız bulunmuştur. B için yeterlilik sınırlarını Kacar ve İnal (2008) 23-50 ppm, Campbell ve Miner (2000) 25-50 ppm olarak vermiştir. Yeterlilik kriterleri ile karşılaştırıldığında bitkinin B beslenmesinde problem olabileceği düşünülmekte, ancak kontrol parsellerinde de aynı sorunun olması bu problemin patojenden kaynaklanmadığını göstermektedir.

**Çizelge 3.** *Verticillium dahliae*'ya bağlı olarak çilekte mikro besin element içeriklerinin karşılaştırması

|         |                  | Toprak üstü        | Kök                | Genel               |
|---------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| B, ppm  | Kontrol          | 26.68ab            | 16.99 ab           | 21.84               |
|         | 2A               | 27.27ab            | 12.90 b            | 20.09               |
|         | 2B               | 23.99b             | 19.45 a            | 21.72               |
|         | 4B               | 28.52a             | 17.39 a            | 22.96               |
|         | x                | 24.85ab            | 11.92 b            | 18.39               |
|         | F değeri ve Ö.D. | 2,71*              | 6,61**             | 1,71 <sup>ns</sup>  |
| Fe, ppm | Kontrol          | 162.8              | 768.6              | 465.8               |
|         | 2A               | 147.6              | 471.4              | 309.5               |
|         | 2B               | 162.7              | 575.4              | 369.1               |
|         | 4B               | 722.4              | 591.6              | 657.1               |
|         | x                | 179.2              | 655.3              | 417.2               |
|         | F değeri ve Ö.D. | 0,60 <sup>ns</sup> | 1,35 <sup>ns</sup> | 0,66 <sup>ns</sup>  |
| Mn, ppm | Kontrol          | 359.30 a           | 85.41              | 222.36 a            |
|         | 2A               | 231.33bc           | 84.28              | 157.81 b            |
|         | 2B               | 202.69 c           | 67.27              | 134.99 b            |
|         | 4B               | 230.91 bc          | 97.32              | 164.12 ab           |
|         | x                | 277.92 ab          | 83.79              | 180.86 ab           |
|         | F değeri ve Ö.D. | 4.89**             | 2.12 <sup>ns</sup> | 2.42*               |
| Zn, ppm | Kontrol          | 78.73              | 98.18              | 88.46               |
|         | 2A               | 61.16              | 72.58              | 66.87               |
|         | 2B               | 39.11              | 94.99              | 67.05               |
|         | 4B               | 48.06              | 82.34              | 65.20               |
|         | x                | 43.20              | 64.07              | 53.64               |
|         | F değeri ve Ö.D. | 1.72 <sup>ns</sup> | 1.78 <sup>ns</sup> | 1.036 <sup>ns</sup> |
| Cu, ppm | Kontrol          | 8.80 a             | 12.75              | 10.78 a             |
|         | 2A               | 7.32 ab            | 8.12               | 7.72 b              |
|         | 2B               | 3.61 c             | 8.46               | 6.04 b              |
|         | 4B               | 5.46 b             | 8.55               | 7.01 b              |
|         | x                | 5.49 abc           | 7.06               | 6.28 b              |
|         | F değeri ve Ö.D. | 6.17**             | 1.91 <sup>ns</sup> | 3.88**              |

\*\*; $p < 0.01$ , \*; $p < 0.05$ , <sup>ns</sup>; $p > 0.05$  a,b,c,; her element için aynı sütundaki farklı harfler farklı grupları ifade etmektedir

Bu çalışmada çilek bitkilerinin Fe içeriğinin, patojenden etkilenmediği belirlenmiştir. Bu konuda yapılan bir çalışmada *V. dahliae* ile inoküle edilen domates ve patlıcan bitkilerinde de benzer sonuçlar rapor edilmiş olup, bu bitkilerin Fe içeriğinde bir değişim olmadığı tespit edilmiştir (Karagiannidis ve ark., 2002)

Bitkilerin Mn içeriği VCG'larına bağlı olarak toprak üstü aksamda ve tüm bitki ortalamasında önemli ( $P < 0.05$ ) derecede değişim

göstermiş, kök kısmında ise istatistiksel olarak bir değişim saptanmamıştır. Toprak üstü aksam (359.30 ppm) ve tüm bitkide (222.36 ppm) en yüksek Mn içeriği kontrol bitkilerinde ölçülürken, en düşük değer ise VCG 2B (202.69 ppm) izolatlarıyla inoküle edilen bitkilerde belirlenmiştir. Bitkilerin Mn içerikleri toprak üstü aksamda 202.69 ile 277.92 ppm, tüm bitki ortalaması olarak ise 134.99 ile 180.86 ppm arasında değişim göstermiştir. Mn için yeterlilik sınırlarını Jones ve ark., (1991) 50-200 ppm,

Campbell ve Miner (2000) 30-300 ppm, Kacar ve İnal (2008) 50-200 ppm olarak vermiştir. Bitkilerin Mn alımı *V. dahliae*'ya bağlı olarak azalmış fakat kritik seviyenin altına gerilememiştir. Çileğin Mn içeriğini Çakıcı ve Aydın (2005) 45-135 ppm, Geçer ve Yılmaz (2012) 210.96 ppm, Jamali ve ark. (2015) 103 ppm, Demirsoy ve ark. (2012) kökte 14.4-94.8 ppm vejetatif kısımda ise 36.5-89.5 ppm olarak bildirmişlerdir. Genel olarak hastalıklı bitkilerin Mn içeriği sağlıklı bitkilerden daha düşük olarak bulunmakta ve bu durum bitki hastalıkları ile Mn arasındaki yakın ilişkiyi göstermektedir. Bazı toprak kaynaklı patojenler, topraktaki Mn'ı okside edip, yüksek bitkiler tarafından kullanılamaz hale getirmektedir. Bu durum Mn alımının azalmasına ve bitkide hastalığa karşı dayanıklılığın düşmesine sebep olmaktadır (Anonymous, 2019).

Bitkilerin Zn içeriği kontrole göre hastalıkla bulaşık bitkilerde azalma göstermiş olmasına karşın istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde Karagiannidis ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, *V. dahliae*'nin domates ve patlıcanın Zn içeriğinde bir değişim meydana getirmeden kontrol bitkileri ile aynı grupta yer aldığı tespit edilmiştir.

Bitkilerin toprak üstü aksamı ve tüm bitki ortalamasının Cu içeriği değerleri kontrol bitkilerine göre hastalıkla bulaşık bitkilerde azalma göstermiştir. Gerek toprak üstü aksam gerekse tüm bitki ortalaması olarak en düşük Cu değerleri 3.61 ppm ile VCG 2B grubu izolatlarla bulaşık bitkilerde ortaya çıkmıştır. Bitkilerin Cu içerikleri toprak üstü aksamda 3.61 ppm (VCG 2B) ile 7.32 ppm (VCG 2A ), tüm bitki ortalaması olarak ise 6.04 ppm (VCG 2B) ile 7.72 ppm (VCG 2A) arasında değişmiş olup, kontrolden farklı grupta yer almıştır. Çilek için Cu yeterlilik sınırını Reuter ve Robinson (1986) 5-10 ppm, Campbell ve Miner (2000) 3-15 ppm, Kacar ve İnal (2008) 6-50 ppm olarak bildirmektedir. Buna göre VCG 2B gurubu izolatların kullanıldığı bitkilerde hastalık bitkinin

Cu beslenmesini yeterli seviyenin altına indirmiştir. VCG 4B ve VCGx grubu izolatlarda ise alt sınır değerine yaklaşılmıştır. Cu, fungusit olarak yaygın kullanılan bir besin elementi olmakla birlikte, Cu eksikliği bitkide hastalığa karşı dayanıklılığı düşürmektedir (Spann ve Schumann, 2010). Bu anlamda *V. dahliae* izolatlarının Cu oranını düşürmesi önem arz etmektedir.

## SONUÇ

Genellikle bitki hastalıkları ile mücadelede kullanılan kültürel uygulamalar, çeşitli besin elementlerinin mevcudiyetini artırıp azaltarak hastalığın gelişimini etkilemektedir (Huber ve Graham, 1999). Bitki besleme, sağlıklı bitki gelişimini sürdürmede ve bitki hastalıklarını baskılamada gerekli olan temel stratejilerden biridir. Bu nedenle tam ve dengeli besleme bitkiyi hastalıklara karşı korumada her zaman ilk seçenek olmalıdır (Elmer, 2015).

*Verticillium dahliae*'nin farklı VCG'larına ait izolatların çilekte mineral beslenme üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada, patojen çileğin Ca, K, Mg, Mn ve Cu içeriğinde istatistiki olarak azalmaya sebep olmuştur, ancak bu azalma Mg ve Cu dışındaki besin elementlerinde bitkinin besin elementi içeriğini yeterli aralığın altına indirmemiştir. Mg ve Cu'da ise bazı VCG'larında kritik seviyenin altında değerler kaydedilmiş, bazılarında ise yeterli aralığın alt sınırında kalmıştır. P'daki değişim kontrole kıyasla istatistiki açıdan önemli bulunmuştur, ancak bu farklılık artış yönünde olmuştur. Benzer şekilde bitkilerin toprak üstü aksamında VCG 4B izolatları B içeriğini artırmıştır. İncelenen besin elementlerinden Na, Fe ve Zn içeriğinin ise *V. dahliae* izolatlarından etkilenmediği tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, *V. dahliae*'nin çilek bitkilerinin besin elementi içeriğinde yaptığı değişiklikleri bilmek hastalıkla mücadele açısından önemli katkılar sağlayacaktır.



**KAYNAKLAR**

- Ağaoğlu YS, 1986. Üzümsü Meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 984, s.29-143, Ankara-Türkiye.
- Anonymous, 2019. The relationship between nutrients and other elements to plant diseases. [http://www.spectrumanalytic.com/support/library/pdf/relationship\\_between\\_nutrients\\_and\\_other\\_elements\\_to\\_plant\\_diseases.pdf](http://www.spectrumanalytic.com/support/library/pdf/relationship_between_nutrients_and_other_elements_to_plant_diseases.pdf) (Erişim tarihi:11.04.2019).
- Aybak HÇ, 2005. Çilek yetiştiriciliği. Hasad Yayincılık, s.12, İstanbul-Türkiye.
- Campbell CR, Miner GS, 2000. Strawberry, annual hill culture. In C.R. Campbell (ed.) Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. South. Coop. Ser. Bull. 394. N.C. Dep. Agric. Consumer Serv., Raleigh.
- Casteel S, 2004. Strawberry fertility and nutrient management. In: Strawberry plasticulture notebook-a guide to strawberry plasticulture production. Raleigh (NC): The North Carolina Strawberry Association. (pages not consecutively numbered).
- Çakıcı H, Aydın Ş, 2005. Emiralem-İzmir yöresi çilek plantasyonlarının beslenme durumu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(1): 155-166.
- David DR, Yermiyahu U, Fogel M, Faingold I, Elad Y, 2019. Plant nutrition for management of white mold in sweet basil. *Phytoparasitica*,47(1): 99-115.
- Demirsoy L, Demirsoy H, Balcı G, 2012. Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1): 125-129.
- Demirsoy L, Demirsoy H, Ersoy B, Balcı G, Kızılkaya R, 2010. Seasonal variation of N, P, K and Ca content of leaf, crown and root of 'Sweet Charlie' strawberry under different irradiation. *Zemdirbyste-Agriculture.*, 97(1): 23-32.
- Dordas C, 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development*, 28(1): 33-46.
- Elmer HW, 2015. Using mineral nutrition to suppress plant diseases. The Connecticut Agricultural Experiment Station Fact Sheet.
- Ferree DC, Stang EJ, 1988. Seasonal plant shading, growth and fruiting in "Earliglow" strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(3): 322-327.
- Floerl S, Druebert C, Aroud HI, Karlovsky P, Polle A, 2010. Disease symptoms and mineral nutrition in *Arabidopsis thaliana* in response to *Verticillium longisporum* VL43 infection. *Journal of Plant Pathology*, 92(3): 693-700.
- Genç T, 2012. Erzurum ve Erzincan illerinde çilek bitkilerinden izole edilen *Verticillium dahliae*'nin vejetatif uyum grupları, patojenitesi ve biyolojik mücadelesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış).
- Geçer MK, Gündoğdu M, Başar G, 2018. Bazı çilek çeşitlerinin merzifon (Amasya) ekolojisindeki verim durumlarının tespiti. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2): 11-15.
- Geçer MK, Yılmaz H, 2012. Örtü altı ve açık arazi koşullarında üretilen bazı çilek çeşitlerine ait fidelerin besin elementi içerikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 22 (1): 1-6.
- Hochmuth G, Albrechts E, 1994. Fertilization of strawberries in Florida. University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, EDIS.
- Huber DM, Graham RD, 1999. The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases. Mineral nutrition of crops: fundamental mechanisms and implications, pp.169-206. Newyork-London.

- Jamali B, Esghi S, Tafazoli E, 2015. Mineral composition of 'Selva' strawberry as affected by time of application of nitric oxide under saline conditions. *Horticulture Environment and Biotechnology*. 56(3): 273-279.
- Jones, JR, Wolf B, Mills HA, 1991, Plant analysis handbook, micro-macro Publishing Inc., USA, pp. 1-213.
- Kacar B, Katkat VA, 2010. Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849, İstanbul-Turkey.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No: 1241, İstanbul -Turkey.
- Karagiannidis N, Bletsos F, Stavropoulos N, 2002. Effect of *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. *Scientia Horticulturae* 94(1-2): 145-156.
- Kocaçalışkan İ, 2008. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın No:1338, s.267, Ankara-Türkiye.
- Köseoğlu AT, 1995. Bitkilerde kalsiyum beslenmesinin bitki hastalıkları üzerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1): 271-277.
- Kurt Ş, 2013. Bitki hastalıkları ile savaş yöntemleri ve ilaçlar. Akademisyen kitabevi, 1-242, Ankara-Türkiye.
- May GM, Pritts MP, 1990. Strawberry nutrition. *Adv. Strawberry Prod*, 9: 10-24.
- Mertens D, 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. *Official Methods of Analysis*, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 1-2, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Mertens D, 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis*, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Morard P. 1987. Strawberry. Pages 688-694. In: Martin-Prevel P, Gagnard JJ, Gautier P (Ed.). *Plant Analysis. As a Guide to the Nutrient Requirements of Temperate and Tropical Crops*. Lavasier Publishing Inc. 175 Fifth Avenue, New York, N.Y. 10010, USA.
- Spann TM, Schumann AW, 2009. The role of plant nutrients in disease development with emphasis on citrus and huanglongbing. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 122: 169-171.
- Spann TM, Schumann AW, 2010. Mineral nutrition contributes to plant disease and pest resistance. *UF/IFAS Extension*. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Reuter DJ, Robinson JB, 1986. *Plant analyses: an interpretation manual*. Inkata press Proprietary Ltd. Melbourne and Sydney. pp. 219.
- Ulrich A, Mostafa MAE, Allen WW, 1980. Strawberry deficiency symptoms. A visual and plant analysis guide to fertilization. *University of California* 633.63 U17s Ej.1 018940, pp.58.
- Uçkun K, Gezgin S, 2008. Makro bitki besin elementlerinin hastalıklarla ilişkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8-10 Ekim 2008, Konya.
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD, Havlin JL, 1985. *Soil and fertilizer potassium. Soil fertility and fertilizers*, 4 Edition, pp. 249-291, Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Weir BL, DeVay JE, Wakeman RJ, 1992. Potassium deficiencies in cotton go down, yields go up. *California Agriculture*, 46(3): 17-18.