

## Potasyum uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) fidanlarının gelişimine etkisi

Effects of potassium treatment on the growth of black pine (*Pinus nigra* Arnold.) seedlings

Özden ÇÖMEZ<sup>1</sup>

Sait GEZGİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya

**Sorumlu yazar** (*Corresponding author*)

Özden ÇÖMEZ

comezozden@gmail.com

**Geliş tarihi** (*Received*)

05.02.2019

**Kabul Tarihi** (*Accepted*)

18.02.2019

**Atıf** (*To cite this article*): ÇÖMEZ, Ö., GEZGİN, S. (2019). Potasyum uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) fidanlarının gelişimine etkisi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 6 (1), 77-86.  
DOI: <https://doi.org/10.17568/ogmoad.522323>



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

### Öz

Bu çalışmanın amacı, farklı miktarlarda potasyum uygulamasının karaçam fidanlarının gelişimine etkilerini belirlemektir. Çalışma Eskişehir Orman Fidanlık Müdürlüğü serasında, polietilen torbalarda perlit ortamına ekimi yapılan Afyonkarahisar-Ahırdağı orjinli karaçam tohumlarından yetiştirilmiş 1+0 yaşlı fidanlarda yürütülmüştür. Çalışma kapsamında farklı miktarda (0, 23, 35, 47, 100 ve 150 ppm) potasyum uygulamalarına tabi tutulan fidanların besin içerikleri ile kök boğazı çapı, fidan boyu, kök uzunluğu, yan kök sayıları ve fidan ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen veriler ANOVA ve Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiştir. Uygulanan potasyumun miktarına bağlı olarak fidanlarda boy, kök boğazı çapı ve yan kök sayılarının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştiği belirlenmiştir. En iyi boy ve çap gelişimi 23 ppm işleminde, en fazla yan kök oluşumu ise 100 ppm işleminde elde edilmiştir. Sonuç olarak karaçam fidanlarında potasyum uygulaması ile çap ve boy gelişimi daha iyi, yan kök sayısı daha fazla olan fidanlar elde edilerek kurak ve yarı kurak bölge ağaçlandırmalarında başarının artması sağlanabilir.

**Anahtar kelimeler:** *Pinus nigra*, fidanlık, beslenme, yan kök

### Abstract

The aim of the study was to examine the effects of potassium at different concentrations on the growth of black pine seedlings. The study was carried out with 1+0 black pine seedlings of Afyonkarahisar-Ahırdağı origin grown in polyethylene container filled with perlite in Eskişehir Forest Nursery. The seedlings were grown using different nutrient solutions with potassium concentrations of 0-23-35-47-100 and 150 ppm. Nutrient concentrations, root-collar diameter, height, root length, number of lateral roots, and dry weight of the seedlings were determined. Data were evaluated by ANOVA and Kruskal-Wallis test. According to results of the statistical analyses, potassium doses impacted on seedling height, root-collar diameter and number of lateral root. The tallest and the thickest seedlings were produced with 23 ppm potassium nutrition while the highest lateral roots with 100 ppm. As a result, it is possible to raise the afforestation success in arid and semi-arid regions by producing potassium-fed black pine seedlings with higher, thicker root-collar diameter and a higher number of lateral roots.

**Key words:** *Pinus nigra*, nursery, nutrition, lateral roots

### 1. Giriş

Potasyum bitkilerde çeşitli enzimlerin aktive edilmesi, fotosentezin ışık reaksiyonlarında ATP'nin (adenozintrifosfat) sentezlenmesi, fotosentez ürün-

lerinin floemde taşınması, hücre büyümesi, osmotik basınç ve bitkide su dengesinin sağlanması gibi birçok metabolik olaylarda işlev gören önemli bir besin elementidir (Kacar ve Katkat, 1998; Wang ve ark., 2013). Po-

tasyum bitkilerin çeşitli biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığını arttırmaktadır. Potasyum eksikliğinin görüldüğü bitkiler böcek zararlarına ve mantar kaynaklı çürüklüklere karşı daha hassastır. Potasyumla yapılan gübrelemelerin böcek, bakteri, virüs ve nematod salgınlarını azalttığı bildirilmektedir (Wang ve ark., 2013). Potasyum gübrelemesi ağaçlarda soğuk hava şartlarının olumsuz etkilerine karşı dayanıklılığı arttırdığı gibi (Rowan, 1987; Çepel, 1995), kuraklığa dayanıklılıkta da önemli faydalar sağlamaktadır (Çepel, 1995; Wang ve ark., 2013; Battie-Laclau ve ark., 2014). Ayrıca fotosentez sürecinde kloroplastlarda oluşan reaktif oksijen türlerinin hücre membranlarına ve klorofil moleküllerine zarar vermesine karşı koruyucu etkilerinin olduğu bilinmektedir (Çakmak, 2005).

Karaçam ekonomik değerinin yanı sıra kurak ve fakir yetiştirme ortamlarına uyum sağlayabilmesi sebebiyle Türkiye’de ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmalarında en fazla kullanılan ağaç türlerinden birisidir (Gülsoy ve Cinar, 2019). Türkiye’de fidanlıklarda ağaçlandırmalarda kullanılmak üzere her yıl ortalama 350.000.000 fidan üretilmekte olup bunlar içerisinde en fazla üretimi yapılan fidan ortalama 67.000.000 adet ile karaçamdır (Anon, 2017). Fidan üretiminde kullanılan gübreleme programları az sayıda araştırma sonucuna ve fidan üretiminde çalışan teknik elemanların deneyimlerine dayanmaktadır. Orman ağacı fidanlarının yetiştirilmesinde gübre kullanımının gelişime etkileri ile ilgili olarak ladin (*Picea orientalis* L.), boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.), fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türlerinde çalışmalar yapılmıştır (Öztürk, 2013). Toros sedirinde (*Cedrus libani* A. Rich.) gübrelemenin büyümeye, azot ve kükürt alımına etkileri belirlenmiştir (Gürlevik ve Mercan, 2017; Gürlevik ve Kurtaran, 2018).

Karaçam fidanlarında gübreleme konusunu ele alan az sayıda da olsa araştırmalar mevcuttur. Örneğin Erdoğan (2003), gübrelemenin karaçam fidanlarının gelişimine etkisini araştırmış, NPK ve amonyum sülfat uygulamalarının fidanların boy gelişimini arttırdığını ortaya koymuştur. Deligöz (2012) ise karaçam fidanlarında sonbahar azot gübrelemesinin fidan büyümesine ve ibrelerdeki azot konsantrasyonlarına etkisini araştırmıştır. Akgül (1985), karaçam fidanlarının gelişiminde azot ve fosfor gübrelemesinin etkisinin toprak özellikleri ve işleme şekline bağlı olarak değişebileceğini bildirmektedir. Genellikle gübreleme araştırmalarında uygulanan farklı doz ve içeriklerdeki gübrelerden fidan gelişiminde etkili olan doz veya gübre çeşidi belirlenmeye çalışılmıştır. Gübreleme araştırmaları dışında ka-

raçamın yetiştirme sıklığına bağlı olarak besin elementi alımı da belirlenmiştir (Güner ve ark., 2008). Ancak bu araştırmalarda potasyumun karaçam fidanlarının beslenme durumu ve gelişimine etkisi konusu ele alınmamıştır. Dolayısıyla potasyumun karaçam fidanlarının yetiştirilmesinde kullanımı konusunda daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Zira gübreleme çalışmalarında verilecek gübrenin içeriği, miktarı, uygulama zamanı ve şekli, toprak ve iklim özellikleri ile fidanın türüne, besin maddesi ihtiyacına, fidan üretimi ile topraktan kaldırılan besin maddesi miktarlarına bağlı olarak değişmektedir (Kacar, 1986; Çepel, 1995).

Türkiye’de potansiyel olarak 8.920.620 ha ağaçlandırılacak saha bulunmakta olup bu sahaların %27’si kurak ve yarı kurak özelliindedir (Güner ve ark., 2008). Kurak ve yarı kurak sahaların ağaçlandırılmasında kullanılacak fidanların kök sisteminin gelişmiş olması, gövde/kök oranının kök lehine olması gerekmektedir (Alptekin ve İmal, 2010; Öner ve Eken, 2014; Narlıoğlu, 2015). Besin maddesi alımının fidanların fizyolojik ve morfolojik özellikleri üzerinde etkili olabileceği göz önüne alındığında kuraklığa dayanıklı fidanların üretilmesi için fidanların beslenme durumları ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkilerin daha iyi anlaşılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Yapılan ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmalarında en fazla kullanılan tür olan karaçamın kurak mıntıka ağaçlandırmalarındaki yaşama ve büyüme oranlarının artırılması uygun arazi hazırlığı, dikim ve bakım tekniklerinin yanı sıra, kurak şartlara dayanıklı fidan kullanımı ile mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada karaçam fidanlarının farklı miktarlardaki potasyum uygulamalarında diğer besin elementlerinin alımı ve fidanların morfolojik özelliklerine etkileri incelenmiş, en iyi çap, boy ve kök gelişimini sağlayan potasyum seviyeleri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma Eskişehir Orman Fidanlık Müdürlüğü serasında yürütülmüştür. Fidanlar serada 07.08.2018 – 28.12.2018 tarihleri arasında 22-28 °C arası sıcaklık ve %65-70 arası nispi nem koşullarında yetiştirilmiştir.

### 2.1. Materyal

Araştırmada Afyonkarahisar-Ahırdağı orjinli karaçam tohumları kullanılmıştır. Tohumlar perlit ortamında çimlendirilmiş olup bir vejetasyon dönemi boyunca içerikleri Tablo 1’de verilen farklı potasyum konsantrasyonlarındaki Hoagland besin çözeltileri ile beslenmişlerdir.

## 2.2. Yöntem

Tohum büyüklüğünün sonuçlar üzerinde etkili olabileceği dikkate alınarak çok küçük ve çok büyük olan tohumlar elle ayıklanıp yaklaşık aynı boyut-taki tohumların çalışmada kullanılmasına özen gösterilmiştir. Tohumlar için aynı şartları sağlamak amacıyla yaklaşık 80 g perlit doldurulan 6x25 cm ebadındaki polietilen tüplere ekim işlemi yapılmıştır. Çalışmada 0, 23, 35, 47, 100 ve 150 ppm potasyum içeren Hoagland çözeltileri ile 6 farklı

işlem uygulanmıştır (Tablo 1). Her işlem için 15 adet fidan kullanılmıştır. Fidan çıkışları başlayana kadar çimlenme için gerekli olan nemi temin etmek amacıyla tüm fidanlar 100 ml saf su ile 2 günde bir sulanmıştır. Fidanlarda yanmalara sebep olmaması için besin çözeltileri tohumlarda kotiledonların görülmesinden bir hafta sonra verilmeye başlanmıştır. Perlit ortamının yeterince nemli kalmasını sağlamak için 2 günde bir 100 ml'lik besin çözeltileri ile sulama işlemi tekrarlanmıştır.

Tablo 1. Denemede kullanılan çözeltilerin besin maddesi içerikleri (mg/L)  
Table 1. Content of the nutrient solutions used in the experiment (mg/L)

İşlemler	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	Cl	Mo	B
0 ppm K	45,9	37,2	0	12,9	40,0	9,7	2,24	0,013	0,026	0,028	0,004	0,672	0,032
23 ppm K	30,5	21,7	23,5	12,9	40,0	9,7	2,24	0,013	0,026	0,028	0,004	0,672	0,032
35 ppm K	45,2	32,6	35,2	12,9	40,0	9,7	2,24	0,013	0,026	0,028	0,004	0,672	0,032
47 ppm K	43,2	6,2	46,9	12,9	40,0	9,7	2,24	0,013	0,026	0,028	0,004	0,672	0,032
100 ppm K	43,2	6,2	100,7	32,2	40,0	9,7	2,24	0,013	0,026	0,028	0,004	0,672	0,032
150 ppm K	43,2	6,2	154,5	57,9	40,0	9,7	2,24	0,013	0,026	0,028	0,004	0,672	0,032

Vejetasyon dönemi sonunda besin çözeltisi verme işlemi sonlandırılarak fidanlar iki gün sonra köklerine zarar verilmeden tüplerden çıkartılmıştır. Tüplerden çıkartılan fidanlar sırasıyla önce musluk suyunda, 0,1 N HCl çözeltisinde ve son olarak ise saf suda yıkanarak üzerine bulaşmış olabilecek perlit ve besin çözeltisi kalıntılarının arındırılmıştır. Yıkama suyu buharlaşana kadar yaklaşık iki saat kurutma kâğıtları üzerinde bekletilen fidanlar gövdeye en yakın kılcal kökün 1 cm üstü kök boğazı kabul edilerek (Menes ve Mohammed, 1995) bu kısımlardan kesilmişlerdir. Fidan kök boğazından uç tomurcuğun dip kısmı fidan boyu (Yahyaoglu ve Genç, 2007), kök boğazından ana kökün en uç kısmı ana kök uzunluğu, ana kökten yan kökün uç kısmına olan mesafe ise yan kök uzunluğu olarak ölçülerek tüm yan kökler sayılmıştır. Daha sonra fidanlar fanlı etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulmuştur. Kurutulan fidanların kök, gövde (gövde+iğne yaprak) kısımları ayrı ayrı tartılmıştır. Tartımı yapılan fidanların her işleminin kısa, orta ve uzun fidanları 5'erli 3 gruba ayrılarak karma örnek hazırlanmış ve örnekler 0,5 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülerek kimyasal analizler için hazırlanmıştır. Kimyasal analizler her işlem için 3 karma örnekte yapılmıştır. Toplam azot Kjeldahl yöntemiyle Foss azot protein cihazında belirlenmiştir. Diğer analizler için örnekler mikrodalga fırında hidrojen peroksit ve nitrik asitle yakılmıştır. Fosfor sarı renk yöntemine göre spektrofotometre ile, potasyum ve sodyum flame fotometrik yöntem ile, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır, çinko ve mangan ise Atomik Absorpsiyon spektrometresi yöntemi ile

belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2010).

Veriler varyans analizi ve Kruskal-Wallis testi kullanılarak SPSS paket programı ile değerlendirilmiştir. Normal dağılımın kontrolünde Scheffe testi kullanılmış, normal dağılmayan verilere doğal logaritma ve karekök dönüşümleri ile normal dağılım elde edilmiş, normal dağılımın elde edilemediği durumlarda ise farklılıkların belirlenmesinde Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Farklılıkların belirlendiği durumlarda grupların ayırımında Duncan testi kullanılmıştır.

## 3. Bulgular

### 3.1. Fidan gelişimine ait bulgular

Potasyum uygulamaları fidanların kök boğazı çapı, fidan boyu ve yan kök sayısını önemli derecede ( $P < 0,05$ ) etkilemiştir. En düşük değerler potasyum verilmeyen fidanlarda bulunmuştur. Potasyum verilmeyen fidanlarda bodurluk ve kurumalar gözlemlenmiştir. Kök boğazı çapı ve fidan boyu 23 ppm K işleminde en yüksek bulunmuştur. Yan kök sayısı en fazla 100 ppm K işlemi uygulanan fidanlarda tespit edilmiştir. Fidanların gövde ve kök ağırlıkları uygulanan işlemlerden önemli derecede etkilenmemiştir. Ancak 35 ppm K işlemi uygulanan fidanların ortalama kök ve gövde ağırlıkları diğer işlemlerden daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2).

### 3.2. Fidanların besin maddesi içeriklerine ait bulgular

Fidanların gövde kısmında Ca ve S, kökte ise Ca, S ve Cu hariç diğer besin elementlerinin içerik-

Tablo 2. Potasyum beslenmesinin fidan özelliklerine etkisi  
Table 2. The effects of potassium nutrition on seedling growth

İşlemler	Kök Boğazı Çapı (cm)	Fidan Boyu (cm)	Fidan Boyu/		Toplam Yan Kök Uzunluğu (cm)	Yan Kök Sayısı (adet)	Gövde Ağırlığı (g/Fidan)	Kök		Gövde /Kök
			Kök Boğazı Çapı (cm)	Ana Kök Uzunluğu (cm)				Ağırlığı (g/Fidan)	Ağırlığı (g/Fidan)	
0 ppm K	0,87 a	4,78 a	5,86 a	24,87 a	24,57 a	6,3 a	0,107 a	0,085 a	1,44 a	
23 ppm K	1,22 c	6,11 c	5,11 a	27,36 a	34,93 a	8,7 ab	0,116 a	0,087 a	1,37 a	
35 ppm K	1,18 bc	5,53 bc	4,78 a	27,37 a	35,43 a	9,3 bc	0,139 a	0,105 a	1,40 a	
47 ppm K	1,05 b	5,15 ab	5,13 a	24,57 a	35,10 a	9,8 bc	0,108 a	0,069 a	1,98 a	
100 ppm K	1,14 bc	5,19 ab	4,67 a	27,07 a	45,50 a	11,4 c	0,113 a	0,083 a	1,37 a	
150 ppm K	1,12 bc	5,57 bc	5,17 a	25,03 a	30,17 a	9,3 bc	0,109 a	0,079 a	1,53 a	
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
F	5,565	4,167	0,989	0,966	1,935	3,667	1,872	2,215	7,21*	
P	< 0,0001	< 0,01	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,01	> 0,05	> 0,05	> 0,05	

\*Kruskal-Wallis testi Ki-kare değeri, aynı sütundaki farklı harfler aralarında  $P < 0,05$  düzeyinde farklılık bulunan grupları göstermektedir

lerinde, uygulanan işlemler bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Potasyum dozlarının artmasıyla kök ve gövdenin N, P, Zn ve Mn içeriklerinde azalma meydana gelmiştir (Tablo 3).

### 3.3. Fidan büyümesi ile beslenme durumları arasındaki ilişkiler

Fidanların boy ve kök boğazı çapları gövdedeki bakır içeriğinin artışına bağlı olarak azalmıştır.

Tablo 3. Potasyum beslenmesinin besin elementi içeriklerine etkisi  
Table 3. The effects of potassium nutrition on nutrient contents

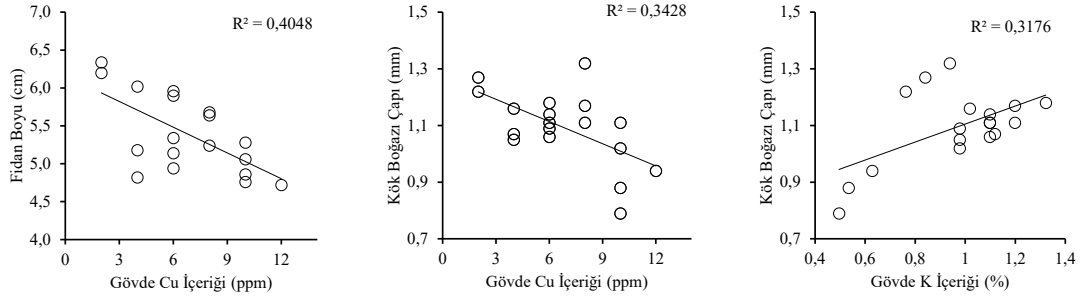
İşlemler	N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
0 ppm K	2,71 c	0,40 c	0,55 a	0,27 a	0,37 a	0,27 b	106 cd	400 a	10,7 c	36,0 a	120,7 c
23 ppm K	2,35 b	0,33 b	0,87 b	0,27 a	0,55 a	0,26 b	95 bc	473 b	2,7 a	12,0 a	66,0 b
35 ppm K	2,48 b	0,36 b	1,00 bc	0,26 a	0,36 a	0,24 a	61 a	380 a	6,7 b	21,3 b	76,7 b
47 ppm K	1,98 a	0,23 a	1,02 bc	0,28 a	0,38 a	0,26 b	123 d	600 c	6,7 b	8,7 a	36,0 a
100 ppm K	1,97 a	0,25 a	1,16 c	0,26 a	0,41 a	0,26 b	71 ab	567 c	8,0 bc	5,3 a	34,7 a
150 ppm	1,95 a	0,24 a	1,18 c	0,26 a	0,34 a	0,24 a	65 a	553 c	6,0 ab	8,0 a	30,0 a
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
F	45,98	35,09	18,50	1,146	10,65 <sup>(1)</sup>	17,82	8,03	19,03	5,76	17,17	33,66
P	<0,001	<0,001	<0,001	>0,05	>0,05	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001
Kök											
0 ppm	2,31 d	0,64 b	0,41 a	0,28 a	0,59 a	0,21 ab	761 c	620 a	15,3 a	47,3 c	55,3 d
23 ppm	1,57 b	0,56 b	0,80 b	0,28 a	0,67 a	0,21 ab	435 b	793 a	11,3 a	25,3 b	35,3 b
35 ppm	1,74 c	0,57 b	0,76 b	0,27 a	0,59 a	0,19 a	249 a	600 a	11,3 a	38,0 c	44,7 c
47 ppm	1,38 a	0,23 a	0,98 c	0,25 a	0,54 a	0,24 c	387 b	1580 b	15,3 a	18,0 a	11,3 a
100 ppm	1,34 a	0,21 a	0,98 c	0,29 a	0,52 a	0,23 bc	269 a	1347 b	15,3 a	18,7 a	8,0 a
150 ppm	1,39 a	0,23 a	0,98 c	0,29 a	0,52 a	0,25 c	281 a	1427 b	13,3 a	17,3 a	7,3 a
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
F	15,16 <sup>(1)</sup>	14,88 <sup>(1)</sup>	27,85	0,584	1,51	7,20	31,88	14,54 <sup>(1)</sup>	2,18	17,68	16,03 <sup>1</sup>
P	<0,05	<0,05	<0,001	>0,05	>0,05	<0,01	<0,001	<0,05	>0,05	<0,001	<0,01

\*Kruskal-Wallis testi Ki-kare değeri, aynı sütundaki farklı harfler aralarında  $P < 0,05$  düzeyinde farklılık bulunan grupları göstermektedir

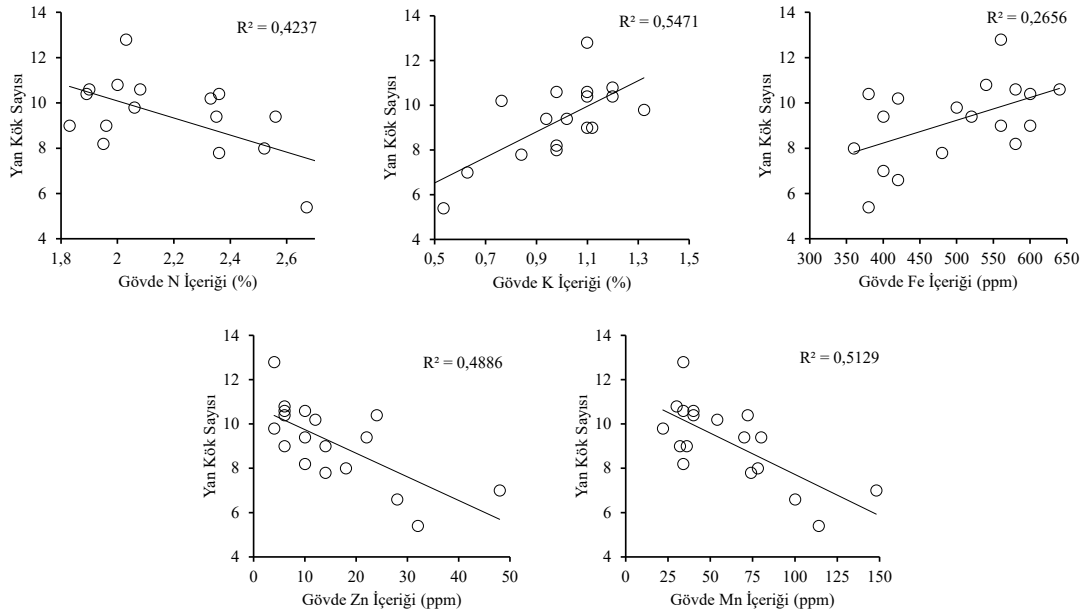
Bakırın gövdede 8 ppm'i geçmesi durumunda çap ve boylardaki azalma daha belirgin bulunmuştur. Gövde potasyum içeriği ile fidan boyu arasında anlamlı bir ilişki belirlenemezken, kök boğazı çapı potasyum içeriğinin artışına bağlı olarak artmıştır.

Bu artış potasyum içeriği %0,9 olana kadar devam etmiş, daha sonra ise azalmıştır (Şekil 1).

Azot, çinko ve mangan alımındaki artış yan kök sayısında azalmaya sebep olmuş, potasyum ve demir ise yan kök sayısını arttırmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Fidan boyu ve kök boğazı çapının K ve Cu içeriklerine göre değişimi  
Figure 1. Changes in seedling height and root-collar diameter according to K and Cu contents



Şekil 2. Fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan kök sayısının fidan gövdelerinin Fe, Zn ve Mn içeriklerine göre değişimi

Figure 2. Changes in seedling height, root-collar diameter and number of lateral roots according to Fe, Zn and Mn contents

#### 4. Tartışma

##### 4.1. Fidanların besin elementi içerikleri

Potasyumun ortamda fazla bulunması bitkilerde zehir etkisi yapmamakla birlikte, Mn alımına olumsuz etki yapması sebebiyle (Bolat ve Kara, 2017) çalışmamızda artan potasyum dozlarında fidanların kök ve gövde Mn içeriklerinde azalma olmuştur.

Gövde azot içeriğinin, tüpte yetiştirilen çoğu iğne yapraklı fidan türleri için %1,30 -3,50 arasında olmasının yeterli olduğu belirtilmektedir (Landis, 1985). Çalışmamızda uygulanan bütün işlemlerde fidanların hem kök hem de gövde azot içerikleri Landis (1985) tarafından verilen değerler arasında

kalmakta olup fidanlarda azot eksikliği meydana gelmemiştir. Ancak potasyum dozunun artırılması azot içeriğini azaltmış olup 150 ppm'den daha fazla potasyum verilmesi veya gövde K içeriğinin %1,1 seviyelerini aşması durumunda fidanlarda azot beslenmesinde yetersizliğe yol açabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Potasyumun bitkilerde azot ile rekabet etmediği bilinmektedir (Aulakh ve Malhi, 2005). Çalışmamızda potasyum içeriğindeki artışın dolaylı olarak azot alımında azalmaya yol açmış olabileceği düşünülmektedir. Güner ve ark. (2008), karaçam fidanlarında azot içeriğini çalışmamızda belirlenen değerlerden daha düşük (%1-1,2 arasında) bulmuşlardır. Bu durumun besin maddesi içeriklerinin fidan yaşından etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Landis,

1985). Zira Güner ve ark.'ın (2008) bildirdiği değerler iki vejetasyon dönemi geçirmiş karaçam fidanlarına aittir.

Fosfor içeriğinin çam fidanlarında %0,16-0,18'in altına düşmesi besin yetersizliği olarak görülmektedir (Proe, 1994). Çalışmamızda uygulanan K dozlarındaki artış her ne kadar fidanların fosfor içeriğinde azalmaya sebep olsa da fosfor için yetersizliğe yol açmamıştır. Fosforun fazlalığı ise Ca, Cu ve Mn gibi elementlerin daha az alınmasına yol açabilir; ancak bu durum fosfor içeriğinin %1'den yüksek olması durumunda söz konusu olmaktadır (Kacar ve Katkat, 1998). Proe (1994) kalsiyumun %0,06, bakırın ise 3 ppm'in altına düşmesinin fidanlarda noksanlık olarak değerlendirilebileceğini bildirmektedir. Çalışmamızdaki Ca içeriklerinin verilen bu değerlere göre oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Bakır içeriği ise 23 ppm K işlemi hariç diğer bütün işlemlerde 3 ppm sınırının oldukça üzerinde belirlenmiştir. Çalışmamızda fidanlarda belirlenen fosfor miktarı en fazla %0,6 civarında olduğundan Ca ve Cu elementlerin alımına olumsuz yönde etki etmediği anlaşılmaktadır. Diğer yandan bakırın toksik sınırı olarak *Picea sitchensis* fidanları için belirlenen 88 ppm değerine göre (Burton ve Morgan, 1983), çalışmamızdaki fidanların bakır içeriğinin toksik etki düzeyinin altında olduğu anlaşılmaktadır.

Magnezyum içeriğinin çam fidanlarında %0,07-0,10'un genel olarak altına düşmemesi istenilmektedir (Proe, 1994). Çalışmamızda belirlenen değerler yetersizlik sınırının oldukça üzerindedir. Diğer yandan potasyum miktarındaki artışla fidanların Mg içeriklerinin bir miktar artması durumu ise hidrasyon suyunun fazlalığı nedeniyle Mg'nin hücre duvarlarındaki değişim bölgelerinde nispeten daha güçsüz bağlanmasına dayanan bu iki element arasındaki antagonizmadan kaynaklanabilir (Kacar ve Katkat, 1998).

Sodyum içeriği Güner ve ark. (2008) tarafından 2 yaşındaki karaçam fidanlarında gövde kısmı için 180-200 ppm, kök kısmı için ise 327-441 ppm olarak bulunmuştur. Bu değerler çalışmamızda gövde için bulunan değerlerden yüksek olup kökte 0 ppm, 23 ppm ve 47 ppm K uygulanan işlemlerin değerlerinden ise düşüktür. Sodyum içeriklerindeki farklılıklar yine fidan yaşlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Sodyum ve potasyum benzer çap ve iyon hidrasyon enerjisine sahip olmaları nedeniyle bitki hücrelerine girişte rekabet ederler. Sodyumun besin ortamında artırılması bitkinin potasyum alımını azaltır. Ancak sodyum ve potasyum arasındaki bu rekabetin meydana gelebilmesi için her iki iyonun da yüksek konsantrasyonlarda olması gereklidir (Zang ve ark., 2010).

Çalışmamızda potasyum konsantrasyonu arttırıldığından fidanların kök ve gövde kısımlarının sodyum içerikleri önce azalmış, sonrasında hafif bir artış göstermiş, son olarak ise tekrar azalmıştır. Bu artma ve azalmaların K/Na oranındaki değişimlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Gezgin ve Hamurcu, 2006).

Proe (1994), çam fidanlarının ibreleri için demir içeriğinin 20-40 ppm arasında değiştiğini bildirmektedir. Güner ve ark. (2008) ise 2 yaşındaki karaçam fidanları için demir içeriğini gövdede 223-378 ppm, kökte ise 672-1791 ppm arasında belirlemişlerdir. Çalışmamızda belirlenen demir içerikleri Proe (1994) tarafından bildirilen değerlerden oldukça yüksektir. Ancak Güner ve ark.'nın (2008) bulgularına oldukça yakın olup sadece gövde kısmının demir içerikleri bir miktar yüksektir. Demir alımının potasyum ile ilişkili olduğu potasyumun artmasıyla demirin daha az alındığı bildirilmektedir (Çakmak 2005). Ancak çalışmamızda potasyum alımının demir alımını arttırdığı belirlenmiştir. Bu durumun fidanların potasyum içeriklerinden ziyade fosfor içeriklerindeki farklılıklarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Kacar ve Katkat, 1998).

Bakırın çam fidanlarında 3-5 ppm arasında bulunması yeterli görülmektedir (Proe 1994). Karaçam fidanlarında Güner ve ark. (2008) gövdede 3-6 ppm, kökte ise 7-12 ppm arasında bakır belirlemişlerdir. Çalışmamızda ise gövde bakır içeriği 3-10 ppm, kök bakır içeriği 11-15 ppm arasında olup, buradaki kısmi farklılığın muhtemelen fidan yaşlarındaki farklılıklardan kaynakladığı düşünülmektedir.

Çam fidanları için yeterli olabilecek mangan konsantrasyonu 20-40 ppm olarak verilmektedir (Proe, 1994). Güner ve ark. (2008) ise mangan içeriğini 2+0 karaçam fidanlarında gövdede 127-199 ppm ve kökte 77-161 ppm olarak tespit etmiştir. Çalışmamızda belirlenen Mn içerikleri Proe 'nin (1994) verdiği değerlere yakın, Güner ve ark.'nın (2008) değerlerinden ise düşük bulunmuştur. Potasyumun, kalsiyum ve magnezyum ile birlikte bitkilerde Mn alımını düzenlenmesindeki etkisi (Fageria, 2001) dikkate alındığında, Mn içeriğinin kök ve gövdede potasyum alımı ile azalması bu iki elementin arasında antagonistik ilişki olabileceğine işaret etmektedir. Potasyumun az alınması durumunda fidanların gövde kısmının Mn içeriğinin 120 ppm seviyesine çıkması ile fidanların bodurlaşması ve kuruması bu elementin toksik etki yapmış olabileceğini göstermektedir (Turan ve Horuz, 2012). Mn içeriğinin 40 ppm'nin altına düşmesi fidanlarda noksanlık sınırı olarak değerlendirilmektedir (Proe, 1994). Çalışmamızda Mn içeriğinin özellikle 35 ppm K işleminden daha

yüksek dozlarda 40 ppm'nin altına düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum yüksek miktarda potasyum gübrelemesinin fidanlarda Mn noksanlığına neden olabileceğini göstermektedir.

#### 4.2. Potasyumun fidan gelişimine etkisi

Fidanlarda kök boğazı çapı ve fidan boyu, fidan kalitesi hakkında bilgi veren en temel özelliklerin başında gelmektedir (Genç ve ark., 1999). Toprak ve ark. (2016), karaçamalarda fidan boyunun arazide tutma başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, fidan çapının yaşama yüzdesini etkilemediğini ortaya koymuşlardır. Anon'a (1988) göre 1 yaşındaki fidan boyu 1. sınıf fidanlarda 6 cm; 2. sınıf fidanlarda ise 5 cm'den az olmamalıdır. Çalışmamızda 23 ppm K işleminden elde edilen fidanlar Anon'a (1988) göre 1. sınıfa ve 0 ppm K hariç diğer işlemlere ait fidanlar 2. sınıfa girerken 0 ppm K işlemi uygulanan fidanlar standardın altında kalmıştır. Anon'da (1988) fidanlar sadece boy bakımından sınıflandırılmamakta, fidan kalitesinin belirlenmesinde boy, çap ile birlikte değerlendirilmekte ve bir fidanın kaliteli sayılması için en az 2 mm kök boğazı çapına sahip olması gerekmektedir. Ancak çalışmamızda en yüksek çap 1,22 mm bulunmuş olup uygulanan işlemlerin kaliteli fidan üretimi için yeterli gelmediği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Yer'in (2011) Eskişehir Orman Fidanlığında yaptığı çalışmada fidan yastıklarında yetiştirilen 1+0 yaşlı Ahırdağı orjinli karaçamalarda ortalama fidan boyu 7,9 cm, fidan çapı ise 1,03 mm bulunmuş olup çalışmamızda elde edilen fidanlardan daha uzun, fakat daha ince çaplıdır. Karaçam fidanlarının 12 cm'den daha uzun olması durumunda arazide daha iyi tutma başarısı gösterdiği (Toprak ve ark., 2016) ve kaliteli fidan sayılabilmesi için 2 mm kök boğazı çapına sahip olması gerektiği (Anon, 1988) dikkate alındığında çalışmamızda elde edilen fidanların 2+0 yaşında standartları karşılayabileceğini söylemek mümkündür. Bununla birlikte çalışmamızda üretilen fidanların arazide yaşama ve büyüme durumlarının da araştırılması gerekmektedir.

Fidan boyunun potasyumdan ziyade azottan etkilendiği yönünde araştırmalar mevcuttur (Öztürk 2013; Gürlevik ve Mercan, 2017). Ancak Akgül (1985) karaçam fidanlarında, Daşdemir ve ark. (1997) sarıçam fidanlarında boy büyümesinin azot uygulamasından etkilenmediğini bildirmektedir. Erdoğan (2003) ise karaçam fidanlarında azotun fosfor ve potasyumla birlikte uygulanması durumunda fidanlarda çap ve boy gelişimini arttırdığını bulmuştur. Diğer yandan sedirde mikro elementlerin de fidan boyunu arttırdığı ortaya konulmuştur (Gürlevik ve Kurtaran, 2018). Çalışmamızda fidan boyunun 23 ppm K işlemiyle en yüksek bulunması, bu işlemde azot ve fosfor

içeriğinin diğer işlemlerden daha fazla olmasından kaynaklanmış olabilir (Tablo 1 ve Tablo3). Tablo 1 ve Tablo 3'te görüldüğü gibi, fidanlarda azot ve fosfor içeriğinin nispeten sabit olduğu 47, 100 ve 150 ppm K işlemlerinde fidan boyları potasyum alımı ile 5,15 cm'den 5,57 cm'ye yükselmiştir. En düşük potasyum alımının gerçekleştiği 0 ppm K işlemi ise daha yüksek miktarlarda azot ve fosfor olmasına rağmen en kısa fidan boyları bu işlemde bulunmuştur. Bu durum karaçamda potasyumun boy gelişimini arttırdığını, ancak azot ve fosforun potasyumla birlikte uygun miktarlarda olması durumunda daha boylu fidanlar elde edilebileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda en kalın kök boğazı çapı, fidan boyunda olduğu gibi, 23 ppm K işlemiyle bulunmuş olup bu durum potasyumun uygun oranlarda fosfor ve azot ile birlikte alınmasından kaynaklanabilir. Çünkü karaçam fidanlarında N/P oranındaki artış çap ve boy gelişimini olumlu yönde etkileyebilmektedir (Deligöz, 2007). Ayrıca Cu alımına bağlı olarak fidan boyu ve çapı azalmıştır. Gürlevik ve Kurtaran (2018) da toprak veya yapraktan mikro element gübresi verilen sedir fidanlarında gübre verilmeyenlere oranla fidan boylarını daha kısa bulmuş, Cu içeriğinin 12 ppm'den 11 ppm'ye düşmesiyle fidan boyunun 9,6 cm'den 12,1 cm'ye yükseldiğini belirlemişlerdir. Sheldon ve Menzies (2005), Cu alımının artmasıyla bitki köklerinde kutikula ve meristem tabakalarının zarar gördüğünü, kılcal kök oluşumunun azaldığını ortaya koymuştur. Nitekim çalışmamızda da Cu alımına bağlı olarak yan kök sayısı, fidan boyu ve çapı azalmıştır. Yan kök sayısındaki azalma fidan köklerinin beslenme yapan yüzey alanını azaltmış olduğundan, bunun çap ve boy gelişiminin azalmasına yol açmış olabileceği düşünülmektedir.

Potasyum alımı yan kök oluşumu üzerinde olumlu etki göstermiştir. Bitkilerde yan kökler oksin hormonunun kökte perisikl tabakasındaki bir grup hücreyi uyarmasıyla oluşmaktadır (Fukaki ve ark., 2007; Kacar ve ark., 2013). Potasyum bitkilerde birçok enzimi aktive eder. Fotosentezde, fotosentez ürünlerinin taşınmasında ve protein sentezinde kullanılır. Hücre turgorunu sağlayarak hücrenin bölündükten sonra büyümesinde rol alır. Potasyumun yetersiz olması durumunda kök büyümesi durabilirken yüksek potasyum seviyelerinde daha fazla ince kök gözlemlendiği bildirilmektedir (Fageria ve Moreira, 2011). Çalışmamızda potasyum içeriği ile birlikte yan kök sayısındaki artış, oksin hormonuna karşı fidanların yeni yan kök oluşturarak tepki göstermesinden kaynaklanmış olabilir (Torrey, 1986). Diğer yandan bu artış, potasyumun oksin hormonunun oluşumunda veya köklere taşınmasındaki etkisi ile de ilişkili olabilir (Kacar ve

Katkat, 1998). Çalışmamızda 150 ppm K uygulanan fidanların yan kök sayısı 100 ppm K uygulanan fidanlardan daha az bulunmuştur. Bu durum manganın daha az alınmasının köke yeterince karbonhidrat taşınmaması ve kök hücrelerinin uzamasını engellemesinden kaynaklanabilir (Kacar ve Katkat, 1998). Ayrıca mangan noksanlığında oksin hormonunun oksidasyonunun azalması da bu durumun bir diğer sebebi olabilir (Turan ve Horuz, 2012).

Anon'e (1988) göre, gövde/kök oranı 3/1'den az olan fidanlar 1.sınıf, 3/1'den 4/1'e kadar olan fidanlar ise 2. sınıf olarak tanımlanmıştır. Bu oran kurak yörelerde yapılan ağaçlandırmalar için oldukça önemli bir kriter olup, 3'ün altında olması gerekmektedir (Genç ve ark., 1999). Çalışmamızda uygulanan bütün işlemlerde gövde/kök oranı 1. sınıf fidan grubuna girmektedir. Gövde/kök oranının düşük olması daha fazla köke sahip fidan anlamına gelmektedir. Uyguladığımız işlemlerin gövde/kök oranı, kök uzunluğu ve kök kütlesi üzerine etkisi olmamasına rağmen, yan kök sayısının potasyum alımına bağlı olarak önemli oranda artması durumu ilginçtir. Hawkesford ve ark.'na (2012) göre bitkilere verilen azot miktarı arttıkça yan kök oluşumu azalmaktadır. Çalışmamızda da azot içeriğinin yüksek olduğu işlemlere ait fidanların yan kök sayısı daha az bulunmuştur. Bu durum, azot beslenmesindeki artışın gövde büyümesini arttırması, böylece gövde gelişiminin kök gelişimini duraklatmasından kaynaklanabilir (Deligöz, 2007).

Potasyumun tarım bitkilerinde yatmayı önlediği bildirilmektedir. Çalışmamızda da fidanların potasyum içeriğinin belirli bir seviyeye kadar arttığında kök boğazı çapının da arttığı, ancak daha sonra bir miktar azaldığı belirlenmiştir. Çapın kalınlaşması, sklerankima hücrelerinin miktarı ile birlikte hücre duvarlarının potasyumun etkisiyle daha fazla kalınlaşmasından kaynaklanabilir (Kacar ve Katkat, 1998).

## 5. Sonuç ve Öneriler

Fidanlıklarda fidanların besin elementi içeriklerinin değerlendirilmesinde fidanların yaşı mutlaka dikkate alınmalıdır. Zira fidan yaşına bağlı olarak besin maddesi içeriği değişebilmektedir.

Çalışmamızda fidan boy ve çap değerlerinin en yüksek 23 ppm, en fazla yan kök sayısının elde edildiği işlemin de 100 ppm potasyum dozu olduğu görülmektedir.

Potasyum beslenmesi karaçam fidanlarında fidan kalitesi, gövde/kök ağırlığı ve kök uzunluğunu etkilememiş olmakla birlikte, fidanlarda çap, boy ve yan kök sayısını arttırmıştır. 1+0 yaşlı karaçam fi-

danlarında çap ve boy gelişimi bakımından en uygun gövde potasyum içeriği %0,87 bulunmuş olup bu oranın %1,1 seviyelerine çıkartılması yan kök sayısını daha da arttırabilir. Ancak daha fazla potasyum uygulamasının azot ve Mn beslenmesinde olumsuzluğa yol açabileceği dikkate alınmalıdır.

Fidanlıklarda belirli periyotlarla fidan örneklerinin analizleri yaptırılmalı ve potasyum seviyesinin %0,87'nin altına düşürülmeyecek şekilde gübreleme yapılmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca fidan gövdesinin Mn içeriğinin 35-77 ppm arasında tutulması Mn zehirlenmesinin önlenmesi bakımından önemlidir. Mangan içeriğinin 120 ppm'ye çıkması 1+0 yaşlı karaçam fidanlarında kuruma ve bodurlaşmaya yol açabilir. Bu durumda uygulanan potasyum gübresinin arttırılmasıyla fazla Mn alınmasının önüne geçilebilir.

Kök yapısı iyi gelişmiş fidan elde edilmesi için potasyumun yanı sıra bakır, çinko ve mangan beslenmesinin izlenmesinin de faydalı olacağı düşünülmektedir. Fidanlarda uygun miktarda besin maddesi içeriği elde edebilmek için uygulanması gereken gübre dozları araştırmalarla ortaya konulmalıdır. Ayrıca kök yapısı yoğunluğunun fidanlarda kuraklığa dayanıklılık üzerindeki etkilerinin de araştırılması gerekmektedir.

## Teşekkür

Çalışmada laboratuvar analizleri için destek sağlayan Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü ile sera ve materyal temin eden Eskişehir Orman Fidanlık Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

Akgül E, 1985. Bazı Fidanlıklarda Karaçamın (*Pinus nigra* Arnold) Ekimi Sırasında Toprağa Verilen Azotlu ve Fosforlu Gübrelerin Fidan Gelişimine Olan Etkileri. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 136, Ankara, 81s

Alptekin CÜ, İmal B, 2010. Kurak ve Yarı Kurak alanlarda Fidan Üretimine Genel Bir Bakış. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi 20-22 Mayıs 2010 Cilt: II, 792-803

Anon, 2017. Orman Genel Müdürlüğü Resmi İstatistikler.

<https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>, (Ziyaret tarihi: 19.01.2019)

Anon, 1988. İğne Yapraklı Ağaç Fidanları, TS 2265/Şubat 1988, TSE Başkanlığı, Ankara

Aulakh MS, Malhi SS, 2005. Interactions of nitrogen with other nutrients and water: – Effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration and



- environmental pollution. In: Sparks D.L. (Eds.) *Advances in Agronomy*, Academic Press, San Diego, California, pp. 341-409
- Battie-Laclau P, Laclau JP, Domec JC, Christina M, Bouillet JP, Piccolo MC, Gonçaves JLM, Moreira RM, Krusche AV, Bouvet JM, Nouvellon Y, 2014. Effects of potassium and sodium supply on drought-adaptive mechanisms in *Eucalyptus grandis* plantations. *New Phytologist*, 203: 401-413
- Bolat İ, Kara Ö, 2017. Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(1): 218-228, Haziran 2017
- Burton KW, Morgan E, 1983. The influence of heavy metals upon the growth of sitka-spruce in South Wales forests. *Plant and Soil* 73: 327-336
- Çakmak İ, 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 521-530
- Çepel N, 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3886, İstanbul, 536s
- Deligöz A, 2007. Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 279s
- Deligöz A, 2012. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *nigra* Arn. var. *caramanica* (Loudon) Rehder) Fidanlarında Sonbahar Gübrelemesi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi* 8(1): 1-9
- Daşdemir İ, Güven M, Güler S, 1997. Doğu Anadolu Bölgesinde Sera Koşullarında Tüplü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Fidan Üretim Tekniği ve Denemesinin Fidanlık Aşaması Sonuçları. Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Rapor No: 2, Erzurum, 39s
- 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, 79s
- Fageria VD, 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): 1269-1290
- Fageria NK, Moreira A, 2011. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In: Sparks D L (Ed), *Advances in Agronomy*, Burlington: Academic Press, pp. 251-331
- Fukaki H, Okushima Y, Tasaka M, 2007. Auxin-Mediated Lateral Root Formation in Higher Plants. *International Review of Cytology*, 256: 111-137
- Genç M, Güner T, Şahan A, 1999. Eskişehir, Eğirdir ve Seydişehir Orman Fidanlıklarında 2+0 Yaşlı Karaçam Fidanlarında Morfolojik incelemeler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23 (Ek Sayı 2): 517-525
- Gezgin S, Hamurcu M, 2006. Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimin Önemi ve Bor İle Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20 (39): 24-31
- Gülsoy S, Cinar T, 2019. The relationships between environmental factors and site index of Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Demirci (Manisa) district, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(1):1235-1246
- Güner ŞT, Çömez A, Karatş R, Genç M, 2008. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nda Yetiştirme Sıklığının Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Fidan Özellikleri İle Dikim Başarısına Etkisi. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Çeşitli Yayınlar Serisi No: 1, Eskişehir
- Gürlevik N, Mercan M, 2017. Azotlu ve kükürtlü gübrelemenin çıplak köklü Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) fidanlarının gelişimi üzerine etkileri. *Türkiye Ormancılık Dergisi* 18(1): 21-29
- 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
- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Skrumsager I, White M, White P, 2012. Functions of Macronutrients. In: Marschner P (Ed.), *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Academic Press, USA, pp. 135-189
- Kacar B, 1986. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No: 20, Ankara, 473s
- Kacar B, İnal A, 2010. Bitki Analizleri, Nobel Yayınevi Yayın No: 1241, Ankara, 892s
- Kacar B, Katkat V, 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127, Vıpaş Yayın No: 3. 595 s, Bursa
- Kacar B, Katkat V, Öztürk Ş., 2013. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınevi, Yayın No:608, Fen Bilimleri No: 57, Ankara, 556s
- Landis TD, 1985. Mineral Nutrition As An Index of Seedling Quality. Duryea, M. L. (ed.). 1985. Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests. Workshop held October 16-18, 1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis
- Menes PA, Mohammed GH, 1995. Identifying the root collar on forest tree seedlings. *The Forestry Chronicle*, 71(3): 304-310
- Narhoğlu MH, 2015. Konya Kapalı Havzasında Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Çalışmalarının Değerlendirme Raporu. ÇEM Genel Müdürlüğü Yayını,

Ankara, 431s

Proe MF, 1994. Plant Nutrition. In: Aldhous JR, Mason WL(Eds.), Forest Nursery Practise, Forestry Comission Bulletin 111, London, pp. 37-65

Öner N, Eken Ö, 2014. Yarıkurak Bölgelerde Erozyon Kontrolü Amaçlı Yapılan Ağaçlandırma Çalışmaları: Çankırı-Alakır Ağaçlandırması Örneği. Havza Yönetimi Sempozyumu, Uygulamalar, Politikalar ve Yeni Yaklaşımlar, 10-12 Eylül 2014, Bildiriler Kitabı, Çankırı, pp. 574-579

Öztürk A, 2013. Tepe Budaması ve Gübrelemenin Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.), Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.), Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Türlerinin Form Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 62s

Rowan JS, 1987. Effects of Potassium Fertilization In The Nursery On Survival And Growth Of Pine Seedlings In The Plantation. Georgia Forest Research Paper, February 68, Georgia Forestry Comission Research Division.

Sheldon AR, Menzies NW, 2005. The effect of copper toxicity on the growth and root morphology of Rhodes. *Plant and Soil* 278:341-349

Torrey JG, 1986. Endogenous and exogenous influences on the regulation of lateral root formation. In: Lackson

MB (Ed.), New Root Formation in Plants and Cuttings, Martinus Nijhoff Publishers, UK, pp. 31-66

Toprak B, Yıldız O, Sargıncı M, Güner ŞT, 2016. Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyunun Karaçam (*Pinus nigra*), Toros Sediri (*Cedrus libani*) ve Saçlı Meşe (*Quercus cerris*) Fidanlarının Yarı-Kurak Sahalardaki Tutma Başarısına Etkisi. *Ormanlık Dergisi* 12(1): 105-111

Turan M, Horuz A, 2012. Bitki Beslemenin Temel İlkelere. In: Kahraman MR (Ed.), Bitki Besleme, Ankara, pp.123-345

Yahyaoğlu Z, Genç M, 2007. Kalite Sınıflamasında Kullanılan Özellikler ve Tespiti. Ed. Yahyaoğlu Z, Genç M, Fidan Standardizasyonu, SDÜ Orman Fakültesi Yayın No: 75, 355-465, Isparta

Yer EN, 2011. Eskişehir Orman Fidanlığındaki Çıplak Köklü ve Tüplü Bazı Orman Ağacı Fidanlarında Fidan Gelişim Dönemlerinin Belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 170s

Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S, 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *International Journal of Molecular Science* 14: 7370-7390

Zang JL, Flowers TJ, Wang SM, 2010. Mechanisms of sodium uptake by roots of higher plants. *Plant Soil* 326:45-60