

V-Şekilli Mikro Havzaların Dar Yapraklı Dişbudak Fidanlarının Ağaçlandırma Başarısına Etkisi*

The Effect of V-Shaped Microcatchments on Afforestation Success of Narrow-leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) Seedlings

 Yasin KARAŞIN¹,  Bülent TOPRAK²,  Muhammed Ali AYDIN³,  Derya EŞEN⁴,  Mehmet Ali ÜNLÜ⁵

Özet

İklim değişikliği ile birlikte Akdeniz havzasında var olan stres faktörleri daha da şiddetlenmektedir. Yapraklı türlere ait fidanların büyümesi ve gelişmesinde şu anda bile sorun yaşanan sahalarda ağaçlandırma başarısı giderek imkânsız hale gelmektedir. Çalışmanın amacı yapraklı tür ağaçlandırmasında başarısız olunan sahalarda su hasadı olarak kullanılan V-şekilli mikrohavzaların etkilerini ortaya koymaktır.

Çalışma, İzmir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Karaburun, Ödemiş ve Yuntdağı olmak üzere 3 farklı blokta yürütülmüştür. Bloklarda oluşturulan V-şekilli mikrohavzalara 1- Mikoriza, 2- Polimer, 3- Osmoprotektan, 4- Polimer + Osmoprotektan şeklinde 4 farklı işlem uygulanmıştır. Ayrıca V-şekilli mikrohavza ve mevcut ağaçlandırma tekniği olarak kullanılan teraslarda birer adet kontrol ünitesi de oluşturulmuştur. Sahalara 2022 yılı şubat ayında dar yapraklı dişbudak fidanları (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) dikilmiştir. İlk büyüme dönemi sonunda ağaçlandırma başarısı belirlenmiş; fidanların kök boğazı çapları ve boyları ölçülmüş ve toprak nemi belirlenmiştir.

İlk büyüme dönemi sonunda işlemler arası fark olmaksızın ağaçlandırma başarısı ortalama %63 olarak belirlenmiştir. Ancak, ileriki yıllarda bu sonuçların değişmesi ve ağaçlandırma başarısı bakımından anlamlı farklılıkların oluşması muhtemeldir. Mikrohavzalardaki fidanlar teraslardakilere göre kök boğazı çapı ve boyu bakımından üstünlük kurmuşlardır.

Abstract

With climate change, the stress factors in the Mediterranean basin are becoming more severe. In areas where there are currently problems in the growth and development of seedlings of leafy species, afforestation success is becoming increasingly impossible. The aim of the study is to reveal the effects of V-shaped microcatchments used as water harvesting in areas where leafy species afforestation is unsuccessful. The study was carried out in 3 different blocks, namely Karaburun, Ödemiş and Yuntdağı in İzmir Regional Forest Directorate. Four different treatments were applied to the V-shaped microcatchments created in the blocks as 1- Mycorrhiza, 2- Polymer, 3- Osmoprotectant, 4- Polymer + Osmoprotectant. In addition, a control unit was established for the V-shaped microcatchments and the terraces used as the current afforestation technique. Narrow-leaved ash seedlings (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) were planted in February 2022. At the end of the first growth period, afforestation success was determined; root collar diameters and heights of the seedlings were measured and soil moisture was determined. At the end of the first growth period, afforestation success was determined as 63% on average, without any difference between treatments. However, it is possible that these results will change in the following years and significant differences will occur in terms of afforestation success. The seedlings in the microcatchments were superior to those in the terraces in terms of root collar diameter and heights.

Anahtar Kelimeler: Su hasadı, İklim akıllı ormancılık, *Fraxinus angustifolia*

Keywords: Rainwater harvesting, Climate-smart forestry, *Fraxinus angustifolia*

1. Giriş

Türkiye'nin yaklaşık %37'sinde yarı kurak iklim koşulları hâkim olmakta; kurak ve yarı kurak alanlarının (KYK) miktarı ise 51 milyon ha bulmaktadır. Türkiye'nin geçmişte yaşadığı kuraklık durumunun, gelecekte küresel iklim değişikliğinin etkisi altında sıklığının, şiddetinin ve etkilediği alanların artışı şeklinde ortaya çıkacağı öngörülmektedir (Anonim, 2014). İklim değişikliği senaryolarının gerçekleşmesi halinde insanlığı etkileyecek en tehlikeli afetlerden olan kuraklığın yanında orman yangınları, erozyon ve çölleşme gibi ekolojik olarak meydana gelecek olağan üstü durumlara karşı olağan müdahalelerle çözüm üretilememektedir. Normal şartlar altında dahi az gelişmiş toprakların düşük su depolama kapasiteleri sebebiyle ağaçlandırmalar başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu sahalarda yağışın azalması ile oluşan su açığının rüzgârlarla birlikte artması sonucunda geleneksel yöntemlerle ağaçlandırmalarda başarı sağlanma durumu söz konusu olmayacaktır. Bahse konu özelliklere sahip alanlarda geleneksel yöntemlerin haricinde alternatif yöntemlerin kullanılarak başarıyı sağlayacak uygulamaların ortaya konulması gerekmektedir.

KYK alanlarda yapraklı tür oranının yükseltilmesi bu ekosistemlerden elde edilen ekosistem hizmetlerinin artırılmasının yanı sıra iklim değişikliğine uyumu da kolaylaştıracaktır. Ayrıca, yapraklı türlerin artırılması ile başta son dönemlerde ön plana çıkan orman yangınları olmak üzere devrik ve böcek istilası gibi zararların da azaltılması mümkündür. Ayrıca asli orman ağaçlarını kapsayan saf meşcerelerden ziyade, farklı türlerin bir arada yetiştiği ve biyolojik çeşitliliğin artırıldığı ormancılık uygulamalarının yapılması, ormanları karşılaşılabilecekleri olumsuzluklara karşı daha dirençli bir hale getirecektir (Küçükosmanoğlu, 1990; Dedrick ve ark., 2007; Moreira ve ark., 2011; Deligöz ve Gencer 2021).

KYK alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda, ekim ve dikimle sahaya getirilen fidanların ilk yıllardaki yaşama yüzdesini ve büyümesini artırmak için ek sulama gereksinimi yapılması gerekmektedir. Bu suyun nasıl ve nereden sağlanacağı ağaçlandırmalarda konu edilen en önemli sorunlardan birisini oluşturur. Gerekli olan bu su, çoğunlukla araçlarla taşınan tanklardan, rezervuarlardan, damlama gibi çeşitli sulama sistemlerinden sağlanmaktadır. Alternatif su kaynaklarının çok uzak ve erişimin pahalı olduğu durumlarda "Yağmur (Su) Hasadı" (SH) sistemi ağaçlandırma çalışmaları için çok daha ucuz bir su kaynağı sunmaktadır (Critchley ve ark., 1991; Prinz, 2001).

Su hasadı, yağmur suyunun gelecekte etkin kullanımı için toplanma ve depolanma tekniğidir. Suyun kök bölgesine iletimi ve depolanmasının sağlanması için tasarlanmış

eğimli ve setli olarak şekillendirilmiş alan ise mikro havza olarak nitelendirilmektedir. Mikro havzalarda depolanan su daha uzun süre bitkiler için kullanılabilir durumda kalmakta ve buharlaşmaya karşı korunmaktadır (Anser ve ark., 2014). Yağış sularının tutularak hasat edilmesi sayesinde mikro havzalarda bulunan fidanların tutma başarılarında ve büyümelerinde olumlu etkiler meydana gelmektedir (Critchley ve ark., 1991; Azigwe ve ark., 2016; Lancaster, 2019). Ayrıca eğimli alanlarda toprakların korunmasında da büyük bir önem taşımaktadır. SH sistemlerini kullanarak ve sahaya inşa edilecek mikro havzalar, kontur çukurları, kontur hendekleri ve oyuklar vasıtasıyla düşen yağışın yakalanması ve yoğunlaştırılması mümkündür (FAO, 1989; Critchley ve ark., 1991; Lancaster, 2019). Yağışlı dönemlerde yağış hasadı tesisleriyle elde edilecek suyun dikilen fidanların tutmasında ve büyümesinde önemli faydaları olduğu bilinmektedir (Critchley ve ark., 1991; Azigwe ve ark., 2016; Lancaster, 2019).

Ülkemizdeki KYK alanlar düşük yağış, yüksek sıcaklıklar ve buharlaşma oranları, sığ ve taşlı topraklar, düşük organik madde, erozyon tehlikesi ve toprak sıkışıklığı gibi çevresel kısıtlardan dolayı oldukça kırılgan bir yapıya sahiptir (Çalışkan ve Boydak, 2017). Ağaçlandırma, bu tür sahalarda mevcut kuraklık stresinin kırılganlığının azaltılmasında ve sahaların restorasyonunda büyük rol oynamaktadır (Boydak ve Çalışkan 2014; Cortina ve ark., 2011). Nitekim bu ağaçlandırmalar, biyolojik çeşitliliğe hizmet eden habitat, erozyon ve çölleşmenin önlenmesi ve su, mikro iklim ve toprak verimliliğinin düzenlenmesi gibi hayati çevresel hizmetler sunmasının yanında ekonomik ürünlerde üreterek bu alanlarda mevcut çevresel, sosyal ve ekonomik olumsuzlukların azaltılmasına yardımcı olur (FAO, 1989; Boydak ve Çalışkan, 2017; FAO, 2019). Ayrıca, ağaçlandırmalar ile bu tür alanlarda karbon bağlama ve iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına da önemli katkı sağlanmaktadır (Boydak ve Çalışkan, 2017).

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın lokal bazda etkileri düşünüldüğünde bu değişimlerden en çok etkilenecek olan bölgelerden birinin de Akdeniz Havzası olduğu görülmektedir. Ormanlar ekolojik özellikleri ve ekosistem fonksiyonları bakımından iklim değişikliğine karşı mücadele, adaptasyon ve direnç artırma konusunda elimizdeki en önemli unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu anlayışla son yıllarda gelişen “İklim Akıllı Ormancılık” uygulamaları kapsamında iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya daha iyi uyum sağlayabilmek ve en az zararla ekosistemin sürekliliğini sağlayacak direnç artırıcı ormancılık uygulamaları giderek önem kazanmaktadır (Tognetti ve ark., 2021). Bu kapsamda iklim değişikliğine karşı direnci artırmak için yapraklı türler ile yapraklı + ibrelili türler kullanarak ağaçlandırma çalışmaları yapılması giderek önem kazanmaktadır. Yapraklı

türlerden hem ülkemizde geniş yayılışa sahip hem de hızlı büyüme yeteneği ve kuraklığa karşı dayanıklı olan dar yapraklı dişbudak bu türlerden biridir (Çiçek ve Yılmaz, 2002; Mutlu, 2015). İç Anadolu step iklimine sahip farklı alanlarda dar yapraklı dişbudak türü ağaçlandırma çalışmalarında denenmiş ve bu sahalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Mutlu, 2015).

Dolayısıyla bu çalışmada kuraklığa dayanıklı dar yapraklı dişbudak türü kullanılmış ve büyüme döneminde şiddetli su açığı gerçekleşen ve yapraklı tür ağaçlandırmalarında başarısız olunan sahalarda yağmur suyu hasadı yöntemi ile en yüksek tutma başarısı ve en iyi büyümeyi sağlamak hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Alanı

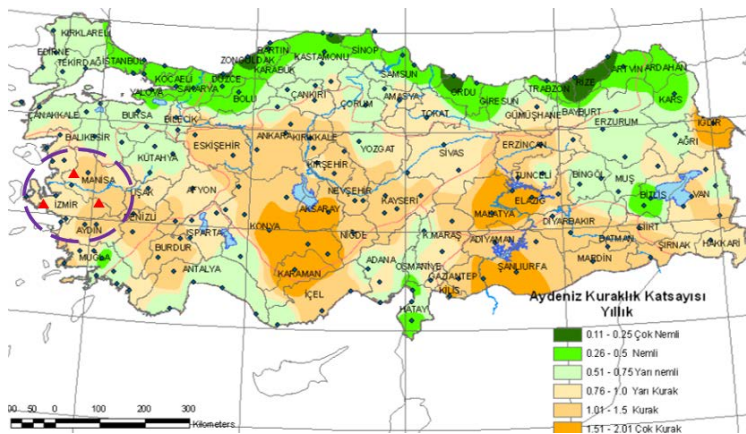
Araştırmayı gerçekleştirebilmek için Türkiye Akdeniz Havzasında İzmir Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan İzmir-Ödemiş, Manisa-Yunt dağı ve İzmir-Karaburun'da olmak üzere üç adet deneme sahası seçilmiştir (Şekil 1). Sahaların bulunduğu bölgelerde mikro klima oluşmakta ve makro klimadan farklı özellikler taşıyabilmektedir. Bu bakımdan sadece yıllık yağış miktarı sahalardaki su stresi açısından yanlış bir kanı oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Sahalarda yaz aylarında yetersiz olan yağış miktarı ile rüzgâr ve yüksek sıcaklık sebebiyle oluşan buharlaşma bitkinin rizosferinde şiddetli su kıtlığına sebep olmakta ve su stresinden dolayı yapraklı tür ağaçlandırmaları başarısızlıkla sonuçlanmaktadır.

Şekil 1. Deneme sahalarının konumları (▲).

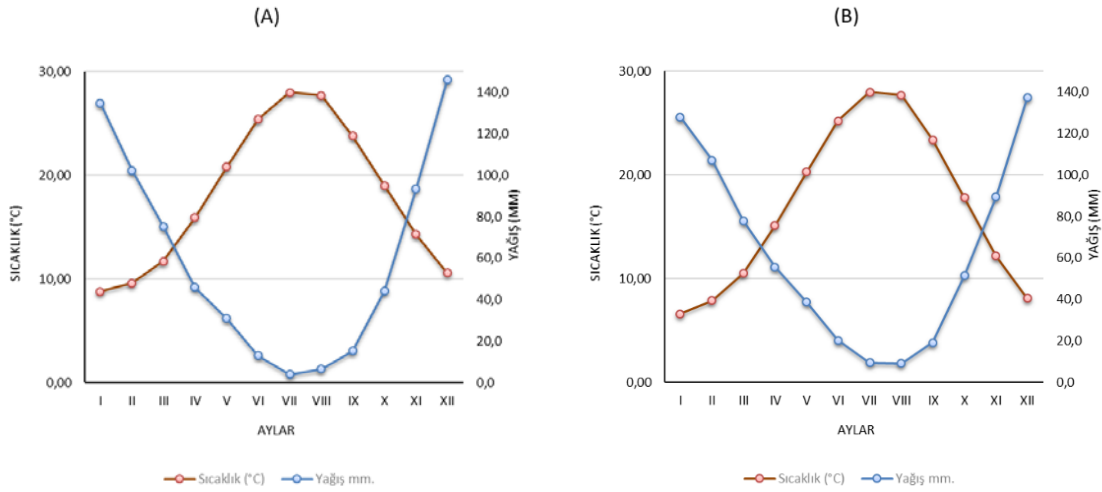
Tablo 1. Deneme sahalarına ait bilgiler.

Deneme sahası	Koordinat	Yükselti (m)	Bakı	Eğim (%)	Toprak			
					Tekstür	pH	OC	ECx10 ⁻³
							(%)	(mS/cm)
İzmir - Karaburun	38°25'0.40"K 26°31'14.19"D	130	Kuzey	9	Killi balçık	8,11	1,52	0,03
İzmir-Ödemiş	38°10'16.80"K 28°7'33.29"D	200	Batı	21	Kumlu killi balçık	6,38	0,25	0,027
Manisa - Yuntdağı	38°50'52.68"K 27°24'30.64"D	650	Doğu	6	Killi balçık	6,67	1,48	0,048

Sahalarının bulunduğu İzmir ve Manisa bölgesinde yılın yedi ayında yaz, beş ayında ise kış koşullarının olduğu Akdeniz iklim koşulları hüküm sürmektedir (Atalay, 2014). Aydeniz iklim sınıflandırmasına (1981-2016) göre Yunt dağı ve Karaburun sahaları yarı kurak, Ödemiş sahası ise kurak olarak belirtilmektedir (Anonim, 2016). Cebeci ve ark., (2019) Türkiye'nin 81 ilindeki meteoroloji istasyonlarından ortalama aylık toplam yağış miktarları ve aylık ortalama sıcaklık verilerini elde ederek Bagnouls-Gausson kuraklık indislerini hesaplamış ve il bazında kuraklık durumunu ortaya koymuşlardır. Çalışmadaki 1981-2016 yıllarını kapsayan Bagnouls-Gausson kuraklık indislerine göre deneme sahalarının yer aldığı İzmir ve Manisa çok kurak olarak sınıflandırılmıştır.

**Şekil 2.** Aydeniz Kuraklık Katsayısına göre oluşturulan haritada sahaların (▲) konumları (Anonim, 2016).

Deneme sahalarına ait iklimin Copernicus/ ECMWF- ERA5 (Hersbach ve ark., 2020) verileri incelendiğinde yıllık yağış rejiminin düzensizleştiği ve hem yağış hem de sıcaklık anomalilerinin arttığı gözlemlenmektedir. Sahaların bulunduğu İzmir ve Manisa'ya ait (1938-2023) verilere göre çizilen Walter iklim diyagramlarında Nisan ayından Ekim ayının ortalarına kadar bölgede su açığı olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Walter yöntemine göre iklim diyagramı İzmir (A) ve Manisa (B).

Deneme sahalarının bulunduğu İzmir ve Manisa illerinin (1930-2023) yıllık ortalama sıcaklığı 18 °C ve 16.9 °C yıllık ortalama yağış miktarı 712.1 mm ve 743.6 mm'dir. Bölgede yağışların çoğunun vejetasyon dönemi dışında gerçekleştiği görülmektedir. İzmir ve Manisa illerinin çalışmanın yapıldığı yılda (2022) yıllık ortalama sıcaklığı 17°C ve 16.7 °C yıllık ortalama yağış miktarı 417.8 mm ve 362.7 mm'dir. Deneme sahalarında çalışmanın yapıldığı yılda yağış miktarının azaldığı buna bağlı olarak çalışmanın yapıldığı dönemin daha kurak geçtiği görülmektedir (MGM, 2024).

2.2. Bitki Türü

Çalışmada kuraklığa dayanıklı olan TTS-742 (Balıkesir fidanlık) orijinli dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) türü denenmiştir (Anonim, 2012; Çiçek ve ark., 2007). Dişbudak fidanları 3+0 tüplü olarak dikilmiştir. Çalışmanın başlangıcında üniteler arası fark olmaksızın sahalara dikilen fidanların yaklaşık olarak boyu 131 cm, kök boğazı çapı ise 13 mm olarak ölçülmüştür. Fidanların tüp hacmi 1.3 litredir. Tüp içeriği %60 toprak, %20 torf, %10 cüruf ve %10 leonarditten oluşmaktadır. Dikimler 2022 yılı şubat ayında yapılmıştır. Dişbudak cinsi, bünyesinde ekolojik ve silvikültürel nitelikleri farklı birçok türü barındırmaktadır. Dar yapraklı dişbudak geniş bir ekolojik pencereye sahip olup nemli ekosistemlerden kurak ekosistemlere kadar geniş bir yetişme ortamı yelpazesine sahiptir. Dikilen dişbudak türü ileride iklim değişikliği sebebiyle gerçekleşen yetişme ortamı şartlarındaki değişikliklere uyum sağlama konusunda diğer türler ile karşılaştırma yapılabilmesine imkân sağlaması açısından da önem taşımaktadır.

2.3. İşlemler

2.3.1. Mikorizal karışım

Çalışmada kullanılan ticari mikorizal karışım (RhizoMyx®[Novozymes]) arbusküler mikorizal mantarlar ile kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenleri içermektedir (Tablo 2 ve 3). Mikorizal işlem uygulanacak ünitelerde dikilen her fidana dikim zamanında 500 ml suya bir gram mikorizal karışım konarak oluşturulan çözelti verilmiştir.

Tablo 2. Mikorizal karışımın spor içeriği.

Mikorizalar %23,5	
Arbusküler mikoriza	Miktar (propagule g ⁻¹)
<i>Glomus intraradices</i>	21
<i>Glomus mosseae</i>	20
<i>Glomus aggregatum</i>	20
<i>Glomus clarum</i>	1
<i>Glomus</i>	1
<i>Glomus deserticola</i>	1
<i>Glomus brasilianum</i>	1
<i>Glomus etunicatum</i>	1
<i>Gigaspora</i>	1

Tablo 3. Mikorizal karışımın diğer bileşenleri.

Diğer Bileşenler	Oran (%)
Humik asitler	28,7
Soğuk su esmer su yosunu ekstraktları	18
Askorbik asit (Vitamin C)	2
Amino asitler	6
Myo-inositol	2,5
Surfactant	2,5
Tiamin (Vitamin B ₁)	1,75
Aplha-tocopherol (vitamin E)	1

2.3.2. Osmoprotektan

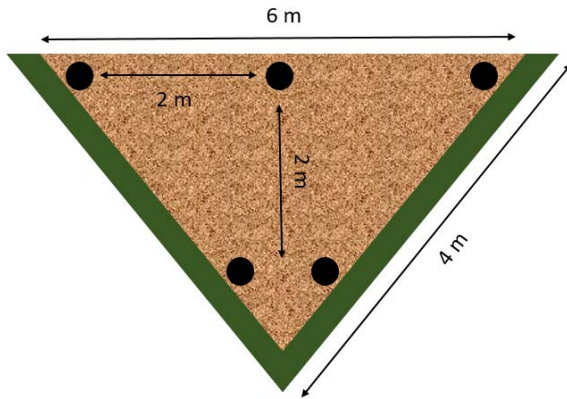
Osmoprotektan etkisinin tespit edilmesi için osmotik koruyucu olarak glisin betain etken maddeli “Greenstim” adlı ürün kullanılmıştır. Çalışmada %0,5’lik glisin betain uygulaması vejetasyon döneminde Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında bir kez olmak üzere yılda toplam 4 kez sırt pulverizatörü ile yapraktan uygulanmaktadır.

2.3.3. Polimer

Çalışmada, bileşiminde saman bulunan, hacminin 200-300 katı su ile birlikte besini de tutabilen ve bitkinin ihtiyacı olduğu kadarını köklere verebilen, Bozok Teknopark çatısı altında yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonucunda samanın modifikasyonu ve akrilik polimerizasyonu ile hazırlanmış yerli malı olan samanlı süper absorban polimer (Natural Aquatic®) fidan başına 50 g uygulanmıştır.

2.4. Deneme Deseni ve Ölçümler

Denemede üç tekrarlı tamamen rastgele blok deseni kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak üç blok yukarıda özellikleri açıklanan ve vejetasyon devresinde farklı miktarlarda su açığı bulunan sahalarda belirlenmiştir. Sahalarda diri örtü temizliği gerçekleştirildikten sonra uçları eşyükselti eğrilerine paralel olan V-şekilli mikro havzalar oluşturulmuştur. Her V-şekilli mikro havza kenar uzunlukları 4 m, ağız açıklıkları 6 m, köşe noktasından itibaren ~3 m yükseklikte ve ~8 m² alana sahip üçgen formundadır. VOLVO EC140D model ekskavatörle üçgen alanı içerisindeki yaklaşık ilk ~40 cm'indeki toprak, tekrar aynı yere serilmek üzere toplandıktan sonra ~1 m derinliğinde alt toprak işleme yapılmıştır. Mümkün mertebe alttaki taşlı materyalden alınanlarla yükseklikleri ~30 cm, taban alanı ~70 cm olan setler oluşturulmuştur. Önceden toplanmış olan ilk ~40 cm derinliğindeki üst toprak geri serilerek V-şekilli mikro havzalar tamamlanmıştır. Mikro havzaların iç kısmı yüzeyden ~30 cm aşağıda konumlandırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. V-şekilli mikro havzadaki fidanların konumu.

Her blokta oluşturulan V-şekilli mikro havzalarda 1-Mikoriza (M), 2- Polimer (P), 3- Osmoprotektan (Op), 4-Polimer+Osmoprotektan (PO) şeklinde dört farklı işlem uygulanmıştır. İşlemlerin etkisinin ortaya konulabilmesi için her sahada V-şekilli mikro havzalar uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış birer adet kontrol ünitesi (KV)

oluşturulmuştur. Ayrıca çalışmanın yapılacağı sahalarda uygulanan mevcut ağaçlandırma tekniği kapsamında ekskavatorle (VOLVO EC140D) ~70 cm genişliğinde oluşturulan buror tipi teraslara dikim yapılarak birer adet kontrol ünitesi (KA) daha ayrılmıştır (Tablo 4). Üniteler arasında beşer metre tampon bölge bırakılmıştır.

Tablo 4. Her bir blokta bulunan deneme üniteleri.

Tür	Deneme Üniteleri					
Dişbudak	M	P	O	P+O	K-V	K-A

Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O), su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A).

Her V-şekilli mikro havzanın köşe noktasına (en düşük kotlu noktaya) iki adet ve köşe noktasının iki metre uzağına iki metre aralıklarla üçer adet olmak üzere beşer adet fidan dikimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Her bir blokta beş ünite (V-şekilli) oluşturulmuştur. Her deneme ünitesinde 12 adet V-şeklinde mikro havza bulunmasından dolayı toplam 300 fidanın dikimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca mevcuttaki ağaçlandırma uygulaması kapsamında oluşturulan teraslara 48 adet fidan dikilmiştir. Üç bloktaki toplam deneme ünitesi sayısı $6 \times 3 = 18$ adettir. Toplamda üç deneme sahasında 1044 adet dişbudak fidanı dikimi yapılmıştır.

Fidanların büyüme dönemleri başında (2022 Mart) ve sonunda (2022 Kasım) kök boğazı çapları (KBC) ve boyları (FB) ölçülmüş ve yaşama oranları hesaplanmıştır. KBC dijital çap ölçer ve FB metre yardımıyla ölçülmüştür. Büyüme sezonu sonundaki nispi çap ve boy artımları aşağıdaki denklem 1 ve 2'ye göre hesaplanacaktır (Hunt, 1990).

$$N\dot{C}A = \frac{\ln KBC_2 - \ln KBC_1}{t} \quad (1)$$

NÇA: Nispi çap artımı ($mm \text{ mm}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$)

KBC₁: Dikim anındaki kök boğazı çapı (mm)

KBC₂: Periyot sonundaki kök boğazı çapı (mm)

t: Ölçümler arasında geçen süre (yıl)

$$NBA = \frac{\ln FB_2 - \ln FB_1}{t} \quad (2)$$

NBA: Nispi boy artımı ($cm \text{ cm}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$)

FB₁: Dikim anındaki toprak üstü fidan boyu (cm)

FB₂: Periyot sonundaki toprak üstü fidan boyu (cm)

t: Ölçümler arasında geçen süre (yıl)

Arazideki anlık nem miktarındaki değişim için her mikro havza işlem ünitesinde köşe nokta ile kenar boyunca yer alan ve geleneksel ağaçlandırma işlemindeki beş adet fidanın gövdesinden dışa doğru 20 cm mesafedeki toprağın ilk 20 cm'sindeki nem miktarları TDR

yöntemiyle anlık ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Nem ölçümleri 2022 yılı 15 Temmuz, 15 Ağustos ve 15 Eylül tarihlerinde yapılmıştır.

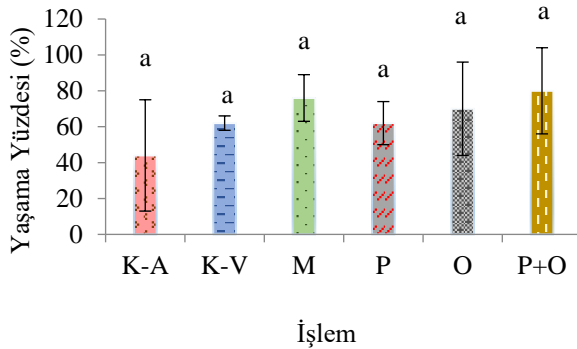
2.5. İstatistik analiz

Uygulanan işlemlerin fidan özellikleri (yaşama yüzdesi, genel çap ve boy, nispi çap ve boy artımı) ile toprak nemine etkisini belirlemek amacıyla elde edilen verilere, deneme desenine uygun olacak şekilde, varyans (ANOVA) analizleri uygulanmıştır ($p<0.05$). Analiz öncesinde yaşama yüzdesi ile toprak nemi değerlerinde dönüşümler yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD testi ($\alpha=0,05$) uygulanmıştır. Bütün istatistik analizler için SAS (Statistical Analysis Software 1996) programından yararlanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Yaşama Oranı

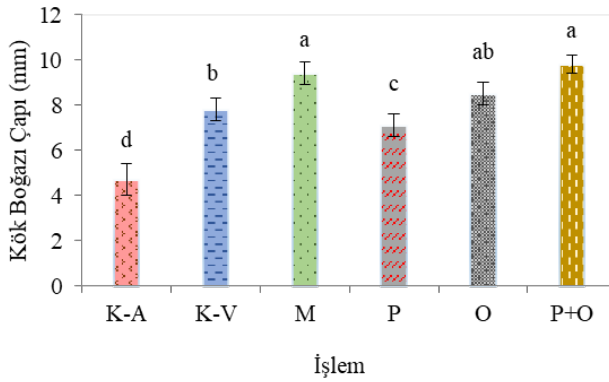
Dişbudak fidanlarının büyüme dönemi sonundaki yaşama oranları işlemler arasında anlamlı bir fark göstermemiş ve işlem farkı olmaksızın ortalama %63 olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Her ne kadar ilk yıl anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamış olsa da sonraki yıllar bu durum değişerek V-şekilli mikrohavzalardaki fidanların yaşama oranlarında artışların tespit edileceği düşünülmektedir. Siyum ve ark., (2019) tarafından Güney Tigray/Kuzey Etiyopya'da gerçekleştirilen su hasadı tekniklerinin fidanların hayatta kalması ve ağaçların büyüme performansı üzerindeki etkisinin ortaya konulmasını amaçlayan çalışmanın ilk yılında da su hasadı tekniği uygulanan *Grevillea robusta* fidanlarının yaşama oranlarında anlamlı bir fark ortaya koyulamamıştır. Fakat sonraki yıllarda kontrole göre kaş teraslarındaki fidanlar tutma başarıları bakımından üstünlük sağlamışlardır.



Şekil 5. Dişbudak fidanlarının ilk yıl sonundaki yaşama oranları ortalamaları \pm standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

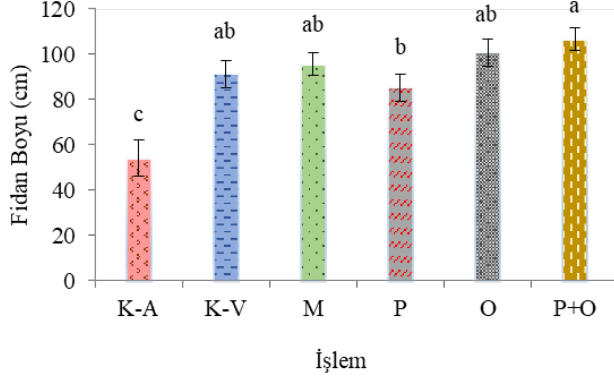
3.2 Çap ve Boy Büyümeleri

Fidanların KBC'leri bakımından birinci büyüme döneminin sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P-değeri <0,0001). Fidanların dikimini takip eden ilk büyüme dönemi sonunda V-şekilli mikrohavzalarda bulunan fidanların KBC'leri K-A ünitesindekilere göre anlamlı düzeyde daha kalın olduğu belirlenmiştir. M ve P+O ünitelerinde bulunan fidanların KBC'leri K-A ünitesinden yaklaşık olarak %110, P ünitesinden yaklaşık olarak %40 ve K-V ünitesinden yaklaşık olarak %20 daha kalın olduğu hesaplanmıştır. O ünitesinde bulunan fidanların KBC'leri K-A ünitesinden %80, P ünitesinden ise %19 daha kalın olduğu belirlenmiştir. K-V ile P ünitelerindekilerin ise K-A ünitesinden yaklaşık olarak %60 daha kalın oldukları tespit edilmiştir (Şekil 6).



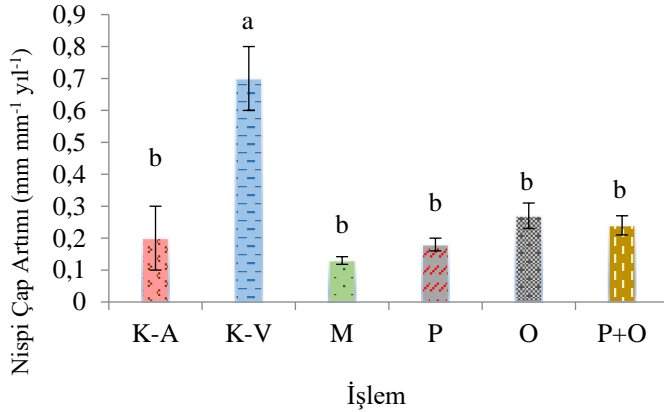
Şekil 6. Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki KBC ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

FB bakımından birinci büyüme döneminin sonunda işlemler arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P-değeri <0,0001). Fidanların dikimini takip eden ilk büyüme dönemi sonunda P+O ünitesinde bulunan fidanların FB'leri K-A ünitesinde bulunan fidanlardan %97, P ünitesinde bulunan fidanlardan %25 daha boylu olduğu tespit edilmiştir. K-V, M, O ve P ünitelerinde bulunan fidanların FB'leri K-A ünitesinde bulunan fidanlardan %72 daha boylu olduğu hesaplanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki FB ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

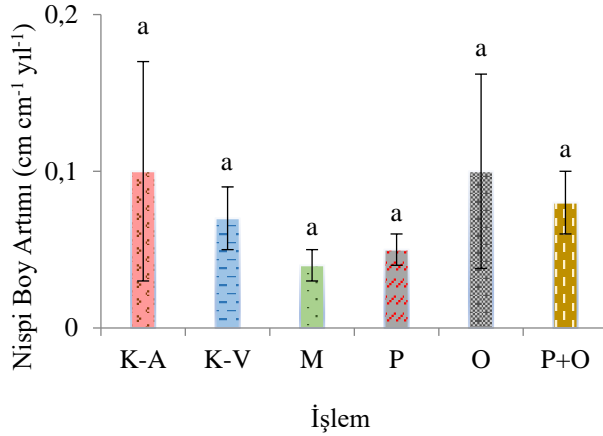
Fidanların nisbi çap artımı (NÇA) bakımından birinci büyüme döneminin sonunda K-V ünitesinin diğer ünitelere göre istatistiki olarak daha fazla çap artımı yaptığı tespit edilmiştir (P-değeri $<0,0001$). En kalın çapa sahip olan K-V ünitesindeki fidanların NÇA'ları K-A, O ve P+O ünitelerine göre %250, M ünitesine göre %438 ve P ünitesine göre %288 daha kalın çap yaptığı belirlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki NÇA ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Nispi boy artımı bakımından birinci büyüme döneminin sonunda işlemler arasında bir farklılık tespit edilememiştir (Şekil 9). Kurak ve yarı kurak bölgelerde fidanların büyüme performansları, özellikle ilk yıllarında boy artışından ziyade kök ve çap gelişimine odaklandıkları bilinmektedir. Bu bölgelerde bitkilerin büyüme stratejilerinin su kısıtlılığına

uyum sağladığı, erken dönemde kök ve çap genişlemesine öncelik vererek su ve besin alımını optimize ettikleri belirlenmiştir. Bu durum su açığının olduğu bölgelerde fidanların hayatta kalması için kritik bir rol oynamaktadır (Öz ve Göl, 2021; Gülcü ve Çelik, 2016). Gelecek yıllarda fidanlar su açığına uyum sağladıktan sonra boy artımında da istatistiksel olarak fark beklenmektedir.

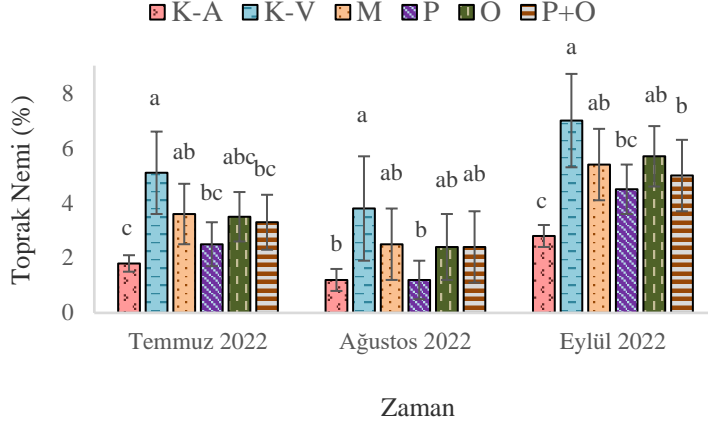


Şekil 9. Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki NBA ortalamaları \pm standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Su hasadı tekniğinin büyüme üzerinde olumlu etkisini vurgulayan diğer çalışmalarla bu çalışmadan elde edilen sonuçların (Jennifer ve ark., 2013; Siyum ve ark., 2019) uyumlu olduğu belirlenmiştir. V-şekilli mikrohavzalara entegre olarak uygulanan, bitkilerin büyüme ve gelişimi üzerinde olumlu etkileri olan mikoriza (Toprak ve ark., 2024), polimer (Sharma, 2004) ve osmoprotektan (Kumari ve ark., 2015) uygulamalarının da çap ve boy artımı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

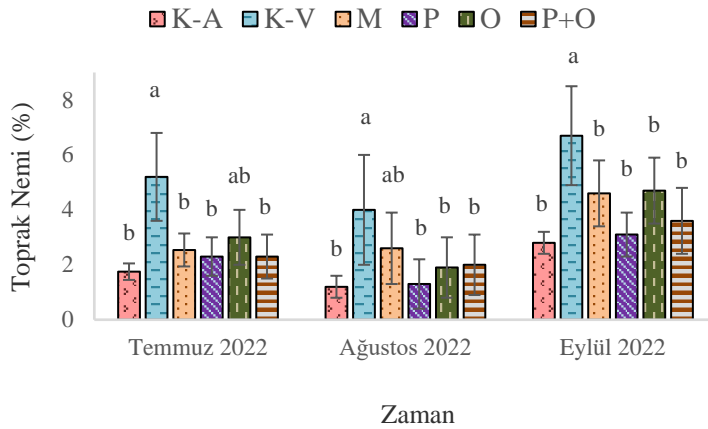
3.4 Toprak Nemi

Temmuz, Ağustos ve Eylül 2022'de mikro havzaların uç kısmındaki fidanların yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P -değerleri $<0,0001$). Ölçümün yapıldığı üç ayda da hiçbir işlemin uygulanmadığı su hasadı yapılan mikro havzadaki toprak nemi geleneksel yöntem olarak uygulanan teraslardakine göre yaklaşık 3 kat daha fazla ölçülmüştür (Şekil 10).



Şekil 10. Toprak nemi ortalamaları (mikrohavza uç kısmı+teras) \pm standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir). Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Temmuz, Ağustos ve Eylül 2022’de mikro havzaların kenar kısmındaki fidanların yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P -değerleri $<0,0001$). Uç kısımda olduğu gibi kenar kısmındaki toprak nemi, ölçümün yapıldığı üç ayda da hiçbir işlemin uygulanmadığı su hasadı yapılan mikro havzada geleneksel yöntem olarak uygulanan teraslardakine göre yaklaşık 3 kat daha fazla ölçülmüştür (Şekil 11).



Şekil 11. Toprak nemi ortalamaları (mikrohavza kenar kısmı+teras) \pm standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir). Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Yağış hasadının amacı, yağışın meydana geldiği alanlarda yağışın evapotranspirasyon ve yüzeysel akış yoluyla büyük miktarlarda kayba uğramadan önce yakalanarak toprağa süzülmesini sağlamaktır. Dolayısıyla su hasadı sistemleri yukarıdaki grafiklerde de belirtildiği gibi toprağın nem içeriğini iyileştirmektedir (Critchley ve ark., 1991; Oweis ve ark., 2001, Pradhan ve Sahoo, 2019).

4. Sonuçlar

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve iklim değişikliğine karşı dirençli ormanlar kurmak gerekmektedir. Bu kapsamda ağaçlandırma çalışmalarında restorasyon ve rehabilitasyon çalışmaları önem kazanmakta ve iklim akıllı ormancılık dünya genelinde teşvik edilmekte ve yeni girişimlere yol açmaktadır (Di Sacco ve ark., 2021; Campos ve ark., 2022). İklim akıllı ormancılık kapsamında kurak ve yarı kurak sahaların restorasyon/rehabilitasyon çalışmalarında su hasadı teknikleri ve bitki destekleyici ürünlerin kullanılması ve kombine edilmesi fidanların arazi performansı üzerinde olumlu etkiler oluşturabilecektir. Çalışmanın ileriki dönemlerde de izlenmesi daha uzun vadeli bulgular elde edilmesi yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma İzmir Orman Bölge Müdürlüğü ile 122O137 No'lu "V-Şekilli Mikro havzalarda Suyun Etkin Kullanımıyla İklim Değişikliğine Karşı Ekosistem Rehabilitasyonu" adlı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Anonim. (2012). *Erozyonla mücadele ve ağaçlandırma mastır planı Konya*.
- Anonim. (2014). *Türkiye kuraklık değerlendirme raporu*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2016). *Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi*. Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü.
- Anser, M. R., Hussain, B., Munir, S., Zia ul Hassan, S., Sajjad, M. R., & Khan, M. A. (2014). *Training manual on soil and water conservation technologies*. Soil and Water Conservation Research Institute, Chakwal.
- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin ekolojik bölgeleri (Ecoregions of Turkey) (Genişletilmiş 2. baskı)*. Orman Bakanlığı, İzmir.

- Azigwe, J. B., Duku, I. G., Laare, J., & Adda, G. (2016). Rainwater harvesting for planting and growing trees to green the polytechnic campus: A case study of Bolgatanga Polytechnic. *British Journal of Environmental Sciences*, 4(3), 49–63.
- Boydak, M., & Çalışkan, S. (2014). *Ağaçlandırma (Tohum, ağaç ıslahı, fidanlık, doğaya yakın ormancılık, alan hazırlığı, ekim, dikim, yarı kurak, kurak alanlar, endüstriyel ağaçlandırmalar, karstik alanlar, özel nitelikli ağaçlandırmalar)*. Ogem-Vak, İstanbul.
- Campos, J. C., Rodrigues, S., Sil, Â., Hermoso, V., Freitas, T. R., Santos, J. A., & Regos, A. (2022). Climate regulation ecosystem services and biodiversity conservation are enhanced differently by climate-and fire-smart landscape management. *Environmental Research Letters*, 17(5), 054014.
- Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk, Ö., & Elbaşı, F. (2019). Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı*, 169–176.
- Cortina, J., Amat, B., Castillo, V., Fuentes, D., Maestre, F., Padilla, F., & Rojo, L. (2011). The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, 75, 1377–1384.
- Critchley, W., Siegert, K., & Chapman, C. (1991). *A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/U3160E/u3160e00.htm#Contents>
- Çalışkan, S., & Boydak, M. (2017). Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(5), 317–330. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbtkagriculture/issue/34760/384510>
- Çiçek, E., & Yılmaz, M. (2002). The importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* as a fast-growing tree for Turkey. In *IUFRO Meeting on Management of Fast Growing Plantations*, İzmit, Turkey, 192–202.
- Çiçek, E., Çiçek, N., & Bilir, N. (2007). Effects of seedbed density on one-year-old *Fraxinus angustifolia* seedling characteristics and outplanting performance. *New Forests*, 33, 81–91.
- Dedrick, S., Spiecker, H., Orazio, C., & Martinez, I. (Eds.). (2007). *Plantation or conversion: The debate*. European Forest Research Institute Discussion Paper 13.
- Deligöz, A., & Gençer, O. (2021). Sağlı meşe (*Quercus cerris L.*)'nin fidan kalitesi üzerinde tüp boyutu ve kökçük kırılmasının etkisi. *Türk Ormancılık Dergisi*, 22(3), 211–217.

- Di Sacco, A., Hardwick, K., Blakesley, D., Brancalion, P. H., Breman, E., Rebola, L. C., & Antonelli, A. (2021). Ten golden rules for reforestation to optimise carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*, 27, 1328–1348.
- FAO. (1989). *Role of forestry in combating desertification*. FAO Conservation Guide 21.
- Gülcü, S., & Çelik, İ. (2016). Kurak ve yarı kurak alan ağaçlandırmalarında değişik makineli arazi hazırlığı yöntemlerinin dikim başarısı üzerine etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1), 12–19.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049.
- Hunt, R. (1990). Relative growth rates. In R. Hunt (Ed.), *Basic Growth Analysis* (pp. 25–34). Unwin Hyman, Ltd.
- Jennifer, R., Eric, K., Eliud, K., & Francis, M. (2013). Effects of micro-catchment rainwater harvesting on survival and growth of multipurpose trees and shrubs in Nyando District, Western Kenya. *International Journal of Advanced Agriculture Research*, 3(1), 17–25.
- Kumari, S. R., Hema, K., & Narayana, E. (2015). Studies on amelioration of water stress in cotton through use of osmoprotectants and chemicals. *Journal of Cotton Research and Development*, 29(1), 61–64.
- Küçükosmanoğlu, A. (1990). Kızılçam orman yangınları ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B*, 40(4), 67–84.
- Lancaster, B. (2019). *Rainwater harvesting for drylands and beyond (Vol. 1, 3rd ed.): Guiding principles to welcome rain into your life and landscape*. Rainsource Press.
- MGM. (2024). *Resmi iklim istatistikleri*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2024).
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., ... & Xanthopoulos, G. (2011). Landscape-wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92, 2389–2402.
- Mutlu, Ö. (2015). İç Anadolu kurak bölge ağaçlandırmasında kullanılan dişbudakların (*Fraxinus angustifolia*) beslenme durumlarının belirlenmesi. (Yüksek lisans tezi). Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.

- Oweis, T., Prinz, D., & Hachum, A. (2001). *Water harvesting: Indigenous knowledge for the future of the drier environments*. ICARDA.
- Öz, Y., & Göl, C. (2021). Yarı kurak ve tuzlu/jipsli alanlarda farklı arazi hazırlığı yöntemlerinin fidan gelişimine etkileri. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 8(2), 146–156.
- Pradhan, R., & Sahoo, J. (2019). Smart rainwater management: New technologies and innovation. In V. Bobek (Ed.), *Smart urban development*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86336>
- Prinz, D. (2001). Water harvesting for afforestation in dry areas. In *Proceedings of the 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems* (pp. 195–198). Mannheim, Germany.
- Sharma, J. (2004). Establishment of perennials in hydrophilic polymer-amended soil. *SNA Research Conference, Water Quality & Management Section*, 49, 530–532.
- Siyum, G., Eyasu, G., Tassew, T., & Gidey, A. (2019). Effect of different moisture harvesting techniques on seedling survivals and growth of trees in degraded lands of Southern Tigray. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 4(1), 1–10.
- Tognetti, R., Smith, M., & Panzacchi, P. (Eds.). (2021). *Climate-smart forestry in mountain regions*. Springer Publishing.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Çetin, B., & Soysaldi, B. B. (2024). Seedling growth and nutritional status of *Elaeagnus angustifolia* and *Robinia pseudoacacia* as response to arbuscular mycorrhizal fungi and K-humate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1–12.