



## Jips ve kükürt uygulaması yapılan tuzlu-sodik İç Anadolu sahalarında iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.), ılgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge) ve akkavak (*Populus alba* L.) fidanlarının tutma ve büyüme başarısı

Abdullah Hüseyin Dönmez<sup>1</sup> ve Oktay Yıldız<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak ve Ekoloji, Düzce, Türkiye

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 14/11/2023

Kabul Tarihi: 31/12/2023

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1390684>

\* Sorumlu yazar:

[oktayyildiz@duzce.edu.tr](mailto:oktayyildiz@duzce.edu.tr)

### ÖZ

### Araştırma Makalesi

İç Anadolu'daki önemli bir kısım vadi tabanı tuzlu-sodik toprak özelliği göstermektedir. Bu çalışmada jips ve kükürt uygulaması ile tuzlu-sodik topraklardan fazla sodyumun yıkanarak toprağın iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Toprağa kimyasal işlemler uygulandıktan sonra ılgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge), iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) ve akkavak (*Populus alba* L.) fidanları dikilerek yaşama oranları ve büyüme performansları takip edilmiştir. Üç yaşındaki fidanlar 2013 sonbaharında dikilmiş ve 2017 Eylül sonunda ılgın ve akkavağın yaşama oranlarında

işlemler arası önemli bir fark bulunmazken iğde fidanlarında kontrol sahalarında diğer işlemlere göre %51 oranında daha fazla kayıp verdiği görülmüştür. İşlem farkı gözetmeksizin tür bazında bakıldığında ise dördüncü yılın sonunda %78'lik oranla en fazla yaşama oranı ılgında görülürken en düşük yaşama oranı ise %13 ile akkavakta görülmektedir. İğde jips ve kükürt uygulanan sahalarda kontrol sahalarında göre %18 daha fazla boy artımı yaparken ılgın ve akkavak fidanlarında işlemler arası değişkenlikten çok fazla olmasından dolayı işlemler arası fark belirlenememiştir. İğde fidanlarının çap ortalaması da jips ve kükürt uygulanan sahalarda ortalama 10 mm, ılgın fidanlarında 7,5 mm, akkavak fidanlarında ise 4,5 mm olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sodik saha, İğde, Ilgın, Akkavak, toprak iyileştirilmesi

## Survival and growth success of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.), salt cedar (*Tamarix smyrnensis* Bunge) and white poplar (*Populus alba* L.) in gypsum and sulfur applied salt-sodic sites in Central Anatolia

### ABSTRACT

A significant number of valley floors in Central Anatolia show saline-sodic soil characteristics. In this study, it was aimed to improve the soil by washing excess sodium from saline-sodic soils with gypsum and sulfur application. After chemical treatments were applied to the soil, tamarisk (*Tamarix smyrnensis* Bunge), spindle (*Elaeagnus angustifolia* L.) and poplar (*Populus alba* L.) seedlings were planted, and their survival rates and growth performances were monitored. Three-year-old saplings were planted in the fall of 2013 and at the end of September 2017, there was no significant difference between the treatments in the survival rates of tamarisk and white poplar, whereas it was observed that 51% more loss was observed in the spindle saplings in the control areas compared to the other treatments. Regardless of the treatment difference, at the end of the fourth year, the highest survival rate was seen in tamarisk with 78% and the lowest survival rate was seen in white poplar with 13%. While 18% more height increase was observed in the gypsum and sulphur treated areas compared to the control areas, the difference between the treatments could not be determined due to the high variability between treatments in tamarisk and white pine saplings. The average diameter of needle seedlings was 10 mm in gypsum and sulphur treated areas, 7.5 mm in tamarisk seedlings and 4.5 mm in white poplar seedlings.

**Key Words:** Sodic area, Russian olive, Salt cedar, Abele, soil amendments

Bu makaleye atf:

Dönmez, A.H., Yıldız, O., 2023. Jips ve kükürt uygulaması yapılan tuzlu-sodik İç Anadolu sahalarında iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.), ılgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge) ve akkavak (*Populus alba* L.) fidanlarının tutma ve büyüme başarısı. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 9(2), 184-194.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

## 1. Giriş

Türkiye ve Kuzey Akdeniz Havzası (Annex IV) kuraklık ve çölleşmeden en fazla etkilenen alanlar arasında yer almaktadır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009). Ülkemizde 1999 yılında Çölleşmeyle Mücadele Eylem Planı ile beş yıllık kalkınma planlarında da toprak koruma ve rehabilitasyon amaçlı ağaçlandırmanın önemi vurgulanmıştır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005; T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 2006; T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007; T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008). İklim değişikliği açısından en kırılgan ekosistemlere sahip olan İç Anadolu Bölgesi'nde arazi bozulmaları ve çölleşmenin yıkıcı etkisi giderek artmaktadır.

İç Anadolu'nun geniş düzlüklerinde etkin olan şiddetli rüzgârlar da buharlaşmayı ve dolayısıyla nem açığını daha da arttırmaktadır. Yağışın ve biyolojik aktivitenin azlığına ilaveten sahaların sürekli erozyon etkisinde kalmasından dolayı toprak sürekli olarak erken gelişme safhasında tutulmaktadır. Türkiye'deki en büyük havzalardan biri olan Konya Kapalı Havzası, 4,5 milyon ha'lık yüz ölçümüne sahipken, bu sahaların %12 si tuzluluk ve sodyum sorunu ve yaklaşık %14'ünde de drenaj sorunu bulunmaktadır. Geçirimsiz alt tabakaya sahip ve sodik özellik gösteren bu sahalar Aksaray-Adana yolu üzerinde, Ereğli-Karapınar arasında ve Karapınar-Emirgazi arasındaki Kayalı bölgesinde geniş düzlükler halinde rastlanılmaktadır (Yıldız ve ark., 2017). İklim verileri incelendiğinde bölgede uzun süren yaz kuraklıklarının görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca uzun yıllar aşırı otlama ve tarım faaliyetleri sonucunda diri örtünün tahrip edilmesi ile açığa çıkan mineral toprak rüzgârın da etkisiyle kolay bir şekilde harekete geçmekte ve uzak mesafelere taşınım göstermektedir (Balci, 1978; Birkman, 1976; Yıldız ve ark., 2018). Dolayısıyla İç Anadolu Bölgesi'nin yaklaşık yarısı erozyon etkisi altındadır. Diğer taraftan 1950'li yıllarda Marshall yardımı traktör sayısının birden artması marjinal sahaların hızla tarıma açılmasına neden olmuştur (Avcıoğlu, 1979). Traktör ve biçerdöver gibi makinelerin gelmesiyle 1930'larda 6,5 milyon hektar olan ekilebilen arazi miktarı 1950'de 14 milyon, 1956 da ise 22 milyon hektarı aşmıştır. Ekili alan miktarının artması beraberinde mera alanlarının azalmasını da getirmiştir. Aynı dönemde mera arazileri 46 milyon hektardan 1958'de 38 milyon ve 1960'ta 29 milyon hektara düşmüştür (Avcıoğlu, 1979). Cılız otsu bitki türleri ile kaplı marjinal alanların pullukla sürülmesi bir yandan koruyucu yer örtüsünü tahrip ederken, toprak taneciklerini bağlayan organik maddenin de zamanla ayrışarak yok olmasına neden olmuştur. Böylece geniş düzlükler şiddetli rüzgâr erozyonuna açık hale getirilmiştir.

### 1.1 Tuzlu, sodik ve tuzlu-sodik topraklar, ıslahı ve ağaçlandırılması

Kurak ve Yarı-kurak sahaların topraklarda eriyebilen tuzların çoğu farklı oranlardaki ki sodyum ( $\text{Na}^+$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{++}$ ) kanyonları ile klorit ( $\text{ClO}_2^-$ ) ve sülfat ( $\text{SO}_4^{--}$ ) anyonlarından oluşmaktadır. Bunların yanı sıra bu toprakların az miktarlarda da olsa potasyum ( $\text{K}^+$ ) kasyonu ile bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{--}$ ) ve nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) anyonları da içermektedir. Tuzlanma; toprakta eriyebilir Na, Mg ve Ca tuzlarının sahanın verimini olumsuz yönde etkileyecek kadar toprakta birikmesi anlamına gelmektedir. Sodik topraklar ise

özellikle toprağın üst horizonlarında yüksek oranlarda değişebilir Na oranına (ESP) sahiptirler. Bu durum toprakların alkali tepkime göstermesine, kolloidlerin dağılmasına ve düşük permabiliteye sahip olmasına neden olmaktadır (Dregne, 1976; Richards, 1954; Rickson, 1994). Toprak yapısında hem aşırı eriyebilen tuzların hem de değişebilir sodyum oranının yüksek olması tuzlu-sodik olarak adlandırılır. Fazla tuz ve değişebilir sodyum içeren toprakların en yaygın olanı ise tuzlu-alkali topraklardır. Sodik toprakların ıslahı ise iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada topraktaki sodyumun kalsiyumla yer değiştirilmesi gerekmektedir. İkinci aşama ise sodyum tuzunun yıkanmasını içermektedir (Dregne, 1976; Richards, 1954). Topraktaki sodyumun kalsiyumla değiştirilmesinde kullanılan materyaller içerisinde jips en başta gelen kimyasallardandır. Sodik topraklarda jips uygulaması toprağın su iletkenliğini arttırmaktadır (Pal ve ark., 2006).

Ayrıca jips taşınması ve kullanımı kolay, orta derecede çözünürlüğe sahip, bitkiler için zehirli herhangi bir içeriğe sahip olmayıp genelde ucuz ve kurak sahalardaki sedimentlerden yöresel olarak çıkartılan bir malzemedir. Jips toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler yaparak yüzeysel akışa bağlı erozyonla besin kaybını azaltmaktadır. Bu tür toprakları iyileştirmek için elementer kükürt ( $\text{S}_2$ ) veya amonyum sülfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) ta kullanılmaktadır (Fisher ve Binkley, 2000). Kükürt kalkerli sodik sahalarda etkili bir şekilde kullanılabilen bir materyaldir (Dregne, 1976; Mzezewa, 2003). Atılan kükürt sülfirik asite dönüştüğünden sadece  $\text{NaHCO}_3$ 'ü  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 'e dönüştürmeyip aynı zamanda alkaliliği de düşürmektedir. Topraklar ıslah edildikten sonra yeterli tedbirler alınmaz ve sodiklik ile tuzluluğa neden olan koşullar düzeltilmezse toprak kısa zamanda olumsuz tuzlu ve sodik seviyeye geri çıkabilmektedir (Brady ve Weil, 1999). Dolayısıyla sodik toprakların iyileştirilmesinin ikinci aşaması bu topraklarda iyi bir kök yapısına sahip olabilen dayanıklı bitkiler kullanılmalıdır. Ağaçlandırma ve tarım bitkileri kullanarak yapılan iyileştirme çalışmaları sonucu toprağın pH, EC,  $\text{Na}^+$ , ESP değerleri zamanla daha da düşürülüp verim gücü artırılabilir (Singh ve Garg, 2007).

Son 60 yıldır kumul alanlar ve erozyon kontrol amaçlı yapılan çalışmalar neticesinde Türk ormancuları kurak bölge ağaçlandırmaları konusunda önemli tecrübeler kazanmıştır (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2009; T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2012a; 2012b; Boydak ve Çalışkan, 2014). Fakat bu tür sorunlu sahalarda ağaçlandırma çalışmaları hem pahalı bir uygulamadır hem de sahaların biyolojik bağımsızlığını kazanması uzun yıllar almaktadır (Atay, 1970; Dirik, 1994; Dündar, 1973; İrmak, 1963; Kantarcı, 2005). Uzun süreler tel örgülerle çevrili (bazen yer yer başarısız) ağaçlandırma sahalarının köylünün kullanımına kapatılması da ayrıca sosyal bir baskı unsuru haline gelmektedir. Hayvanlarını açık arazide otlatan köylüler için arazinin ağaçlandırma maksadıyla uzun yıllar tel örgülerle koruma altına alınması eskiden beri istenmeyen bir durum olduğundan bazı yörelerde ağaçlandırma girişimlerine itirazlar olmaktadır (İrmak, 1963). Ayrıca sodik ve tuzlu-sodik toprak özelliğine sahip arazilerde uzun yıllardır yapılan bu çalışmalarda başarı elde edilemezken özellikle harcanan para ve emek göz önüne alındığında, bölgedeki tahrip olmuş bitki örtüsünü geri getirecek ve toprak verimliliğini arttıracak alternatif deneysel çalışmalara ihtiyaç vardır. Şimdiye kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar genelde

kullanılan tür ve türün orijini odaklı olarak yorumlanmıştır (Eşen, 2000; Eşen ve Yıldız, 2000; Eşen ve Yıldız, 2006; Genç, 2004; Gökdemir ve ark., 2011; 2012; Semerci, 2002; Yeşilkaya ve Neyişi, 1990; Zengin, 2009). Fakat geri kazanılmaya çalışılan restorasyon sahalarındaki uygulamaların toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkilerini belirleyen veriler oldukça kısıtlıdır (Dündar, 1973).

Toprak verimliliğinin geri kazanılmasını sağlayacak yeni çalışmalar bu sorunu çözmemize katkı sağlayabilir. Bu çalışmanın amacı ise geri kazanılan bu sahalarda bölgedeki benzer çalışmalarda en çok kullanılan ve başarı vaat ettiği düşünülen ılgın (*Tamarix smymensis* Bunge), iğde (*Elaeagnus angustifolia* L) ve akkavak (*Populus alba* L) türlerinin yaşama ve büyüme performanslarını değerlendirmektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Çalışma sahasının genel ekolojik özellikleri ve deneme alanlarının belirlenmesi

Yaklaşık 60 yıllık iklim verilerinden hesaplanan kuraklık analizleri sonucunda Aksaray, Ereğli ve Karapınar bölgelerinin Türkiye'nin en kurak bölgeleri olup, bölgede Mayıs'tan Ekim ayına kadar su açığı bulunmaktadır (Ceylan ve ark., 2009). Bölgedeki topraklarda kurak sahalarda yaygın olan altta sertleşmiş kireç tabakasına sık rastlanmaktadır. Platonun orta kısmında kireçtaşı, marn, marnlı kalker, kilaşı, konglomera, kumtaşı ve jips yaygındır. Geçmiş volkanik hareketleri sonucu Hasandağı ve Karacadağ etrafında bazalt, andezit ve tüf oluşumlarına sık rastlanmaktadır. Ana materyalin yüksek kireç içeriğine bağlı olarak cambisol/inceptisol topraklar yaygındır.

İklim ve toprak koşullarına bağlı olarak bölgede doğal ormanlar düzlüklerde görülmemekte ancak dağların belirli yükseltileri arasında çok küçük parçalar halinde oluşabilmektedir. Bölgenin çoğunluğu kuru tarıma ayrılmış sahalardan ve geri kalan büyük bir kısmı da toprak işleme yapılmayan meralarlan oluşmaktadır. Vadi tabanlarında ise bitki örtüsünün sadece öbekler halindeki Kofa (*Juncus* L. Sp)'lardan ibaret olduğu tuzlu-sodik sahalara rastlanmaktadır.

Deneme alanları daha önceki ağaçlandırma çalışmalarında başarısız olunan tuzlu-sodik özelliğe sahip sahalardan seçilmiştir. Bunun için arazi çalışmaları ve örneklemeler 2012 yılında yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinde pH, Toplam kireç, KDK, Değişebilir Na<sup>+</sup> miktarı gibi sahayı belirleyebilmek için gerekli analizler Eskişehir Toprak Tahlil Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Analizlerden elde edilen veriler ve planlanan işlerin yapılabilirlik durumlarına göre tuzlu-sodik toprak özelliği gösteren dört farklı saha çalışma için seçilmiştir.

Konya ili Karapınar ilçesine bağlı olan Kayalı bölgesinde belirlenen sahalarda Karapınar-Emirgazi arasında Emirgazi'ye yaklaşık 15 km batıdaki Kayalı kasabasının girişinde bulunan taban arazide yer almaktadır. Düz bir topografyaya sahip sahanın ortalama yüksekliği 1040 m'dir. Bu saha aynı zamanda Orman Bakanlığı'nın rüzgâr erozyonu önleme çalışmaları için tahsis edildiğinden etrafı çevrilip koruma altına alınmıştır. Sahadaki toprağın tanecik bileşimi balçıklı-kil yapıda, toprak pH'sı = 8,30-9 arası ve toplam kireç % 19-27 arası ölçülmüştür. Katyon değişim kapasitesi (KDK) yaklaşık 34 C<sub>molc</sub> kg<sup>-1</sup> toprak ve değişebilir Na<sup>+</sup> miktarı 14.6 C<sub>molc</sub> kg<sup>-1</sup> toprak olduğundan ESP (değişebilir sodyum değeri) yaklaşık %43 civarında ve

dolayısıyla saha kireçli ve tuzlu-sodik özelliktedir. Sahaya en yakın meteoroloji istasyonu olan 34 km uzaklıktaki Karapınar meteoroloji istasyonunun verilerinden yararlanılarak oluşturulan Walter diyagramına göre sahada Mayıs'tan başlayarak güz ortalarına kadar su açığı görülmektedir (Walter, 1970). Aksaray ili merkez ilçesinde ve Aksaray-Adana otoyolu kenarında belirlenen sahalarda ortalama 1100 m rakıma sahip *Juncus*'larla kaplı bir taban arazidir. Sahadaki toprağın tanecik bileşimi killi-balçıklı yapıda, toprak kireç oranı %3, pH > 8 ve tuzluluk 6 dS m<sup>-1</sup> civarı olup sahada kireçli ve tuzlu-sodik bir toprak yapısı görülmektedir. Topraktaki organik madde miktarı %2'den azdır. Toprak KDK'sı 38 C<sub>molc</sub> kg<sup>-1</sup> toprak ve ESP ise %36 olarak belirlenmiştir. Sahaya en yakın meteoroloji istasyonu olan Aksaray meteoroloji istasyonu (965 m rakım) verilerinden yararlanarak oluşturulan Walter diyagramına göre de sahada Mayıs sonu ekim başına kadar su açığı görülmektedir. Ereğli-Karapınar otoyolunun batı kısmında yer alan saha 1000 m rakıma sahip ve çok geniş bir taban arazide yer almaktadır. Sahada çok cılız da olsa bazı otsu bitkiler ile yer yer ılgına rastlanabilmektedir. Buradaki araziler platonun en düşük rakımına sahip kısmındadır. Sahadaki toprağın tanecik bileşimi killi toprak özelliğinde, pH=8-8.7 arası, toplam kireç %50 civarında olup saha çok kireçli tuzlu-sodik toprak özelliğindedir. KDK 29 C<sub>molc</sub> kg<sup>-1</sup> olup ESP %38'dir. Sahanın 10 km yakınında bulunan ereğli meteoroloji istasyonu verilerinden yararlanılarak oluşturulan Walter diyagramına göre de sahada Mayıs sonundan Ekim başına kadar su açığı görülmektedir (Walter, 1970).

### 2.2 Fidan dikimleri ve toprağa kükürt, jips uygulamaları

Saha 2013 yılı yazında traktöre takılı (135 hp) ikili ripperle 80-90 cm derinliğinde alt toprak işleme gerçekleştirilmiştir. Daha sonra pullukla yüzeysel toprak işleme sağlanmıştır. Her bir sahada her tür için yaklaşık 100 m<sup>2</sup> büyüklüğünde ikişer işlem ünitesi (kükürt ve jips) ve birer kontrol ünitesi olmak üzere 36 parsel oluşturulmuştur. Daha sonra ekskavatör kullanılarak deneme ünitelerinin etrafı yaklaşık 2 metre genişliğinde ve 2 metre derinliğinde kazılıp çıkan toprak deneme ünitelerinin etrafına yığılarak parsellerin birbirlerinden bağımsız havuzlar şeklini alması sağlanmıştır. Her sahada deneme ünitelerinden 3'üne tane çapı <10 mm olarak öğütülmüş jips ve 3'üne de toz kükürt uygulanmıştır. Ayrıca 3 adet deneme ünitesi de hiçbir uygulama yapılmayan kontrol üniteleri olarak ayrılmıştır. Toprak işlemeden doğabilecek farkı ortadan kaldırmak için kontrol ünitesinde de aynı şekilde alt ve üst toprak işleme gerçekleştirilmiştir. Uygulamalarda kullanılan jips ve kükürtün saflık oranları dikkate alınarak her bir deneme ünitesi için kullanılacak toplam miktarlar (alçı %96 ve kükürt %85) hesaplanmıştır. Sahalara getirilen malzemeler işçilerle parsellere serilip tırmıklar kullanılarak toprakla karıştırılmıştır. Daha sonra Aksaray ve Ereğli Belediyesi'nin bitkileri sulamak için kullandığı analizi yapılmış suların tankerlerle getirilerek yıkama işlemi gerçekleştirilmiş ve her bir deneme ünitesine yaklaşık 30 cm yüksekliğinde ve 8 saatlik aralıklarla 3 kez su verilerek topraktaki sodyumun jips ve kükürt ile yıkanması sağlanmıştır (Yıldız ve ark., 2015; 2017). Aralık 2013'te Ereğli fidanlığında yetiştirilen 3 yaşındaki (1+2) torbalı ılgın, akkavak ve iğde fidanları 2 x 2 m aralık mesafe ile deneme ünitelerine dikilmiştir. Fidan dipleri yaklaşık 1 m yarıçapında bir daire üzerinde 2014, 2015 ve 2016 yılında çapalanarak diri örtü

mücadelesi yapılmıştır. Her bir deneme ünitesinde 36 fidan bulunmaktadır. Ereğli fidanlığında yetiştirilen ılgınlar yöredeki ılgınlardan çelik yoluyla üretilmiştir. Kullanılan ıgde Ereğli, akkavak ise Karapınar orijinlidir.

### 2.3 Fidan ve toprak analizleri

Fidanlar sahaya dikildikten sonra birinci vejetasyon döneminin başı olan 2014 Nisan ayında bütün fidanların çapları (5 cm toprak yüzeyinden) ve boyları sırasıyla ölçülmüştür. Aynı ölçümler vejetasyon mevsimi sonu Ekim 2017'da tekrarlanarak elde edilen değerlerle farklı türlerin ve işlemlerin göreceli artım oranları hesaplanmıştır. Ayrıca vejetasyon mevsimi sonunda fidanlar tek tek kontrol edilip ölmüş fidanlar belirlenerek 2014 kıyısında tamamlama gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Boy için; } RGR_H = (\ln H_2 - \ln H_1) / (T_2 - T_1) \quad (1)$$

$$\text{Çap için; } RGR_D = (\ln D_2 - \ln D_1) / (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Burada; RGR: göreceli büyüme veya artım oranı, ln: doğal logaritma, H: boy, D: çap, T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>: iki ölçüm arası süre.

Dikimlerin gerçekleşmesinden hemen sonra yapılan ölçümlerde aynı türün fidanlarının başlangıç boy ve çap değerlerinde sahalarda arasında istatistiki bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Tüm sahalarda ıgde fidanlarının sahaya dikildikten hemen sonra ortalama 30 ± 3 cm boy ve 3.5 ± 0.8 mm çapa, ılgın fidanlarının ortalama 28 ± 3 cm boy ve 2.3 ± 0,6 mm çapa ve akkavak fidanlarının da ortalama 28 ± 2 cm boy ve 2.1 ± 0.5 mm çapa sahip olduğu belirlenmiştir. Üçüncü vejetasyon döneminde yine yapraklar tam olarak geliştiğinde (Temmuz) her işlem ünitesindeki 12 adet fidandan yapraklar örneklenmiştir. Daha sonra bir işlem ünitesinden alınan 12 örnek 4'er, 4'er birleştirilerek 3 adet kompozit örnek oluşturulmuştur. Örneklenen yapraklar Eskişehir Toprak ve Ekoloji Laboratuvarı'na getirilerek N, P, K, Fe, Zn ve Mn analizleri yapılmıştır. Örneklerdeki N yoğunluğu CN (LECO True space) analiz makinesi ile kuru yakma yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Diğer makro-besin analizleri için (P ve K) bitki örnekleri önce nitrik ve perklorik asit karışımında diğest edilip (Jones ve Case, 1990) daha sonra P yoğunluğunun belirlenmesi için Spektrofotometre (Jenway 6505 UV/Vis. Spectrophotometer), K için Alev Fotometresi (Jenway Flame Photometer) kullanılmıştır. Bitkilerin besin yoğunluğu değerleri fazla büyüyenlerde seyrebileceğinden beslenme açısından sağlıklı bir karşılaştırma için yukarıda belirlenen spesifik yaprak alanı (SLA) değerlerini dikkate alarak işlemlerin karşılaştırılması yapılmıştır (Yıldız ve ark., 2017).

Mayıs'tan Eylül sonuna kadar vejetasyon mevsimi boyunca toprakta bulunan hacimsel nem içeriklerinin belirlenmesi için fidan diplerinden yaklaşık 1 metre uzakta bir noktadan toprağın ilk 30 cm derinliğindeki nem içerikleri TDR (time domain reflectometer) yardımıyla ölçülmüştür (Rhoades ve Oster 1986). Anlık gerçekleştirilen TDR ölçümlerinin kalibrasyonu için de TDR ölçümleri yapılan noktalardan silindirlerle alınan toprak örnekleri nemini kaybetmeyecek şekilde laboratuvarlara taşınarak kurutma fırınlarında nemleri uçurularak nem tayini belirlenmiştir. Fırın kurusu nem miktarları ile arazide ölçülen nem miktarları arasındaki matematik ilişkiden çıkartılan düzeltme faktörü anlık TDR ölçümlerine uygulanmıştır.

Bitki büyümesinde en önemli saha değişkenlerinden biri olan ışık ölçümleri ileride yapılacak çalışmalarla karşılaştırma açısından yararlı görülmüştür. Bu amaçla fotosentetik olarak aktif ışık miktarı (PAR) 10 sensörün bir çubuk üzerine yerleştirilip ortalaması dijital olarak ölçülen ışık ölçerlerle (Apogee AMS) kuzey yarım kürede güneş ışığının gün içerisinde en dik geldiği zaman dilimi olan saat 11 ile 14 arasında ve bulutsuz havalarda her sahada 10'ar ölçüm yapılarak alınmıştır. Ölçümler Haziran'ın ikinci yarısından Ağustos ayının ikinci yarısına kadar gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde fotosentetik olarak aktif ışığın sahalarda arasında fark olmaksızın ortalama 2400 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir.

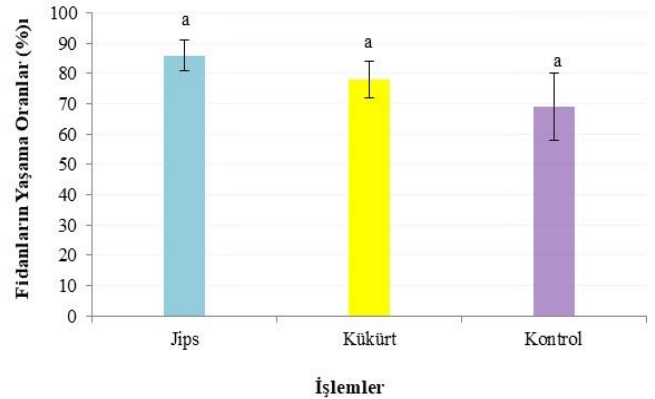
### 2.4 İstatistiki analizler

Analizler araştırmanın genel deseni olan rastgele blok desenine uygun olarak yapılmıştır. İşlemlerin fidanların yaşama oranı ve büyümesine etkileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlar α = 0,05 düzeyinde istatistiki olarak farklı kabul edilmiş ve daha küçük p-değerleri elde edilen değişkenler için Tukey ortalamaları ayırma testi uygulanmıştır. İstatistiki analizler için SAS programından yararlanılmıştır (SAS, 1996)

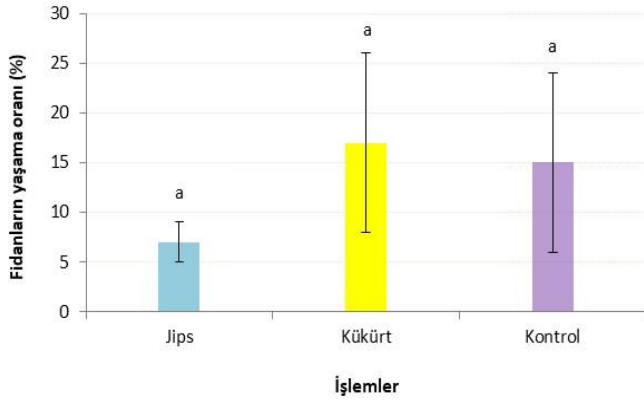
## 3. Bulgular

### 3.1 İşlemlerin fidanların yaşama oranına ve büyümesine etkisi

Dördüncü yılın sonunda ılgın ve akkavağın yaşama oranlarında işlemler arası önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır (Şekil 1, 2).

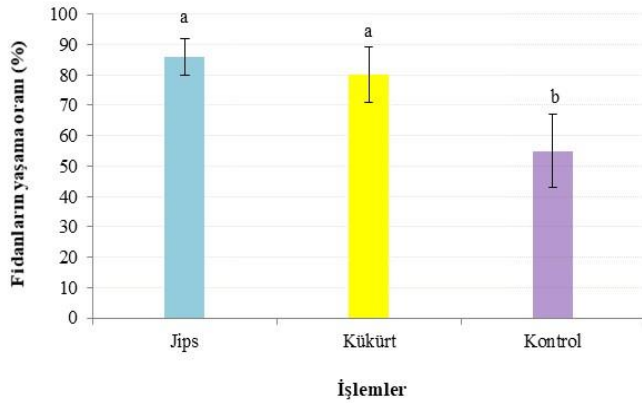


Şekil 1. İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kültür uygulamasından sonra dikilen ılgın fidanlarının dördüncü yıl sonunda yaşama oranları ortalaması ± standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre α =0,05 düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.



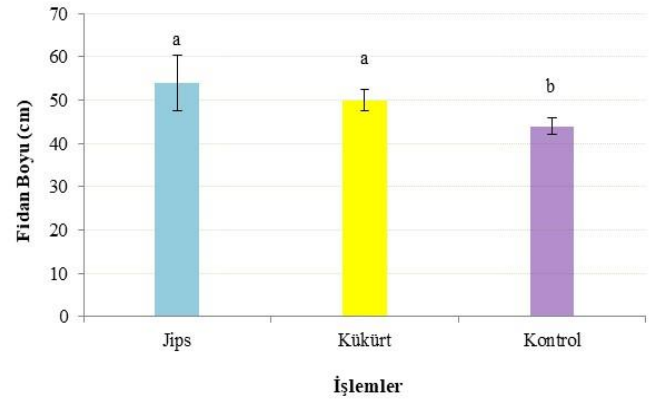
**Şekil 2.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen akkavak fidanlarının dördüncü yıl sonunda yaşama oranları ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha = 0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

İğde fidanlarının kontrol sahalarda jips ve kükürt uygulanan sahalara göre yaklaşık %51 daha fazla kayıp verdiği görülmüştür ( $P = 0.0001$ ; Şekil 3). İşlem farkı gözetmeksizin türler bazında bakıldığında da yaşama oranlarında farklılıklar olduğu görülmektedir ( $P = 0.0001$ ). Dördüncü yılın sonunda en fazla yaşama oranı %78'lik oranla ılgında ortaya çıkmıştır. En düşük yaşama oranı da %13'lük bir oranla akkavakta gözlenmiştir.



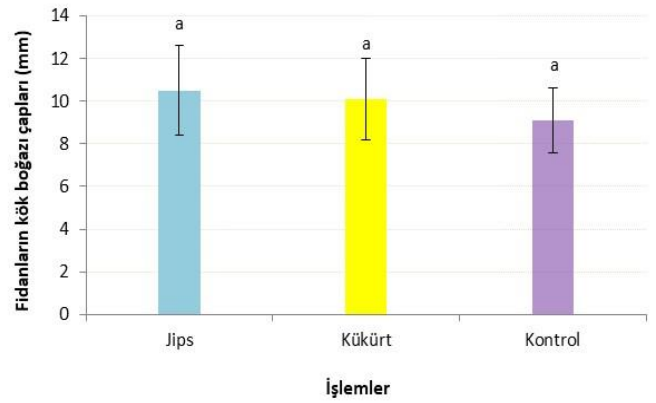
**Şekil 3.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen iğde fidanlarının dördüncü yıl sonunda yaşama oranları ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha = 0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

2013 yılında dikimden hemen sonra yapılan ölçümlerde türler bazında fidanların boy ve çap değerlerinde işlemler arası bir fark bulunmazken dördüncü büyüme sezonu sonunda iğde fidanlarının boy değerlerinde işlemler arası farkların olduğu belirlenmiştir ( $P = 0.0001$ ; Şekil. 4). İğde fidanları jips ve kükürt uygulanan sahalarda kontrol sahalarna göre ortalama %18 daha fazla boy artımı gerçekleştirmiştir.



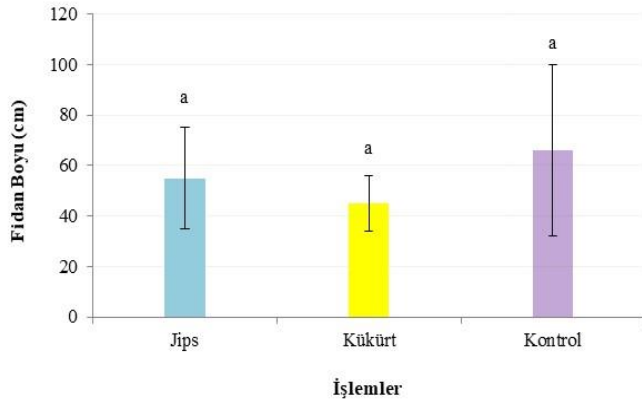
**Şekil 4.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen iğde fidanlarının dördüncü yıl sonunda boy ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha = 0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

İğde fidanlarının kök boğazı çapları ise tüm sahalarda fark olmaksızın ortalama 10 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

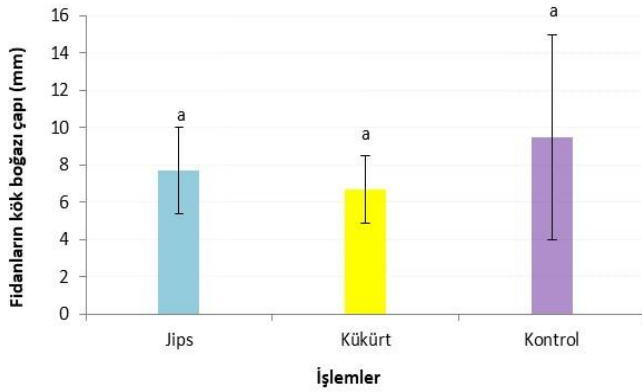


**Şekil 5.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen iğde fidanlarının dördüncü yıl sonunda kök boğazı çapı ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha = 0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

İlgün fidanları dördüncü yılın sonunda bütün işlem ünitelerinde ortalama 55 cm boya ve 7.9 mm çapa ulaşmış fakat işlem içi değişkenliğin işlemler arası değişkenlikten çok fazla olmasından dolayı işlemler arası fark belirlenememiştir (Şekil. 6, 7).

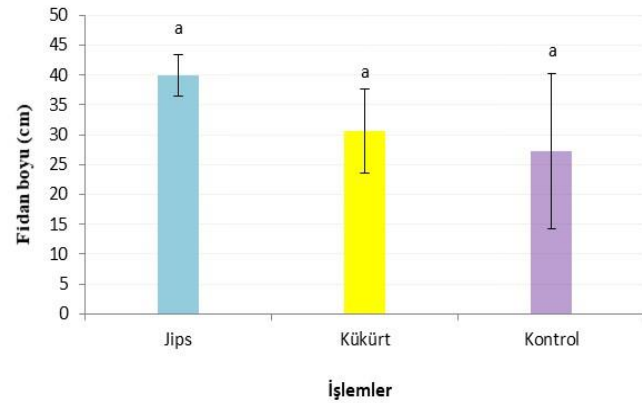


**Şekil 6.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen ılgın fidanlarının dördüncü yıl sonunda boy ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha =0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.



**Şekil 7.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen ılgın fidanlarının dördüncü yıl sonunda kök boğazı çapı ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha =0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

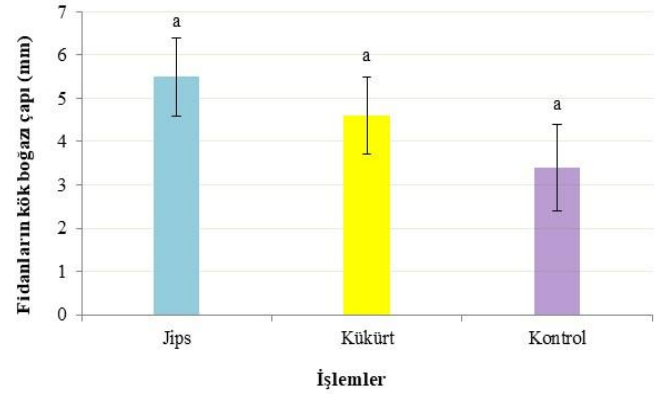
En düşük yaşama oranına sahip olan akkavakların yaşayan bireylerinde işlemler arası boy ve çap artımlarında bir fark bulunmamaktadır. (Şekil 8, 9)



**Şekil 8.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen akkavak fidanlarının dördüncü yıl sonunda boy ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı

harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha =0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Akkavak fidanları dördüncü yılın sonunda bütün işlem ünitelerinde ortalama 32 cm boya ve 4.5 mm çapa ulaşmıştır.



**Şekil 9.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen akkavak fidanlarının dördüncü yıl sonunda kök boğazı çapı ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha =0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Her üç türün de 4 yıllık boy ve çap göreceli artım oranlarının işlemler arası farklılık göstermediği belirlenmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** İç Anadolu Bölgesi'nin tuzlu sodik topraklarında jips ve kükürt uygulamasından sonra dikilen fidanlarının dördüncü yıl sonunda boy ve kök boğazı çapı göreceli artım oranları ortalaması  $\pm$  standart hata. Aynı harflerle işaretlenen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha =0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Tür	İşlem	Göreceli boy artımı	Göreceli çap artımı
Akkavak	Jips	0,087 $\pm$ 0,02a	0,22 $\pm$ 0,04a
	Kükürt	0,043 $\pm$ 0,03a	0,19 $\pm$ 0,05a
	Kontrol	0,051 $\pm$ 0,05a	0,09 $\pm$ 0,07a
İğde	Jips	0,14 $\pm$ 0,05a	0,265 $\pm$ 0,050a
	Kükürt	0,12 $\pm$ 0,01a	0,257 $\pm$ 0,046a
	Kontrol	0,10 $\pm$ 0,01a	0,228 $\pm$ 0,042a
Ilgın	Jips	0,14 $\pm$ 0,09a	0,28 $\pm$ 0,07a
	Kükürt	0,10 $\pm$ 0,06a	0,44 $\pm$ 0,17a
	Kontrol	0,16 $\pm$ 0,12a	0,27 $\pm$ 0,13a

Dördüncü yılın sonunda fidan yapraklarının makro ve mikro besin değerleri bakımından her üç türde de işlemler arası bir fark görülmemektedir (Çizelge 2, 3).



**Çizelge 2.** Fidan yapraklarındaki makro-besin yoğunlukları (%) ortalaması  $\pm$  std. hata. Her besin elementi için aynı harfle takip edilen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha=0.05$  önemlilik düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

İğde	C	N	P	K	Ca	S
Jips	43 $\pm$ 0,9a	2,9 $\pm$ 0,27a	0,26 $\pm$ 0,03a	2,1 $\pm$ 0,02a	0,99 $\pm$ 0,02a	0,3 $\pm$ 0,06a
Kükürt	43 $\pm$ 0,6a	3,0 $\pm$ 0,25a	0,26 $\pm$ 0,02a	1,9 $\pm$ 0,02a	0,93 $\pm$ 0,16a	0,37 $\pm$ 0,08a
Kontrol	42 $\pm$ 1,4a	2,8 $\pm$ 1,1a	0,24 $\pm$ 0,02a	1,8 $\pm$ 0,02a	1,12 $\pm$ 0,4a	0,27 $\pm$ 0,01a
İlgin	C	N	P	K	Ca	S
Jips	39 $\pm$ 1,1a	2,5 $\pm$ 0,18a	0,3 $\pm$ 0,05a	1,2 $\pm$ 0,08a	1,3 $\pm$ 0,18a	0,3 $\pm$ 0,03a
Kükürt	38 $\pm$ 0,5a	2,4 $\pm$ 0,2a	0,3 $\pm$ 0,05a	1,1 $\pm$ 0,08a	1,2 $\pm$ 0,2a	0,3 $\pm$ 0,06a
Kontrol	41 $\pm$ 0,9b	2,2 $\pm$ 0,14a	0,2 $\pm$ 0,03a	1,0 $\pm$ 0,04a	1,3 $\pm$ 0,03a	0,3 $\pm$ 0,04a
Akkavak	C	N	P	K	Ca	S
Jips	44 $\pm$ 1,1a	2,6 $\pm$ 0,02a	0,3 $\pm$ 0,02a	1,5 $\pm$ 0,02a	1,0 $\pm$ 0,02a	0,3 $\pm$ 0,07a
Kükürt	42 $\pm$ 1,5a	2,5 $\pm$ 0,02a	0,4 $\pm$ 0,01a	1,4 $\pm$ 0,05a	1,0 $\pm$ 0,01a	0,04 $\pm$ 0,01a
Kontrol	43 $\pm$ 1,6a	2,6 $\pm$ 0,2a	0,4 $\pm$ 0,01a	1,4 $\pm$ 0,14a	1,1 $\pm$ 0,02a	0,2 $\pm$ 0,04a

**Çizelge 3.** Fidan yapraklarındaki mikro-besin yoğunlukları (mg kg<sup>-1</sup>) ortalaması  $\pm$  std. hata. Her besin elementi için aynı harfle takip edilen ortalamalar Tukey ortalamaları ayırma testine göre  $\alpha=0,05$  önemlilik düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

İğde	Fe	Cu	Zn
Jips	1242 $\pm$ 348a	35 $\pm$ 6a	28 $\pm$ 5a
Kükürt	1037 $\pm$ 428a	40 $\pm$ 7a	30 $\pm$ 11a
Kontrol	1497 $\pm$ 518a	43 $\pm$ 6a	33 $\pm$ 14a
İlgin	Fe	Cu	Zn
Jips	856 $\pm$ 273a	43 $\pm$ 7a	34 $\pm$ 7a
Kükürt	489 $\pm$ 65a	39 $\pm$ 7a	37 $\pm$ 14a
Kontrol	581 $\pm$ 183a	44 $\pm$ 8a	49 $\pm$ 14a
Akkavak	Fe	Cu	Zn
Jips	1246 $\pm$ 475a	44 $\pm$ 3a	245 $\pm$ 40a
Kükürt	1380 $\pm$ 453a	44 $\pm$ 4a	236 $\pm$ 34a
Kontrol	1396 $\pm$ 488a	48 $\pm$ 5a	260 $\pm$ 39a

#### 4. Tartışma

Elverişsiz sahalarda orman kurmadaki veya ağaç yetiştirmedeki sorunlar arazi hazırlığı, fidanlık aşamasındaki uygulamalar ve diğer silvikültürel işlemlerle kısmen de olsa aşılmaya çalışılmaktadır. Yatırım maliyeti düşünüldüğünde bu koşullarda odun üretimi amaçlı orman kurmak ekonomik bir girişim değildir. Fakat bu sahalardaki ağaçlandırmalar rüzgâr perdesi oluşturarak erozyonu önleme, yaban hayatını koruma ve artan talepleri karşılayacak rekreasyon alanları sunma gibi topluma birçok ekosistem hizmetleri sağlamaktadır. Ayrıca bu tür çalışmalarla sahalanın taşıma kapasiteleri ölçüsünde mera alanlarının orman alanları ile entegrasyonu sağlanarak üretim kapasiteleri de artırılabilir. Hindistan Lucknow'daki bir sodik bozuk sahada yapılan çalışmada tür çeşitliliği ve saha verimliliğinin sahalanın restorasyon işlemlerini hızlandırdığını belirtilmektedir (Sing ve Garg, 2007). Bu nedenle toprağı koruma amaçlı yapılan işlemler bir yandan da sahadaki vejetasyonun iyileştirilmesi sürecinin bir parçası olmalıdır. Bu tür baskı altındaki sahalarda etrafı çevirip ağaçlandırmaya ayrılarak insan müdahalesi önlendikten sonra bitki örtüsü sahayı tekrar yavaş yavaş kendiliğinden kaplamaktadır. Bu çalışmada sahalalar tel örgülerle olatmaya kapatılmıştır. Sahada doğal bitki örtüsü ile ilgili bir ölçüm yapılmamasına rağmen saha gözlemlerinde yer örtücülerin miktarında ve çeşitliliğinde koruma altına alınmayan sahalara göre önemli bir farklılık olduğu görülmüştür. Fakat yetiştirme ortamı koşullarının oldukça sınırlı olduğu bu sahalarda doğal süksesyon oldukça yavaş

ilerlemektedir. Bu nedenle etkin bir restorasyon işleminin gerçekleştirilebilmesi için sahaya müdahaleler gerekmektedir. Bu bölgedeki restorasyon amaçlı bitki örtüsüne müdahale genelde iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar toprağın korunması ve yeşil kuşağın oluşturulmasıdır. Bu iki kısım birbirleriyle bağlantılı olsa da farklı durumlarda her iki çalışmanın da farklı hedefleri bulunabilmektedir.

Yağmur sularının kök bölgesindeki tuz ve fazla sodyumu yıkamaya yetmediği kurak ve yarı-kurak bölgelerde tuzluluk ve sodiklik sorunlarıyla sık sık karşılaşmaktadır. Geçirgenliğin ve su hareketinin zorlandığı toprak koşullarında suyun aşağılara doğru drenaj yoluyla süzülmesi oldukça güçleşmektedir. Sodiklik erozyona yatkınlığı arttırmakta ve bitki büyümesini engellemektedir (Pessaraki ve Szabolcs, 2011). Dolayısıyla bu sahalanın geri kazanımı (reclamation) veya en azından tuzluluk ve sodiklik etkisinin azaltılmasına yönelik yöntem ve tekniklerin bulunması oldukça önemli ve gereklidir.

Marjinal sahalara ağaç dikilmesi bu âtil sahalanın üretim kapasitelerini arttırmak için etkili bir yöntemdir. Ağaçlandırma peyzajı önemli oranda değiştirmektedir (Gharaibeh ve ark., 2011; 2014; Hbirkou ve ark., 2011; Lamers ve ark., 2006). Tunus'ta Akdeniz kıyılarındaki regosol topraklarda *Acacia salina* ile yapılan 3, 5, 9 ve 13 yaşlarında ağaçlandırma sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre ağaçların sahaya tutunmaları ve büyümeleri ile birlikte toprağın toplam C, N, yararlanılabilir P ve değişebilir K<sup>+</sup> ve Ca<sup>++</sup> değerlerinde önemli artışlar gözlenmiştir. Bu trendin ağaçlandırmanın yaşı ile birlikte arttığı belirlenmiştir (Jeddi ve Chaieb, 2012). Hindistan'da pH = 9-10,5, EC = 1-4,19 dSm<sup>-1</sup>, ESP = %45-75 değerlerine sahip bozuk sodik Typic Halaquept topraklarda yapılan ağaçlandırma odaklı bir ekolojik restorasyon çalışması sonucu değerlendirilmiştir. Araştırmacılar *Acacia* spp, *Albizia* spp, *Populus* spp ve karışık ormanlarının yetişmesinin sodik toprakların iyileştirilmesine önemli katkı sağladığını belirlemişlerdir. Toprağın pH, EC, Na ve ESP değerlerinin ağaçlandırma ve uzun süreli tarım yapılmasıyla önemli oranda düştüğünü fakat ağaçlandırmanın tarım yapılmasından daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir (Singh ve Garg., 2007).

Türkiye'de ağaçlandırma ile bozuk sodik toprakların restore edilmesine yönelik veriler yok denecek kadar kısıtlıdır. Son 70 yıldır bu kurak sahalarda önemli miktarda ağaçlandırma çalışması gerçekleştirilmiştir (Boydak ve Çalışkan, 2014; T.C. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, 1986; T.C. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, 1987; Tavşanoğlu, 1976). Fakat farklı türlerin sahaya tutunmaları ve büyüme performansları ile ilgili yeterli kadar sistematik bilgi bulunmamaktadır. Bölgedeki

ağaçlandırma çalışmalarında ekolojik anlamda ilk sorun tür seçimiyle ilgilidir. Ormancılar genelde süksesyona ileriki aşamasındaki ağaç türlerine yoğunlaştıklarından bu tür ağaçlandırma çalışmalarının çoğu başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Süksesyona ileri aşamasındaki ağaç türlerinin iyi bir büyüme performansı gösterebilmesi için kuruluş aşamasında uygun saha hazırlığı yapılsa bile sahanın belirli bir gelişim ve dönüşüm süreçlerinden geçmesi gerekmektedir.

İlk ağaçlandırma için öncü ve hazırlayıcı türler kullanılmalıdır. Bu türler sahayı kolayca kaplamakta ve sahayı daha fazla gereksinimi olan geç türlere uygun hale getirmektedirler. Bu amaçla ilgin ve akkavak Tunus, Cezayir, Fas, Birleşik Arap Emirlikleri, Ürdün, Irak, Kuveyt ve İsrail'de yeşil kuşak ve rüzgâr perdesi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Metro, 1970; Kaplan ve ark., 1970; Oedokoven, 1970). Şimdiki çalışmada üçüncü büyüme sezonu sonunda ilgin fidanlarının yaşama oranlarında sahalar arasında bir fark görülmemiştir. *Tamarix* spp. türlerinin çoğu yüksek tuzlu ve sodik topraklara dayanabilmektedir (Ahmed ve Qanor 2004; Biswas ve Biswas 2014). Ilginlar kumulların durdurulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Metwally ve ark. 2016). İki *Tamarix* türünün tuz ve kuraklığa karşı son derece dayanıklı olduğunu ve bütün sahalarda %80'in üzerinde yaşama oranlarına sahip olduğunu belirlenmiştir. Fidanların sahaya dikimi ilk adımdır. Fakat yüksek yaşama oranlarına sahip olmak sorunu tamamıyla çözmektedir. Fidanların büyüyerek kısa zamanda biyolojik bağımsızlığını kazanması gerekmektedir. Fidanlar sahaya yerleştikten sonra yapılacak uygulamalar bu süreci hızlandırabilir (Dawalibi ve ark.; 2015). Şimdiki çalışmada toprağa kimyasal uygulanması iğde fidanlarında yaşama oranlarını kontrol sahalara göre önemli oranda arttırmıştır.

Akkavak Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika'da çok geniş bir ekolojik yelpazede hatta tuzlu topraklarda da yetişebilen öncü bir türdür (Sekawin 1975; Jobling 1990). Bu nedenle yarı kurak sahaların ağaçlandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tuzlu sulama denemeleri sonucunda *P.alba*'nın tuzlu toprakların ağaçlandırılmasında kullanılabilecek bir tür olduğunu ifade edilmiştir (Imada ve ark., 2009). Fakat şimdiki çalışmada en düşük yaşama oranı akkavak fidanlarında gözlemlenmiştir. Dördüncü büyüme sezonu sonunda bütün işlem ünitelerindeki fidanların yaklaşık 3/4'ü kurumuştur. Fidanların sahaya 2013 yılındaki dikiminden hemen sonra yapılan ölçümlerde her tür için işlem üniteleri arasında boy ve çap değerleri arasında bir fark görülmezken dördüncü büyüme sezonu sonunda iğde fidanlarının kimyasal uygulanan sahalarda daha iyi boy ve çap artımı yaptığı belirlenmiştir. İğde bu tür marjinal sahalara ve kurak koşullara son derece dayanıklı bir türdür (Dubovyk ve ark., 2016). İğde ve *Tamarix androssowii* türlerinin Özbekistan'ın Aral havzasındaki gleyic solonchak topraklarda sahaya kolayca uyum sağladıklarını ve iyi bir büyüme performansı sergilediklerini gösterilmiştir (Khamzina ve ark., 2006). Dikimden 19 ay sonra fidanların %95'inden fazlasının yaşadığı belirlenmiştir. Minnesota'da 560 mm yağış alan bir bölgedeki orta derecede geçirgen kalker balçık ve killi balçık üzerinde balçık katmanının bulunduğu topraklarda dikimden beş yıl sonra iğde fidanlarının %50'sinin yaşadığını fakir ve verimli toprak kısımlarına göre de 75-350 cm arasında bir boy büyümesi gerçekleştirdiğini belirlenmiştir (Carmean,

1976). Yapmış olduğumuz bu çalışmada yaşama oranlarında olduğu gibi akkavak fidanlarının büyüme performansı üç tür içerisinde en zayıf olanıdır. Yaşama oranları ve büyüme performansları dikkate alınarak yapılacak olan bir değerlendirmede ilgin ve iğde türlerinin bu sahalarda restorasyon çalışmalarında kullanılmasının uygun olduğu ortaya çıkmaktadır. İğde aynı zamanda azot bağlayıcı bir tür olduğu için kök bölgesindeki azot yoğunluğunu ve mikrobiyal çeşitliliği de artırabilir (Fisher ve Binkley, 2000; DeCant, 2008).

Bu tür sorunlu sahalarda restorasyonu pahalı bir uğraştır. Çalışmada kullanılacak kimyasallar ve su miktarı önemli bir maliyet getirebilir. Fakat daha önce gerçekleştirilen ve başarısız olan sahalara yapılan yatırımlar ile sahalarda restore edilmesi sonucu erozyonun durdurulması, tarım ve mera alanlarının veriminin artırılması, yaban hayatının iyileştirilmesi vb. ekosistem hizmetlerinin sağlayacağı faydalar dikkate alındığında bu tür çalışmaların uygulamacılar ve yerel yönetimler için önemli bir seçenek olabileceği düşünülmektedir. Bölgedeki tortul depozitlerde jips çıkarıldığı için bu malzemenin ucuz olarak temini mümkündür. Ayrıca kritik yerlere verilecek önceliklerle su kullanım miktarında da düzenlemeler yapılabilir. Öncelikle erozyonun durdurulması gereken kritik noktalar belirlenip rüzgâr perdesi amaçlı bir kuşak belirlenebilir. Örneğin her 100 metre mesafe için yaklaşık 30 metrelik bir ağaçlandırma şeridi gibi. Ağaç köklerinin bulunacağı derin toprak yıkaması sadece bu şeritlerde gerçekleştirilebilir. Önceliği daha düşük diğer sahalarda ise daha uzun vadede sonuç alınması düşünülüp bu sahalarda işlendikten sonra jips uygulaması yapıp uzun sürede doğal olarak yavaş yavaş toprağın yıkanması beklenebilir veya bu sahalarda da sığ köklü otsu veya çalı türlerin gelmesini sağlayacak daha sığ toprak yıkaması çok daha az miktarda su ile gerçekleştirilebilir (Yıldız ve ark., 2017). Bu tür çalışmalardan elde edilecek veriler kısa vadede çok değişken olabileceği için ilk yıllardaki veriler uygulamaların başarılı olup olamayacağı hakkında yön vermektedir. Dolayısıyla bu şekilde uygun deneme desenleri oluşturularak kurulan sahalarda uzun vadede periyodik veriler elde edilmesinin oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bakımdan şimdiki sahalarda çalışmanın bitimi sırasında tüm dikenli telleri kontrol edilerek gerekli koruma önlemleri tekrar alınmış ve sahalarda bulunduğu bölgelerin orman idareleri ile gerekli görüşmeler yapılmıştır (Yıldız ve ark., 2017). Ayrıca bölgede ağaçlandırma amaçlı sahalarda kapatılmasına köylülerin yoğun itirazları olduğu görülmektedir. Bu amaçla sahalarda bulunduğu yere yakın köylere gidilerek çalışmanın köylünün meralarını etkileyecek büyüklükte olmadığı ve bu deneme sahalalarının korunmasının köylüler için mera kalitesi, rekreasyon, erozyonu önleme vb. faydaları olduğu anlatılarak sahalarda korunması gerektiği konusunda görüşmeler yapılmıştır (Yıldız ve ark., 2017).

## 5. Sonuçlar

İklim ve toprak koşulları dikkate alındığında bu sahalardaki ağaçlandırma çalışmalarının pratikte uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği sürekli olarak sorulan sorulardandır. Bu kurak sahalarda çoğu verimli orman kurulması açısından son derece marjinal sahalardır ve bu sahalarda çoğu mera olarak kullanılmaktadır. Fakat bu sahalarda yapılan ağaçlandırma çalışmaları toprağı koruma, halkın rekreasyon ihtiyacını



karşılama, yaban hayatına habitat sunma ve diğer ekolojik hizmetleri karşılama potansiyeline sahiptir. Ayrıca bu tür bozuk sodik sahaların restorasyonu iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına da yardımcı olabilir.

Bu sahalardaki ağaçlandırma çalışmaları 1950'li yıllarda çok küçük bir ölçekte deneyimli personel, bilgi ve teknoloji eksikliğinin olduğu koşullarda başlamıştır. Önceki çalışmalardan elde edilmiş uygun bir deneme deseni olan ve sonuçların sistematik bir şekilde sunulduğu çalışmaların oldukça kısıtlı olması uygulamacıların karşılaştığı en önemli sorundur. Uygulama çalışmalarında elde edilen önemli bilgiler ve tecrübeler olmasına rağmen bu olumsuz koşullarda dikilen fidanların tutma oranlarını ve büyüme performanslarını arttıracak alternatif toprak iyileştirme teknikleri ve silvikültürel tedbirlerin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Uygun deneme desenine sahip sistematik veri üretecek deneme çalışmaları benzer sahalardaki uygulamalara da önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu tür deneme çalışmalarından elde edilen sonuçlar erozyonu önleme amaçlı yoğun ağaçlandırma çalışmalarının başarısına önemli katkılar sağlayabilir. Şimdiki çalışmadan elde edilen ilk veriler jips ve kükürt uygulamasının sodyumu toprak profilinden yıkadığını ve toprağın infiltrasyon kapasitesini arttırdığını göstermiştir. Bu kimyasallarla toprağın iyileştirilmesi sonucu ığde fidanlarının yaşama ve büyüme performanslarında önemli artış olduğu belirlenmiştir. ığde ve ilgin türünün bu tür bozuk sodik sahaların restorasyonunda kullanılabilecek türler olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmadan ve takip edecek çalışmalardan elde edilecek özellikle uzun vadeli sonuçların yöredeki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

Çalışma TÜBİTAK-COST 1130793 numaralı ve DÜBAP-2018.02.02.849 Bilimsel Araştırma Projeleriyle desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı iki kuruma ve personeline teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 'Jips ve Kükürt Uygulaması Yapılan Tuzlu-Sodik İç Anadolu Sahalarında ığde (*Elaeagnus angustifolia* L.), Ilgın (*Tamarix smyrnensis* Bunge) ve Akkavak (*Populus alba* L.) Fidanlarının Tutma ve Büyüme Başarısı" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir

## Kaynaklar

- Ahmed, M., Qanor I., 2004. Productive rehabilitation and use of salt-affected land through afforestation (A review). *Science Vision*, 9(4), 1-14.
- Atay, İ., 1970. Genel ve teknik yöntemleri ile Türkiye'de ağaçlandırma. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1543, O.F. Yayın No: 158, Sermet Matbaası, İstanbul.
- Avcıoğlu, D., 1979. Türkiye'nin düzeni. Dün-bugün-yarın. 2. Kitap. Tekin Yayınevi. 12. Basım. İstanbul.
- Balcı, N., 1978. Kurak ve nemli iklim koşulları altında gelişmiş bazı orman topraklarının erodibilite karakteristikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü. Yayın No: 2402. O.F. Yayın No: 248.

- Birkman, R., 1976. *Geology of Turkey*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Biswas, A., Biswas A., 2014. Comprehensive approaches in rehabilitating salt affected soils: A review on Indian perspective. *Open Transactions on Geosciences*. 1(1), 13-24.
- Boydak, M., Çalışkan S., 2014. Ağaçlandırma. CTA. Tanıtım Rek. Hiz. Org. Basın Yayın Bil.San. ve Tic Ltd. Sti., Ankara.
- Brady, N.C., Weil, R. R., 1999. *The Nature and Properties of Soils*, 12th Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc. 881.
- Carmean, W.H., 1976. Soil conditions affect growth of hardwoods in shelterbelts. *Research Note-204*. USDA Forest Service.
- Ceylan, A., Akgündüz, S., Demirörs, Z., Erkan, A., Çınar, S., Özveren, E., 2009. Aridity Index Kullanılarak Türkiye'de Çölleşmeye Eğilimli Alanlardaki Değişimin Belirlenmesi. I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. Konya.
- Dawalibi, U., Monteverdi M.C., Moscatello S., Battistelli A., Volertini, R., 2015. Effects of salt and drought on growth, physiological and biochemical responses of two tamarix species. *Forest* 8, 772-779.
- DeCant, J.P., 2008. Russian olive, *Elaeagnus angustifolia*, alters patterns of soil nitrogen pools along the Rio Grande River, New Mexico, USA. *Wetlands*, 28, 896-904.
- Dregne, H.E., 1976. *Soils of arid regions*. Developments in soil science 6. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Dirik, H., 1994. Üç yerli çam türünün (*Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn. Subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe, *Pinus pinea* L.) kurak periyottaki transpirasyon tutumlarının ekofizyolojik analizi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, A(44), 111-121.
- Dubovyk, O., Menz, G., Khamzina, A., 2016. Land suitability assessment for afforestation with *Elaeagnus angustifolia* L. In degraded agricultural areas of the lower amudarya river basin. *Land Degradation & Development*, 27(8), 1831-1839.
- Dündar, M., 1973. Ankara civarındaki bazı karaçam ve sarıçam kültürlerinde görülen kurumalarla iğne yapraklardaki besin maddeleri konsantrasyon seviyeleri arasındaki ilişkiler. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten serisi No. 53.
- Eşen, D., 2000. "Ecology and control of rhododendron (*Rhododendron ponticum* l.) In Turkish eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Forests". PhD Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 122.
- Eşen, D., Yıldız O., 2000. Otsu ve Odunsu Diri Örtü Mücadelesinin Meşcerelerin Gençleştirilmesi ve Büyümesine Etkileri. TBMMO Orman Mühendisleri Odası Dergisi, 37, 28-32.
- Eşen, D., Yıldız O., 2006. Doğaya Yakın Ormançılık ve Doğru Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.). A.İ.B.Ü. Ormançılık Dergisi, 1(3), 130-139.
- Fisher, R.F., Binkley D., 2000. *Ecology and management of forest soils*. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Gharaibeh, M.A., Eltaif N.I., Albalasmeh A.A., 2011. Reclamation of highly calcareous saline sodic soils using *Atriplex halimus* and byproduct gypsum. *International Journal of Phytoremediation*. 13, 873-883.
- Gharaibeh, M.A., Rusan M.J., Eltaif N.I., Shunnar O.F., 2014. Reclamation of highly calcareous saline-sodic soil using low

- quality water and phosphogypsum. Applied Water Science. 4, 223–230.
- Genç, M., 2004. Silvikültürün temel esasları. SDÜ Orman Fakültesi Yayın No: 44, Isparta.
- Gökdemir, Ş., Dağdaş S., Cengiz Y., Keskin S., Doğan B., Karata H., Işık F., 2011. Türkiye’de Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) orijin denemeleri onuncu yıl ara sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten Seri No:289. Ankara.
- Gökdemir, Ş., Tosun S., Palazoğlu Z.Ö., Arslan M., Coşgun S., Türker H., Tokcan M., 2012. Türkiye’de karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) orijin denemeleri yirmi beşinci yıl ara sonuçları. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten Seri No. 293. Ankara.
- Hbirkou, C., Martius C., Khamzina A., Lamers J.P.A., Welp G., Amelung W., 2011. Reducing topsoil salinity and raising carbon stocks through afforestation in Khorezm, Uzbekistan. Journal of Arid Environments. 75, 146-155.
- Imada, S., Yamanaka N., Tamai S., 2009. Effects of salinity on the growth, Na partitioning and Na dynamics of a salt-tolerant tree, *Populus alba* L. Journal of Arid Environments, 73, 245-251.
- Irmak, A., 1963. Türkiye’de ormanın yetişmesine hakim olan genel faktörler ve Türkiye’de ağaçlandırmalardaki ekolojik problemler. İstanbul Üniversitesi Yayınları. Orman Fakültesi No. 1037/92.
- Jeddi, K., Chaieb M., 2012. Restoring degraded arid Mediterranean areas with exotic tree species: influence of an age sequence of *Acacia salicina* on soil and vegetation dynamics. Flora, 207, 693-700.
- Jobling, J., 1990. Poplars for wood production and amenity. Forestry Commission Bulletin, No. 92.
- Jones Jr, J.B., Case, V.W., 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. Soil testing and plant analysis, 3, 389-427.
- Kantarci, M.D., 2005. Türkiye’nin yetiştirme ortamı bölgesel sınıflandırması ve bu birimlerdeki orman varlığı ile devamlılığının önemi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü. Yayın No: 1558, O.F. Yayın No. 484. İstanbul.
- Kaplan, J., Karschen R., Kolar M., 1970. Israel. In: Kaul R.N., Junk N.V. Dr. W. (eds.) Afforestation in arid zones. The Hague.
- Khamzina, A., Lamers J.P.A., Worbes M., Botman E. and Vlek P.L.G., 2006. Assessing the potential of trees for afforestation of degraded landscapes in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. Agroforestry Systems 66, 129-141.
- Lamers, J.P.A., Khamzina A., Worbes M., 2006. The analyses of physiological and morphological attributes of 10 tree species for early determination of their suitability to afforest degraded landscapes in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. Forest Ecology and Management 221, 249–259.
- Metro, A., 1970. The Maghreb of Africa north of Sahara. Israel. In: Kaul R.N., Junk Dr. W. N.V. (eds.) Afforestation in arid zones. The Hague.
- Metwally, S.A., Abouziena H.F., Abou-Leila M.M., Farahat E., Habba El., 2016. Biological method in stabilization of sand dunes using the ornamental plants and woody trees: Review article. Journal of Innovations in Pharmaceuticals and Biological Sciences. 3(1), 36-53.
- Mzewewa, J., Gotosa J., Nyamwanza B., 2003. Characterization of a sodic soil catena for reclamation and improvement strategies. Geoderma, 113, 161-175.
- Oedekoven, K.H., 1970. United Arab Republic, Israel, Iraq, Jordan. In: Kaul R.N., Junk Dr. W. N.V.(eds.) Afforestation in arid zones. The Hague.
- Pal, D.K., Bhattacharyya T., Ray S.K., Chandron P., Srivastava P., Durge S.L., Bhuse S.R., 2006. Significance of soil modifiers (Ca-zeolites and gypsum) in naturally degraded vertisols of the Peninsular India in redefining the sodic soils. Geoderma, 136, 210-228.
- Pessarakli, M., Szabaoles I., 2011. Soil salinity and sodicity as particular plant and crop stress factors. In: Pessarakli M. (ed.) Handbook of plant and crop stress. 3rd edition. CRC Press, Florida.
- Rhoades, J.D., Oster J.D., 1986. Solute content. In: Knute A. (ed.) Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical analysis. 2nd ed. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 985–1006.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture. Soil and Water Conservation Research Branch, Agricultural Research Service. Agriculture Book No. 60, Washington, D.C.
- Rickson, R.J., 1994. Conserving soil resources. European perspectives. CAB International, Wallingford, UK.
- SAS Institute, Inc., 1996. SAS/STAT users guide, Version 6.12. SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Sekawin, M., 1975. Genetics of *Populus alba* [La genétique du *Populus alba* L.] Annales Forestales 6(6), 159-189.
- Semerci, A., 2002. Sedir fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik karakteristikler ile iç Anadolu’daki dikim başarısı arasındaki ilişkiler. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten Seri No. 279. Ankara.
- Singh, B., Garg V.K., 2007. Phytoremediation of a sodic forest ecosystem: Plant community response to restoration process. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj, 35(1), 77-85.
- Tavşanoğlu, F., 1976. Türkiye’de rüzgâr erozyonunun kapsamı, rüzgâr erozyonuna karşı mücadele (örnek: İç Anadolu Konya Karapınar’da rüzgâr erozyonu ile mücadele). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 26(2), 65-94.
- T.C. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı., 1986. Ağaçlandırma ve Silvikültür Çalışmaları (1985-1986). Orman Genel Müdürlüğü Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi. Ankara.
- T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı., 1987. Ağaçlandırma ve Silvikültür Çalışmaları (1986-1987). Orman Genel Müdürlüğü Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi. Ankara.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2005. Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı. Çölleşme ile Mücadele Ulusal Koordinasyon Birimi, Ankara.
- T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı., 2006. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013).
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2006. Türkiye Kamu Çevre ve Ormancılık Araştırma Programı.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2007. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı 2008-2012.

- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2008. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı 2008-2012. Ankara.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2009. AGM Faaliyetleri. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2012a. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Seferberliği Eylem Planı 2008-2012. Ankara.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı., 2012b. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı 2008-2012 Gerçekleşme Raporu. Ankara.
- Walter, H., 1970. Vegetationszonen und Klima. Stutgard, E. Ulmer.
- Yeşilkaya, Y., Neyişçi T., 1990. Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki kumul ağaçlandırmalarının toprak verimliliği üzerine etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten Seri No:222. Ankara.
- Yıldız O., Altundağ E., Çetin B., Güner Ş.T., Sarginci M., Altınay B., Toprak B., Mutlu Ö., 2015. "Effects of gypsum and sulfur as soil amendments on afforestation success in inland part of Anatolia: early results," Conf. Applied Ecology Problems, Tiflis-Batum, Georgia, 155.
- Yıldız, O., Altundağ, E., Çetin, B., Güner, Ş. T., Sarginci, M., Toprak, B., 2017. Afforestation restoration of saline-sodic soil in the Central Anatolian Region of Turkey using gypsum and sulfur. *Silva Fennica*, 51(1B), 1-17.
- Yıldız, O., Çetin, B., Sarginci, M., Toprak, B., 2018. İç Anadolu'da Ağaçlandırma Çalışmaları. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 14(1), 1-20.
- Zengin, H., 2009. "Orman kaynaklarından fonksiyonel yaklaşım ile çok amaçlı faydalanmanın optimizasyonu". Doktora Tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.