

Bitki besin elementlerinin önemi ve orman fidanlıklarında gübrelemenin rolü

Nuray Çiçek^a, Bekir Cengil^b, Cengiz Yücedağ^{c,*}

Özet: Fidanlıklarda üretimin temel amacı morfolojik, fizyolojik ve genetik özellikler bakımından üstün fidan (kaliteli fidan) elde etmektir. Bu amaç doğrultusunda, fidanlıklarda uygulanan önemli bakım işlemlerinden birisi gübrelemedir. Gübreleme, bitki gelişim bozukluklarını önlemek için kullanılan etkin bir yöntemdir. Bu işlem, yetiştirme ortamında bitki besin elementinin eksikliği ya da yüksek pH, havalanma, su stresi gibi nedenlerden dolayı mevcut bitki besin elementlerinin alınmaması durumlarında uygulanır. Bu çalışma, bitki besin elementlerinin işlevleri ve orman fidanlıklarında gübrelemenin rolüne odaklanmıştır. Kaliteli fidan elde etmek için yetiştirme ortamının yeterli ve dengeli miktarda bitki besin elementlerini içermesi gerekmektedir. Doğru ve zamanında yapılan gübreleme bitki besleme açısından son derece önemlidir. Bugüne kadar orman ağaçlarının fidanları üzerine gübrelemenin etkilerini araştıran çalışmalar çoğunlukla azot, fosfor ve potasyumu test etmişlerdir. Bu anlamda, diğer bitki besin elementlerinin fidan gelişimine etkilerinin belirlenmesi fidan yetiştirme çalışmaları için yararlı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Fidanlık, Bitki besin elementleri, Gübreleme, Orman

The importance of plant nutrients and the role of fertilization in forest nurseries

Abstract: The main purpose of production in nurseries is to obtain quality seedlings. In accordance with this purpose, one of the important maintenance operations applied in nurseries is fertilization. Fertilization is an effective method used to prevent plant growth disorders. This application is performed in cases where the existing plant nutrients cannot be taken because of the causes such as high pH, aeration, water stress or plant nutrients are deficiency. This study focuses on the functions of plant nutrients and the role of fertilization in forest nurseries. In order to obtain quality seedlings, the growing medium should contain sufficient and balanced plant nutrients. Correct and timely fertilization is the utmost importance for plant nutrition. Studies investigating the effects of fertilization on seedlings of forest trees tested mostly nitrogen, phosphorus and potassium. In this sense, identifying the effects of other plant nutrients on seedling growth would be beneficial for seedling production activities.

Keywords: Nursery, Plant nutrients, Fertilization, Forest

1. Giriş

Ormanlar, kendilerini yenileyebilme özelliğine sahiptir. Ama Türkiye’deki gibi optimum koşullarda oluşmayan ormanlar için ağaçlandırma çalışmaları yapılmalıdır (Divrik 2019). Bu bağlamda, büyük miktarda kaliteli fidan üretimine ve verimli fidanlıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Fidanlık, “belirli amaçla daha sonra başka bir yere dikilmek üzere gerekli fidanları yetiştirmeye yarayan arazi alanı” olarak tanımlanmaktadır. Fidanlıkların verimliliği ve sürdürülebilirliği ilk planlama aşamasındaki başarıları ile doğru orantılıdır. Bu bağlamda ilk olarak fidanlığın kuruluş amacı, bu amaca uygun işletme tipi ve yeri dikkatle tespit edilmelidir (Gezer ve Yücedağ 2013). Diğer taraftan yetiştiricilik için yer seçiminde iklim faktörleri, toprak özellikleri ve bitki besin elementlerinin kontrolü de önemli bir rol oynamaktadır (Acem 2022). Bitkisel üretimin ve fidanlık yetiştiriciliğinin temel amacı nitelikli ve bol ürün elde etmektir. Bu durum bütün bitkilerin doğal yetişme ortamı olan toprağın verim gücünün korunması ve sürdürülebilirliği ile sağlanır. Toprak dinamik bir sistemdir ve bitkilere sağladığı su ve

bitki besin elementi oranında verimlidir. Bu bağlamda fidanlıkların sürekliliği toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tarafından verim düşmesine sebep olmayacak şekilde sağlanmalıdır (Çiçek vd. 2012, Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015, Çiçek ve Yücedağ 2021). Yetiştirilecek ürün desenine göre uygun ortamlar hazırlanmalı (Çiçek 2010) ve bitkisel üretim esnasında fidanlık topraklarının bitki besin elementleri bakımından yoksunluğa maruz kalmaması sağlanmalıdır. Bu nedenle nitelikli ve bol fidan üretimi için fidanlık toprağı izlenmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Toprakta bitki besin elementlerinin azalması; bitkiler tarafından bitki besin elementlerinin alınması, yıkanarak besin elementlerinin topraktan uzaklaşması, erozyon ile besin elementlerinin azalması ve gaz şeklinde oluşan kayıplar gibi nedenler ile gerçekleşmektedir (Kacar ve Katkat 2015).

Bitkilerin, toprak altı (kökleri) ve toprak üstü (yaprak, dal ve gövdeleri) organları ile yetiştikleri ortamdan 74 farklı elementi alabildiği tespit edilmiştir (Kacar vd. 2006, Kacar 2012). Fakat bu elementlerin bir bölümü bitkiler için hayati önem taşımaktadır. Bu elementler

^a Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı

^b Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı

^c Peyzaj Mimarlığı bölümü, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur

* Corresponding: yucedagc@gmail.com

Received: 13.04.2022, Accepted: 28.04.2022



Citation: Çiçek, N., Cengil, B., Yücedağ, C. (2022). Bitki besin elementlerinin önemi ve orman fidanlıklarında gübrelemenin rolü. Theoretical and Applied Forestry 1: 26-32.
doi: [10.53463/tafor.2022vol2iss1pp26-32](https://doi.org/10.53463/tafor.2022vol2iss1pp26-32)

“mutlak gerekli besin elementi” olarak isimlendirilmektedir (Kacar 2012).

Fidanlık yetiştiriciliği için bilinmesi ve takip edilmesi önemli olan mutlak gerekli bitki besin elementlerinin sayılarında ve sınıflandırılmalarında değişik kaynaklar arasında farklılıklar bulunmaktadır (Kacar 2012). Mutlak gerekli besin elementlerinin sayılarındaki farklılığın temel nedenleri ise bazı elementlerin tüm bitkiler için mutlak gerekli olduğunun kabul edilmemesi, gelişen araştırma teknikleri ve teknoloji sayesinde yeni elementlerin listeye dahil olmasıdır (Aktaş 1995, Kacar 2012). Mutlak gerekli elementlerin sınıflandırılmasında veya gruplandırılmasında kabul görmüş genel bir ilke bulunmamasına rağmen, araştırmacılar tarafından bitkilerde bulunuş miktarlarına göre “makro” ve “mikro” elementler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Diğer taraftan mutlak gerekli olmayan ve bitkiler için “yararlı” besin elementleri olarak sınıflandırılacak bir grupta mevcuttur (Kacar 2012).

Gübreleme, özellikle fidanlıklarda meydana gelebilecek bitki gelişim bozukluklarını önleme ve gidermede kullanılabilecek etkin bir yöntemdir. Gübreleme, yetiştirme ortamında veya toprakta yeteri kadar mevcut olmayan ya da mevcut olmasına karşın bazı nedenlerden dolayı (yüksek pH, havalanma, su stresi vb.) bitkiler tarafından yeteri kadar alınamayan besin elementlerinin yetiştirme ortamına, toprağa veya bitkiye verilmesi işlemidir. Farklı niteliklerdeki gübreler, doğrudan veya dolaylı olarak fidanlık toprağını ve fidanları etkileyebilmektedir (Brohi vd. 2012, Gezer ve Yücedağ 2013, Kacar ve Katkat 2015).

Bu derleme çalışmada, öncelikle bitki besin elementlerinin işlevleri ele alınmış ve daha sonrasında da bugüne kadar yapılmış olan gübreleme çalışmalarına dayanılarak fidanlıklarda gübrelemenin rolü irdelenmiştir.

2.1. Mutlak gerekli makro bitki besin elementlerinin işlevleri

2.1.1 Azot (N)

Noksanlığı en fazla hissedilen bitki besin elementi olan azot (Huber ve Thompson 2007) bitkiler tarafından NO_3^- ve NH_4^+ formlarında alınır (Mengel vd. 1983). Bitkilerin azot içerikleri, bitki çeşidine ve hatta genotiplerine göre bile farklılık gösterebilir (Mills ve Jones Jr. 1996, Çakmak vd. 2003). Bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal tepkimelerde azotun rolü çok önemlidir. Çünkü azot proteinlerden nükleik asitlere değin pek çok organik bileşiğin ve hücre duvarının yapısında bulunur. Ayrıca klorofil molekülünün de temelini oluşturmaktadır. Azot noksanlığında gelişimi gerileyen ve yaprak alanı indeksi küçülen bitkiler güneş enerjisinden daha az yararlanır ve dolayısıyla fotosentez daha az gerçekleşir. Azot noksanlığı sebebiyle bitkilerde kök/gövde oranı belirgin bir şekilde artış gösterir. Azot elementi, bitki ve çevre koşullarına bağlı olarak fidanların hastalıklara karşı dayanımını artırır. Fakat gereğinden fazla miktarda

bulunan azot bodurlaşmaya ve mantar hastalıklarına sebep olur (Kacar 2012).

2.1.2. Fosfor (P)

Fosfor, bitkiler tarafından H_2PO_4^+ ve HPO_4^{2-} formlarında alınır ve toprak çözeltisindeki miktarı 0,3 ile 3 mg kg^{-1} arasında değişir. Bitkiler gelişimlerinin ilk evrelerinde fosfora daha çok ihtiyaç duyarlar (Kacar 2012). Bitki bünyesinde meydana gelen bütün metabolik olaylarda (fotosentez, karbon fiksasyonu ve asimilasyonu vb.) fosfat bileşikler etkin rol oynar (Usuda ve Shimogawara 1991, Halsted ve Lynch 1996). Diğer taraftan fosfor bitkilerde genlerin ve kromozomların oluşumunda, hücrelerin bölünmeleri ve gelişiminde etkilidir (Brady ve Weil 2002). Fosfor noksanlığında bitki büyümesi geriler, fide boyu, gövde ve yaprak çapı küçülür, yaprak sayısı azalır. Dolayısıyla, bitki bünyesi odunsu görünüm yerine narin bir görünüme sahip olur (Kacar 2012).

2.1.3. Potasyum (K)

Potasyum, bitkiler tarafından K^+ formunda alınır ve doğada bol miktarda bulunmasına karşın toprak çözeltisinde (K^+ iyonları) miktarı %0,1 ile %0,2 arasında değişir. Bitkiler için hayati önem taşıyan potasyum, bitkilerin nitelik ve niceliğini yani kalitesini artırır, don, hastalık ve zararlılardan korunmalarını sağlar (Kacar 2012). Bitki bünyesindeki enzimlerin aktive edilmesinde (Mengel 2007), protein sentezinde (Wyn Jones ve Pollard 1983) ve fotosentez üzerinde hayati öneme sahiptir (Kacar ve Katkat 2015). Potasyum noksanlığında; bitkilerde yeteri kadar turgor oluşmaması nedeni ile büzülmeler ve hücre ölümleri gerçekleşir, vejetatif gelişme ve büyüme geriler, kök gelişimi olumsuz etkilenir (Jordan-Meille ve Pellerin 2004). Potasyum noksanlığının ileri aşamalarında gerekli enerji aktarılmadığından kloroplastlar ve mitokondri zarar görür. Ayrıca, kütin oluşumundaki gerileme sebebi ile bitkide su kullanım etkinliği (water use efficiency, WUE) bozulur.

2.1.4. Kalsiyum (Ca)

Kalsiyum, bitkiler tarafından Ca^{2+} formunda alınır. Yerkabuğunda en çok bulunan beş elementten biri olan kalsiyumun bulunma oranı yaklaşık %3,6'dır (Kacar ve Katkat 2015). Kalsiyum; hücre bölünmesi, uzaması ve membranların güçlenmesinde önemli rol oynar (Fageria vd. 1997). Ayrıca stomaların çalışmasını düzenler (Kacar 2012). Rizosfer bölgesinde yeterli miktarda kalsiyumun bulunması durumunda, biyotik ve abiyotik stresin olumsuz etkisi bir miktar giderilebilir (Reddy ve Reddy 2002). Aynı zamanda kalsiyum, bitki dokularında besin elementleri arasındaki dengeyi sağlar ve ağır metallerin toksik etkilerinin giderilmesinde de önemli rol oynar (Epstein ve Bloom 2005, Kacar 2012). Kalsiyum noksanlığında, gövde ve kök gelişimi geriler ve bitkiler mantar hastalıklarına karşı daha savunmasız olur (Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015).

2.1.5. Magnezyum (Mg)

Magnezyum bitkiler tarafından Mg^{2+} formunda alınır ve yer kabuğundaki miktarı yaklaşık %1,93'dür (Kacar ve Katkat 2015). Magnezyumun, bitkilerde kök ve gövde üzerine olan olumlu etkileri yanında (Çakmak ve Yazıcı 2010), birçok enzim aktivasyonunu sağlaması, klorofil oluşumu, protein sentezi, fotosentetik karbon dioksit özümlemesi, kloroplastlarda ATP oluşumu, fotosentez ürünlerinin kullanım ve dağıtımı, floem iletim borularının yüklenmesi ve yaprak dokularında fotooksidasyonun gerçekleşmesi gibi çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal prosesin yerine getirilmesi hususunda önemli işlevleri vardır (Kacar 2012). Magnezyum noksanlığında kök gelişimi geriler (Fageria ve Souza 1991), kök ve gövde oranı artar (Clark 1993), bitkiler zayıf ve bodur gelişir, üreme organları zarar görür (Fageria ve Gheyi 1999). Diğer taraftan magnezyum noksanlığında, topraktaki *Rizobiyum* bakterileri ve dolayısı ile azot fiksasyonu olumsuz etkilenir (Kacar 2012). Magnezyum fazlalığına bitkilerde çok sık rastlanmaz fakat gereğinden fazla uygulanan magnezyum bitkilerde kalsiyum, potasyum ve mangan alımını geriletir (Jones ve Huber 2007, Kacar 2012).

2.1.6. Kükürt (S)

Kükürt, bitkiler tarafından SO_4^{2-} formunda alınır (Kacar ve Katkat 2015) ve ılıman bölge topraklarında miktarı yaklaşık 50-400 mg kg^{-1} olarak değişmektedir (Simon-Sylvestre 1969). Kükürt bitkilerde sistin, sistein ve methionin gibi amino asitlerin ana bileşenidir ve klorofil molekülünün yapısında yer alan ayrıca klorofil oluşumu için de gerekli olan bir elementtir. Kükürt enzimlerin aktive edilmesinde, yükseltgenme ve indirgenme tepkimelerinde yer alır. Vitaminlerin oluşumunda ve bazı hormonlar ile gutasyon sentezinde etkili olan bir elementtir. Diğer taraftan kükürt; ağır metal, kuraklık, soğuğa dayanıklılık ve toprak kökenli hastalıkların önlenmesinde etkilidir (Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015). Kükürt noksanlığında bitkilerde protein sentezi, yaprak alanı, yapraklarda ki klorofil içeriği, sürgün ve kök büyümesi azalır (Okur 2021). Kükürt fazlalığında ise bitkilerin büyümesi geriler ve bodurlaşır. Yapraklarda kahverengi nekrozlar gözlemlenir, tepe sürgünlerinde kurumalar ve yanmalar meydana gelir (Mengel ve Kirkby 2001, Turan ve Horuz 2012, Okur 2021).

2.2. Mutlak gerekli mikro bitki besin elementlerinin işlevleri

2.2.1. Demir (Fe)

Demir bitkiler tarafından Fe^{2+} ve Fe^{3+} formlarında alınır ve yer kabuğundaki miktarı yaklaşık %5 seviyelerindedir. Ancak toprak çözeltisinde bulunan bitkiye yararlı demir miktarı genelde %0.02 ile %10 seviyelerinde olmasına karşın ortalama %3.8 civarındadır (Kacar ve Katkat 2015). Demir, bitki bünyesinde çeşitli maddeler ile birlikte kolayca kompleks oluşturur (kleyt). Bu sayede

birçok biyolojik aktivitede önemli roller üstlenir (Kacar 2012). Klorofil ve protein sentezlerinde, azot fiksasyonunda, fotosentez ve elektron aktarılmasında demir elementi gereklidir (Kacar 2012). Aynı zamanda enzim sistemlerinde bulunarak önemli işlevleri yerine getirir (Kacar ve Katkat 2015). Demir noksanlığında klorofil oluşumu azalır, buna bağlı olarak protein sentezi azalır ve enzim aktiviteleri olumsuz etkilenir (Kacar 2012). Demir toksisitesi arazi şartlarında pek fazla görünmez ancak genellikle su ile kaplı alanlarda karşılaşılan bir durumdur (Kacar 2012, Okur 2020).

2.2.2. Mangan (Mn)

Mangan, bitkiler tarafından Mn^{2+} formunda alınır ve topraklarda 20 ile 300 mg kg^{-1} arasında değişerek ortalama 60 mg kg^{-1} civarında bulunur (Kacar ve Katkat 2015). Mangan bitkilerde çeşitli metabolik tepkimeleri aktive eder, enzimlerde kofaktör-aktivatör olarak rol oynar, oksidasyon-redüksiyon tepkimelerinde ve elektron aktarım sistemlerinde etkilidir. Diğer taraftan nitrat asimilasyonunda, demir metabolizmasında, fotosentezde ve klorofil oluşumunda görev yapar, çimlenmeyi ve bitkilerin olgunlaşmasını hızlandırır ayrıca hastalıklara karşı dayanımı artırır (Kacar 2012). Mangan noksanlığında en fazla kloroplastlar zarar görür ve bitki hücreleri küçülür (Mengel vd. 2001, Okur 2021). Bitkide yapraklar ve kökler bu durumdan olumsuz etkilenir, don zararlarına karşı dayanıklılık azalır (Kacar 2012). Mangan fazlalığı ise demir, kalsiyum ve magnezyum gibi elementlerin noksanlığına neden olabilir (Okur 2021).

2.2.3. Çinko (Zn)

Çinko, bitkiler tarafından Zn^{2+} formunda alınır ve yer kabuğundaki miktarı yaklaşık olarak 80 mg kg^{-1} civarındadır. Fakat topraklarda 10 ile 300 mg kg^{-1} arasında değişen miktarlarda çinko bulunmasına rağmen çinkonun büyük bir kısmı minerallerin yapısında çözülemez formdadır. (Kacar ve Katkat 2015). Hodgson vd (1966)'ya göre toprak çözeltisindeki çinko miktarı 3.10^{-8} - 3.10^{-6} M arasında değişir. Çinko bitkilerde fotosentez (Alloway 2008, Kacar 2012), triptofen ve protein sentezi ayrıca şeker oluşumunda etkilidir (Kacar 2012). Biyolojik membranların bütünlüğü ve sağlamlığını sağlar, bu nedenle de dolaylı olarak fungal hastalıklara karşı bitkiyi korur (Sparrow ve Graham 1988). Çinko, gen ekspresyonunda ve düzenlenmesinde önemli işlevlere sahiptir. Diğer taraftan çinko, bitkide suyun etkin bir şekilde kullanılmasında (Kacar 2012) görevlidir. Çinko noksanlığında gövde ve kökteki boğumlar arası mesafe kısalar böylece bitki bodurlaşır, yaprak daralır ve ilerleyen aşamada rozet şeklini alır (Okur 2020). Kök büyümesi, çiçeklenme ve meyve oluşumu geriler (Kacar ve Katkat 2015). Çinko toksisitesinde de kök gelişimi ve uzaması olumsuz yönde etkilenir (Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015) buna bağlı olarak fosfor ve demir alımını azalır (Kacar ve Katkat 2015, Okur 2020).

2.2.4. Bakır (Cu)

Bakır, bitkiler tarafından Cu^+ ve Cu^{2+} formlarında alınır ve yerkabuğundaki miktarı yaklaşık olarak $1\text{-}50 \text{ mg kg}^{-1}$ civarındadır (Kacar ve Katkat 2015). Bakır elementi, proteinler ve düşük molekül ağırlığına sahip organik bileşikler ile birlikte kompleks oluşturur aynı zamanda da enzimlerin yapılarında bulunur. Ayrıca fotosentez, karbonhidrat ve lipid metabolizmalarında yer alır ve hücre duvarlarının lignifikasyonunu sağlar. Diğer taraftan bitkide suyun ekonomik kullanımı için önemlidir. Kök gelişimi ve tohum oluşumunda yer alır. Bakır noksanlığında, birçok hayati enzim aktivitesi önemli derecede azalır (Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015), bitkide çiçek açma gecikir, büyüme yavaşlar ve durur (Okur 2020). Bakır toksisitesinde, fotosentezde elektron taşınması bloke edilir ve fotosentez olumsuz etkilenir, bitki kökleri bodurlaşır (Ouzounidou vd. 1998).

2.2.5. Bor (B)

Bor, bitkiler tarafından BO_3^{3-} ve $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ formlarında alınır ve ana materyalin ayrışmasına bağlı olarak toprakta 20 ile 200 mg kg^{-1} arasında değişen miktarlarda bulunur (Kacar ve Katkat 2015). Hücre duvarı ve membran permeabilitesi üzerinde etkili olan bor (Kacar 2012) ayrıca hücre bölünmesi, uzaması, bitki gelişimi, protein sentezi (Kacar 2012, Okur 2020) ve birçok hayati metabolizmalar için (Kacar ve Katkat 2015) önemli bir bitki besin elementidir. Bor noksanlığında bazı meristematik hücreler ölür, kabuklar çatlar, yapraklar dökülür ve çiçeklenme belirgin bir şekilde azalır (Okur 2020). Bor toksisitesinde, yapraklarda nekrozlar oluşur ve zamanından önce dökülür (Kacar ve Katkat 2015, Okur 2020).

2.2.6. Molibden (Mo)

Molibden, bitkiler tarafından MoO_4^{2-} formunda alınır. Toprakta $0,6\text{-}36 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişerek ortalama 2 mg kg^{-1} (Swaine 1955, Güneş vd. 2007) seviyesinde bulunmasına rağmen yarıyıllı molibden kapsamı $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ civarındadır (Güneş vd. 2007). Molibden, bitkide yükseltgenme-indirgenme tepkimelerini katalize eden 60'ın üzerinde enzimde yer alır (Kacar 2012). Molibden; polen oluşumu, gelişimi ve kalitesi üzerinde de etkilidir (Kacar ve Katkat 2015). Ayrıca bitkilerin hastalıklara karşı dayanıklılığını artırır. Molibdenin 60'ın üzerinde enzimde işlevi bulunduğu için noksanlığında, bitki metabolizmasında ve gelişimde belirgin şekilde olumsuzluklar ortaya çıkar. Molibden toksisitesinde yapraklarda şekil bozukluğu gözlenir, kök ve gövde gelişimi olumsuz etkilenir (Kacar 2012).

2.2.7. Klor (Cl)

Klor, bitkiler tarafından Cl^- formunda alınır ve toprakta $50\text{-}500 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişir. Fakat bitkiye yarıyıllı klor miktarı $0\text{-}37 \text{ mg kg}^{-1}$ arasındadır (Kacar ve Katkat 2015). Klor, spesifik ve spesifik olmayan çeşitli

fizyolojik işlevlerde etkilidir ve organik maddelerin bünyesinde bulunmayan oksijenin fotosentetik olarak serbest bırakılmasında kofaktör görevini yapar. Bazı bitkilerde stoma hareketlerinin düzenlenmesinde, adenosin trifosfat enziminin aktivasyonunda ve hücre çoğalmasında yer alır. Bitkiler çoğunlukla klor çok az gereksinim duyarlar (Güneş vd. 2007, Marschner 2011, Okur 2020). Doğada normal şartlarda klor noksanlığı çok rastlanan bir durum değildir. Klor noksanlığı çoğunlukla yaprak kenarlarında solma, kloroz ve bronzlaşma şeklinde kendini gösterir (Kacar 2012, Okur 2020). Topraklarda klorun fazlalığı ve toksisitesi, noksanlığına göre çok daha önemli ve dikkat edilmesi gereken bir konudur. Klorun toprak çözeltisinde fazlalığı özellikle toprak suyunda osmotik potansiyelin artmasına ve bitkinin yeteri kadar su alamamasına sebep olur (Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015).

2.2.8. Nikel (Ni)

Nikel, bitkiler tarafından Ni^{2+} formunda alınır ve toprakta ki bulunma oranı $0,2\text{-}450 \text{ mg kg}^{-1}$ gibi çok farklı miktarlar arasında değişir ve ortalama 22 mg kg^{-1} civarındadır (Kacar ve Katkat 2015). Nikel, mutlak gerekli bitki besin elementleri sınıfına en son eklenen elementtir (Gerendas vd. 1999, Epstein ve Bloom 2005) ve bu konu ile ilgili tartışmalar halen devam etmektedir (Kacar ve Katkat 2015). Nikel, biyolojik olarak önemli olan birçok madde ile birlikte kileyt adı verilen bazı organik bileşiklerle de kompleks bir bağ oluşturur. Diğer taraftan üreaz ve glikolaz gibi bazı enzimlerin yapısında fonksiyonel olarak görev yapar (Kacar 2012, Okur 2020). Nikel, bazı bitki hastalıklarında fungusitlerin kontrolünü sağlar. Nikel noksanlığında, bitkilerin kök ve gövdelerinin gelişimi zayıflar ve tohumların çimlenme gücü azalır (Kacar 2012).

2.3. Yararlı bitki besin elementlerinin işlevleri

2.3.1. Alüminyum (Al)

Alüminyum, bitkiler tarafından Al^{3+} formunda alınır ve yerkabuğunda ki miktarı yaklaşık olarak %8 civarındadır (Kacar ve Katkat 2015, Okur 2020). Alüminyum, mutlak gerekli besin elementi olmamasına rağmen yararlı temel fizyolojik etkilere sahiptir (Kacar 2012). Alüminyumun düşük konsantrasyonları bile bitki büyümesini artırır ve diğer büyüme faktörlerini olumlu etkiler (Okur 2020). Alüminyum toksisitesinde hücre bölünmesi azalır, hücreler geçirgenliklerini ve elastikiyetlerini kaybetmeye başlar. Ayrıca, kök uçlarında ve yan köklerde uzunlamasına büyüme yavaşlar. Bu nedenle bitki kökleri kısa ve kalın, kök uçları ise kırılmış ve çalılışmış bir görünüm alır (Kacar ve Katkat 2015).

2.3.2. Kobalt (Co)

Kobalt, bitkiler tarafından Co^{2+} formunda alınır ve topraktaki bulunma oranı $1\text{-}70 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişir ve ortalama 8 mg kg^{-1} civarındadır (Kacar ve Katkat

2015). Bitkiler için mutlak gerekli olmayan kobalt, birçok önemli toprak mikroorganizması için gerekli bir elementtir. Kobalt, bitkilerde hücre büyümesini teşvik eder (Güneş vd. 2007) ve yaşlılığı gerileterek yaprakların uzun süre taze ve canlı kalmasını sağlar (Merritt vd. 2001, Kacar 2012). Ayrıca bitkilerin kuraklığa dayanımını artırır (Kacar 2012). Kobalt noksanlığında, azot fiksasyonu azalır (Kacar ve Katkat 2015). Yetiştirme ortamında gereğinden fazla miktarda bulunan kobalt, demir ve mangan alımını azaltır (Güneş vd. 2007).

2.3.3. Selenyum (Se)

Mutlak gerekliliği henüz net olarak bilinmeyen selenyum, bitkiler tarafından SeO_4^{2-} formunda alınır ve topraktaki selenyum miktarı 0,1 ile 2 mg kg^{-1} arasında değişir (Kacar 2012, Kacar ve Katkat 2015). Araştırmalar az miktardaki selenyumun bile bitki gelişimi üzerine olumlu etki yaptığını göstermiştir. Selenyum aynı zamanda antioksidant özelliğe sahiptir. Yani bitkideki koruyucu mekanizmayı aktive ederek kloroplastları oksidatif strese korur. Gelişme döneminde gereğinden fazla miktarda bulunan selenyum; topraktaki amino asit, azot, fosfor ve kükürt içeriğini olumsuz yönde etkiler (Kacar 2012).

2.3.4. Silisyum (Si)

Silisyum, bitkiler tarafından dissosiyeye olmamış silisik asit $[\text{H}_4\text{SiO}_4=\text{Si}(\text{OH})_4]$ formunda alınır ve yerkabuğunda en fazla bulunan ikinci elementtir (Kacar ve Katkat 2015). Silisyumun, bazı bitkilerin gelişimi üzerine olumlu etkileri olması yanında biyotik ve abiyotik stres koşullarında önemli işlevleri vardır. Biyotik stres koşullarında bitkileri hastalık ve böcek zararlarından korurken, abiyotik stres koşullarında ise bitkiyi iklim değişikliği, su stresi, mineral element noksanlıkları ya da fazlalığı gibi olumsuz faktörlerden korur. Silisyum; fosfor, sodyum, mangan ve alüminyum gibi bitki besin elementlerinin toksisitesinde de bitkiler üzerinde koruyucu etki yapar. Ayrıca, silisyumun sadece bitkilerin kök ağırlığı ve hacminin artmasına değil, aynı zamanda kök sistemlerinde görülen toplam absorpsiyon yüzey genişliğinin de artmasına etkileri bulunmaktadır (Kacar 2012). Silisyumun toksisitesinin bitkilerde oluşabileceği zararlar nadirdir (Mattson 2012, Horuz 2018).

2.3.5. Sodyum (Na)

Bitkiler tarafından Na^+ şeklinde alınan sodyum, yerkabuğunda yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Yetiştiricilik yapılan topraklarda sodyum içeriği %0,1 ile %1 arasında değişmektedir (Kacar ve Katkat 2015). Sodyum, bitkilerde enzim aktivitesinin içinde yer alır ve hücre özsuyunu donma noktasını düşürerek kışın ve erken ilkbaharda bitkileri don zararlarına karşı korur (Okur 2020). Fakat gereğinden fazla sodyum, toprağın fiziksel yapısını bozarak su ve hava geçirgenliğinin düşmesine sebep olur. Bu durumda

toprak strüktürü bozulur ve bitki kök gelişimi olumsuz etkilenir (Kacar 2012). Sodyum fazlalığının bitki üzerindeki spesifik etkileri şu an için mevcut değildir. Bitkide tuzun sebep olduğu zararlarla daha çok sodyumla birlikte bulunan iyonlar (Cl^- , OH^- , HCO_3^-) yol açar. Sodyum toksisitesi; kalsiyum, potasyum ve magnezyum alımını azaltmaktadır. (Güneş vd. 2007).

2.3.6. Vanadyum (V)

Topraklarda genellikle vanadil katyonu (VO^{2+}) formunda bulunan (Kacar ve Katkat 2015) vanadyum, mutlak gerekli olmayan bir besin elementidir. Toprak çözeltisinde bulunan vanadyum miktarı 69 ile 320 mg kg^{-1} arasında değişmektedir (Lis ve Pasieczna 1995). Fakat topraklarda ki toplam vanadyum konsantrasyonlarına oranla bitkiler tarafından alınan vanadyum miktarı çok azdır (Peterson ve Girling 1981). Vanadyumun, yüksek bitkilerde klorofil sentezi üzerine olan etkisi net bir şekilde ortaya konulmadığı halde (Terry ve Abadia 1986) doğrudan olmasa da demir metabolizmasını etkileyerek klorofil sentezinde etkili olduğuna inanılmaktadır. Vanadyum toksisitesi demir noksanlığına neden olur (Kacar 2012).

3. Fidanlıklarda gübreleme çalışmaları

Gülçur (1962) ve Tacenur vd. (1979) gerçekleştirdikleri çalışmalarda, fidanların topraktan çeşitli besinleri aldığını ve fidanlıklardaki toprağın başlangıçtaki verimlilik seviyesine ulaşabilmesi için her yıl düzenli olarak ve orman ağacı fidanlarının türüne göre bir gübreleme programına tabi tutulması gerektiğini tavsiye etmişlerdir. Türüdü (1982) ve Çepel (1995) tarafından, fidanlık topraklarının verimliliği ve orman ağaçlarının beslenme sorunlarının çözümü için toprak ve bitki örneklerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Akgül (1985) karaçam fidanlarında yaptığı çalışmada, toprak özellikleri ve işleme tekniğine bağlı olarak fidan gelişimine azot ve fosfor gübrelemesinin etkisinin değişebileceğini vurgulamıştır.

Atasoy (1985) ladin fidanı üretimi yapılan Meryemana Araştırma, Karadağ ve Giresun fidanlıklarında iki yıl boyunca yürüttüğü çalışmada fidanlara (0, 30, 60, 90 ve 120 g m^{-2}) 15 15 15 kompoze gübresi uygulamıştır. Gübre uygulamasının fidan boyu, çapı ve ağırlığını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Fakat her fidanlığın toprak özelliğinin farklı olmasından kaynaklı olarak önerilen gübre dozları farklılık göstermiştir.

Erdoğan (2003) gübrelemenin karaçam fidanlarının gelişimine etkisini araştırdığı çalışmada, temel gübrelemenin (NPK) fidanların boy gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Deligöz (2012) ise karaçam (Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder) fidanlarına sonbaharda uygulanan azot gübrelemesinin fidan büyümesine, boy gelişimine ve ibrelerdeki azot konsantrasyonlarındaki artış üzerine etkili olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan, Çömez ve Gezgin (2019) farklı dozlarda uygulanan (0, 23, 35, 47, 100 ve 150 mg

L⁻¹) potasyum gübresinin karaçam fidanlarının boy, kök çapı ve yan kök sayısını artırdığını tespit etmişlerdir.

Başaran (2005) Çankırı (Kenbağ) Orman Fidanlığı topraklarında gerçekleştirdiği araştırmasında, fidanlık toprağında organik madde ve toplam azot miktarını yetersiz olarak belirlemiştir. Değişebilir P miktarı ise toprak örneklerinin genelinde yeterli bulunmuştur. Değişebilir K ise toprak örneklerinin %54,5' inde yeterli, %45,5' inde yetersiz bulunmuştur. Fe, toprak örneklerinin tamamında yetersiz bulunurken; Mn, Zn, Cu yeterli düzeyde bulunmuştur. Yetiştirilen fidanların büyük bir kısmında özellikle N, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu noksanlık sınırının altında belirlenmiştir ve fidanlıklarda gübreleme yapmanın önemi ortaya konulmuştur.

Kösa ve Karagüzel (2012) üç farklı [torf+kum (2:1), torf+perlit (2:1) ve toprak+çiftlik gübresi+kum (2:1:1)] yetiştirme ortamının ve farklı gübreleme uygulamalarının (100 mg L⁻¹ azot: 50 mg L⁻¹ fosfor ve 150 mg L⁻¹ potasyum) Doğu kızılğacı (*Alnus orientalis*) fidanlarının morfolojik özellikleri ile bitki besin elementi içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Gübreleme sonrasında fidanların morfolojik özellikleri ve bitki besin elementi içeriklerinin yetiştirme ortamlarından önemli seviyede etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca yaprakların azot içeriği ile denemede araştırılan morfolojik özellikler arasında önemli ve pozitif ilişkiler tespit edilmiştir.

Fidanlıklarda gübrelemenin fidan gelişimi ve kalitesine etkisi ile ilgili olarak ladin (*Picea orientalis* L.), fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) türlerinde çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Öztürk 2013, Gürlevik vd. 2014, Eser ve Gülcü 2019). Diğer taraftan Toros sedirinde (*Cedrus libani* A. Rich.) gerçekleştirilen araştırma ile gübre uygulamasının fidanların gelişim parametrelerine, azot ve kükürt alımına etkileri belirlenmiştir (Gürlevik ve Mercan 2017, Gürlevik ve Kurtaran 2018).

Yıldız (2016) farklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) orijinlerine ait fidanların gelişimini, gübrelemenin (Üre, Amonyum sülfat, 15-15-15 ve 20-20-0 Kompoze gübre) olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir.

Wang vd. (2022) kavak (*Populus tomentosa* Carr.) fidanları üzerinde azot gübrelemesinin etkisini araştırdığı çalışmalarında, 1,5 L'lik torbalara azot dozunu üre gübresini ikiye bölerek (3 g N ve 6 g N) uygulamıştır. Araştırmanın sonunda, fidan çapı ve boyunun arttığı ayrıca yapraklarda azot, fosfor ve potasyum içeriğinin de yükseldiği tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve öneriler

Uzun yıllar yetiştiricilik yapılan fidanlıklarda bazı bitki besin elementlerinin eksikliği görülebilir ve toprak verimsizliği ortaya çıkabilir. Yaşamlarının ilk evresinde fidanların güçlü bir kök ve gövde sistemlerine sahip olması gelecekte karşılaşılabilecek çeşitli zorluklara karşı adaptasyonlarını güçlendireceği düşünülmektedir. Bu bağlamda kaliteli fidanlar elde etmek için, bitki besin elementlerinin fidanlık toprağında veya yetiştirme ortamında noksanlığı ve toksisitesi gözlenmeli, bunlara

ilişkin belirtiler takip edilmeli ve bunlara karşı gerekli önlemler alınmalıdır.

Kaliteli fidan yetiştiriciliği için bitki besin elementlerinin toprakta ya da yetiştirme ortamında yeterli ve dengeli miktarda bulunması önemlidir. Fakat diğer taraftan iyi bir yetiştiricilik için toprağın ya da yetiştirme ortamının sağlam bir strüktüre, yeterli su ve hava dengesine de ihtiyacı vardır. Bu anlamda, gübreleme kadar hazırlanacak yetiştirme ortamı karışımlarının ekonomik ve fidanların ihtiyacına cevap verecek nitelikte olması gerekmektedir.

Doğru ve zamanında yapılan gübreleme bitki besleme açısından son derece önemlidir. Bu nedenle fidanlık toprakları ve yetiştirme ortamı bileşenleri düzenli olarak analiz edilmelidir.

Fidanlıklarda yapılan çalışmalar çoğunlukla temel gübreleme olan azot, fosfor ve potasyum üzerinedir. Ancak, bu çalışmada diğer bitki besin elementlerinin önemi de vurgulanmıştır. Bu bağlamda, fidanlık toprağı veya yetiştirme ortamlarında ihtiyaç duyulan diğer bitki besin elementleri üzerine yapılacak çalışmaların kaliteli fidan yetiştiriciliği adına faydalı olacağı öngörülmektedir.

Kaynaklar

- Acem A (2022). Çankırı Necmettin Erbakan parkının toprak özellikleri ve bitki gelişim parametreleri bakımından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Akgül E (1985). Bazı fidanlıklarda karaçamın (*Pinus nigra* Arnold) ekimi sırasında toprağı verilen azotlu ve fosforlu gübrelerin fidan gelişimine olan etkileri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 136, Ankara.
- Aktaş, M. (1995). Bitki besleme ve toprak verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara.
- Alloway BJ (2008). Zinc in soils and crop nutrition. published by IZA and IFA. Brussels, Belgium and Paris, France.
- Atasoy H (1985). NPK (15.15.15) kompoze gübresinin fidanlık ladin fidanlarına etkileri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Seri No: 144, Ankara.
- Başaran M (2005). Çankırı (Kenbağ) orman fidanlığı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin fidanların beslenme durumları üzerine etkisi. Harran Üniversitesi Ziraat Dergisi, 9(1):23-30.
- Brady NC, Weil RR (2002). The nature and properties of soils. 13th Edition, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River.
- Brohi AR, Doran İ, Gürlevik N (2012). Ormanlık ve peyzaj ağaçlarında bitki besleme yönetimi. Bitki Besleme-Sağlıklı Bitki, Sağlıklı Üretim, Gübretiş Rehber Kitaplar Dizisi, Ankara.
- Çakmak İ, Çınar A, Önelge N, Derici R, Torun B (2003). Çukurova bölgesinde turuncgil bahçelerinin mineral beslenme düzeyinin toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. TUBİTAK, TOGTAG/TARP-2667-1 numaralı araştırma projesi (sonuç raporu).
- Çakmak İ, Yazıcı AM (2010). Magnesium: a forgotten element in crop production. Better Crops, 94(2):23-25.
- Çepel N (1995). Orman ekolojisi. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Çiçek N (2010). Sakarya-Akgöl organik toprağının bitki yetiştirme ortamında kullanımı. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çiçek N, Kütük C, Kaşko Arıcı Y, Bilgili BC (2012). Krizantem (*Chrysanthemum morifolium*)'in gelişim parametreleri üzerine farklı atık mantar kompostu ile hazırlanan değişik yetiştirme ortamlarının etkisi. International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 5(2):68-75.
- Çiçek N, Yücedağ C (2021). Ateş çiçeğinde (*Salvia splendens*) yetiştirme ortamı olarak fındık zuruğunun kullanımı. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 22(2):202-208.

- Çömez Ö, Gezgin S (2019). Potasyum uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) fidanlarının gelişimine etkisi. Ormançılık Araştırma Dergisi, 6:77-86.
- Deligöz A (2012). Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder) fidanlarında sonbahar gübrelemesi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormançılık Dergisi, 8(1):1-9.
- Divrik A (2019). Orman ağacı fidanı üretimine yönelik sosyo-ekonomik çözümler. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Epstein E, Bloom AJ (2005). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2nd Edition, Sinauer Associates, Sunderland.
- Erdoğan H (2003). Elazığ Orman Fidanlığı'nda ticari gübrelerin karaçam fidanlarının (tohumdan yetiştirilen) gelişmeleri üzerine olan etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eser Y, Gülcü S (2019). The effects of growing density and fertilization on morphological seedling characteristics of cretan juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.). Turkish Journal of Forestry, 20(1):15-19.
- Fageria NK, Baligar VC, Jones CA (1997). Growth and mineral nutrition of field crops, 2nd ed. Marcel Dekker, New York.
- Fageria NK, Souza CMR (1991). Upland rice, common bean and cowpea response to magnesium application on an Oxisol. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 22:1805-1816.
- Fageria NK, Gheyi HR (1999). Efficient crop production. Campina Grande: Universidade de Paraíba.
- Gerendas J, Polacco JC, Freyermuth SK, Sattelmacher B (1999). Significance of nickel for plant growth and metabolism. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 162(3):241-256.
- Gezer A, Yücedağ C (2013). Orman ağacı tohumları ve tohumdan fidan yetiştirme tekniği. 2. Basım, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Isparta.
- Gülçur F (1962). Orman fidanlığı topraklarının verimlilik standartları ve verimliliğe tesir eden çeşitli faktörlerin ıslahı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(1):67-75.
- Güneş A, Alpaslan M, İnal A (2007). Bitki besleme ve gübreleme. AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Gürlevik N, Deligöz A, Yıldız D (2014). Effects of irrigation and fertilization on the growth of juniper seedlings. Austrian Journal of Forest Science, 3:171-190.
- Gürlevik N, Kurtaran A (2018). Çıplak köklü Toros sediri fidanlarının beslenmesi ve gelişimi üzerine azot ve mikroelement gübrelerinin etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1):353-363.
- Gürlevik N, Mercan M (2017). Azotlu ve kökürtlü gübrelemenin çıplak köklü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının gelişimi üzerine etkileri. Türkiye Ormançılık Dergisi, 18(1):21-29.
- Halsted M, Lynch J (1996). Phosphorus responses of C3 and C4 species. Journal of Experimental Botany, 47(4):497-505.
- Hodgson JF, Lindsay WL, Trierweiler JF (1966). Micronutrient cation complexing in soil solution. II. Complexing of zinc and copper in displacing solution from calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30: 723-726.
- Horuz A (2018). Silisyumun bitki gelişimine olan etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(2):151-163.
- Huber DM, Thompson IA (2007). Nitrogen and plant disease. In: LE Datnoff, WH Elmer, DM Huber, eds. Mineral Nutrition and Plant Disease. St. Paul, MN, USA: APS Press.
- Jones JB, Huber DM (2007). Magnesium and plant disease. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds) Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Society (APS Press), St Paul.
- Jordan-Meille L, Pellerin S (2004). Leaf area establishment of a maize (*Zea mays* L.) field crop under potassium deficiency. Plant Soil, 265:75-92.
- Kacar B (2012). Temel bitki besleme. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar B, Katkat AV (2009). Gübreler ve gübreleme tekniği, III. Baskı Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar B, Katkat AV (2015). Bitki besleme, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Kacar B, Katkat AV, Öztürk Ş (2006). Bitki fizyolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Köse S, Karagüzel O (2012). Yetiştirme ortamlarının *Alnus orientalis* fidanlarının büyüme özellikleri ve yaprak besin elementi içeriklerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(1):39-46.
- Lis J, Pasieczna A (1995) The geochemical atlases of Poland 1:2 500 000. Polish Geological Institute, Grzegorzczak A (ed), Warsaw.
- Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Limited, New York.
- Mattson N (2012). Adding silicon to the fertilizer program in poinsettia production: Benefits and facts. www.greenhouse.cornell.edu/.../silicon (Available at 2012).
- Mengel K (2007). Potassium. In Allan V et al. (eds) Handbook of Plant Nutrition. CRC Press. Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Mengel K, Kirkby EA (2001). Principles of plant nutrition, 5th Edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Mengel K, Robin P, Salsac L (1983). Nitrate reductase activity in shoots and roots of maize seedlings as affected by the form of nitrogen nutrition and the pH of the nutrient solution. Plant Physiology, 71(3):618-622.
- Merritt F, Kemper A, Tallman G (2001). Inhibitors of ethylene synthesis inhibit auxin-induced stomatal opening in epidermis detached from leaves of *Vicia faba* L. Plant and Cell Physiology, 42(2):223-230.
- Mills HA, Benton Jones Jr (1996). Plant analysis handbook II. Athens, Ga. Micro-Macro Publishing Inc.
- Okur N (2020). Toprak bilimi ve bitki besleme. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Ouzounidou G, Ilias I, Tranopoulou H, Karataglis S (1998). Amelioration of copper toxicity by iron on spinach physiology. Journal of Plant Nutrition, 21(10):2089-2101.
- Öztürk A (2013). Tepe budaması ve gübrelemenin Boylu ardiç (*Juniperus excelsa* Bieb.), Doğu ladini (*Picea orientalis* L.), fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ve sarçam (*Pinus sylvestris* L.) türlerinin form gelişimi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Peterson PJ, Girling CA (1981). Other trace metals. In: N. W. Lepp, ed. Effect of Heavy Metal Pollution on Plants. Applied Science Publishers, London.
- Reddy ASN, Reddy VS (2002). Calcium as a messenger in stress signal transduction: Handbook of plant and crop physiology, 2nd Edition, M. Pessarkli, Ed., Marcel Dekker, New York.
- Simon-Sylvestre G (1969). First results of a survey on the total sulphur content of arable soils in France. Annales Agron., 20:609-625.
- Sparrow DH, Graham RD (1988). Susceptibility of zinc-deficient wheat plants to colonization by *Fusarium graminearum* Schw. Group 1. Plant and Soil, 112(2):261-266.
- Swaine DJ (1955). The trace element content of soils. Soil Sci. Techn. Comm. No. 48. Herald Printing Works, Coney St., York (England).
- Tacener İA, Efeoglu İA (1979). Türkiye'nin bazı orman fidanlıklarında üretilen iğne yapraklı fidanların aldığı besin maddeleri ve gübreleme gereksinimi üzerine araştırmalar. Proje No: TOAG-237.
- Terry N, Abadia J (1986). Function of iron in chloroplasts. J. Plant Nutr., 9:609-646.
- Turan M, Horuz A (2012). Bitki beslemenin temel ilkeleri. Bitki Besleme, Gübretiş Rehber Kitaplar Serisi, Ankara.
- Türüdü ÖA (1982). Yaprak analizi yöntemi ile orman ağaçlarının besin maddeleri gereksiniminin belirlenmesi. KTÜ Orman Fakültesi Dergisi, 5(2):402-413.
- Usuda H, Shimogawara K (1991). Phosphate deficiency in maize. I. Leaf phosphate status, growth, photosynthesis and carbon partitioning. Plant and cell physiology, 32(4):497-504.
- Wang M, Li G, Liu Y (2022). Nursery fertilization affected field performance and nutrient resorption of *Populus tomentosa* Carr. ploidy levels. iForest-Biogeosciences and Forestry, 15(1):16-23.
- Wyn Jones RG, Pollard A (1983). Proteins, enzymes and inorganic ions. In A Läuchli, RL Bielecki eds, Encyclopaedia of Plant Physiology, Springer Verlag, Berlin.
- Yıldız Ö (2016). Gübrelemenin kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) fidanlarının morfolojik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.