

Tüplü Toros Sediri Fidanlarında Morfolojik ve Fizyolojik Bazı Özellikler ile Fidan Gelişim Evreleri (Çankırı Orman Fidanlığı)

Sezgin Ayan^{1,2,*}, Fatma Çelen³, Bora İmal⁴

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, 37150, Kastamonu, Türkiye

²Kh. Dosmukhamedov Atyrau Üniversitesi, Doğal ve Tarım Bilimleri Fakültesi, Kazakistan

³Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 37150, Kastamonu, Türkiye

⁴Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, 18200, Çankırı, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 11.02.2022

Kabul: 04.07.2022

Yayın: 15.08.2022

Araştırma Makalesi



Öz – İklim değişikliği etkisiyle potansiyel yayılış sahasını genişletme eğilimindeki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) için plantasyon sahalarındaki adaptasyonda fidan kalitesi major bir araç durumundadır. Bu amaçla; Çankırı fidanlığı ekolojik koşullarında, polietilen tüplü Mersin-Mut orijinli fidanlar üzerinde yürütülen bu çalışmada; i) Morfolojik ve fizyolojik fidan özelliklerinin dönemsel değişimleri, ii) İkinci vejetasyon dönemi sonu itibarıyla morfolojik fidan özellikleri ve Türk Standartlarına uygunlukları, iii) fidan gelişim dönemlerine uygun fidanlık kültürel işlemlerin önerilmesi hedeflenmiştir. Araştırma sonucunda; 2+0 yaşlı fidanlarda boy (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), gövde taze ağırlığı (GTA), kök taze ağırlığı (KTA), fidan taze ağırlığı (FTA), gövde kuru ağırlığı (GKA), kök kuru ağırlığı (KKA), fidan kuru ağırlığı (FKA), katlılık indisi (Kİ), gürbüzlük indisi (Gİ), kuru kök yüzdesi (%Kkök) ve Dickson kalite indisi (DKİ) sırasıyla; 18,57±0,316 cm, 4,9±0,053 mm, 7,86±0,436 g, 7,57±0,291 g, 14,63±0,612 g, 3,82±0,256 g, 3,69±0,183 g, 7,21±0,733 g, 1,09±0,042, 30,7±0,718, %55,31±1,355 ve 1,67±0,059 olarak tespit edilmiştir. Fidanlara ait Ψmd değerleri mevsimsel bir değişim göstererek yağışın az olduğu aylarda azalmıştır. En düşük Ψmd değerleri Temmuz ve Eylül aylarında sırasıyla -1,84 ve -2,25 MPa, en yüksek Ψmd değeri ise Nisan ayında -1,39 MPa olarak saptanmıştır. En düşük Fv/Fm değeri 0,57 ile Mart ayında, en yüksek ise 0,81 ile Temmuz ayında tespit edilmiştir. “Günlük kuru madde değişimi”ne göre 15 Mart/15 Nisan arası “durgunluktan çıkış”; 15 Mayıs/15 Temmuz arası “gelişme+hızlı gelişme”; 15 Temmuz/15 Ağustos arası “yavaşlama (duraklama)”; 15 Eylül/15 Ekim arası “odunlaşma” dönemleri olarak fidan gelişim evreleri tespit edilmiştir. En yüksek kuru madde artışı “gelişme + hızlı gelişme” (35,96 mg/gün) evresinde gerçekleşirken, en düşük kuru madde artışı (5,06 mg/gün) ise “durgunluktan çıkış” döneminde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Fidan gelişim dönemleri, fidan kalitesi, Fv/Fm, su potansiyeli, tüplü fidan

Morphological and Physiological Characteristics and Growth Stages of Containerized Seedlings of Taurus Cedar (Çankırı Forest Nursery)

¹Silviculture Department, Faculty of Forestry, Kastamonu University, 37150, Kastamonu, Türkiye

²Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Kazakhstan

³Department of Forest Engineering, Institute of Science, Kastamonu University, 37150, Kastamonu, Türkiye

⁴Silviculture Department, Faculty of Forestry, Cankiri Karatekin University, 18200, Cankiri, Türkiye

Article History

Received: 11.02.2022


Accepted: 04.07.2022


Published: 15.08.2022


Research Article

Abstract – Seedling quality is a major tool in adaptation at plantation sites for Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.), which tends to expand its potential distribution area thanks to the effect of climate change. For this purpose; in this study conducted on the seedlings of Mersin-Mut origin with polyethylene bags in the ecological conditions of Çankırı state forest nursery; i) Periodic changes in morphological and physiological seedling characteristics, ii) Morphological seedling characteristics and their compliance with Turkish Standards by the end of the second vegetation period, iii) proposing appropriate nursery cultural operations for the stages of seedling growth have been aimed. As a result of research; 2+0 aged seedlings height (SH), root collar diameter (RCD), the stem fresh weight (SFW), root fresh weight (RFW), the fresh total weight of the seedlings (STFW), the stem dry weight (SDW), root dry weight (RDW), seedling total dry weight (STDW), the ratio of the stem dry weight to root dry weight (KI), the ratio of seedling height to root collar diameter (GI), dry root percentage (DRP%) and Dickson quality index (DQI), it has been determined as follows; 18,57±0,316 cm, 4,9±0,053 mm, 7,86±0,436 g, 7,57±0,291 g, 14,63±0,612 g, 3,82±0,256 g, 3,69±0,183 g, 7,21±0,733 g, 1,09±0,042, 30,7±0,718, 55,31%±1,355 and 1,67±0,059 respectively. The Ψmd values of the seedlings showed seasonal changes and decreased in the months when there was low rainfall. The lowest values were found July and September with -1.84 and -2.25 MPa, respectively, and the highest value of -1.39 MPa was found in April. The lowest Fv/Fm value was found in March with 0.57 and the highest in July with 0.81. According to the method of “daily dry matter change”; from March 15th to April 15th is “exit of dormant stage”; from May 15th to July 15th is “growing+fast growing stage”; from July 15th to August 15th is “deceleration stage”; and from September 15th to October 15th has been determined as the “lignification stage” as the stages of seedling development. The highest increase in dry matter occurred during the “growing+fast growing stage” (35.96 mg/day), while the lowest increase in dry matter (5.06 mg/day) was detected during the “exit from dormant stage”.

Keywords – Seedling growth stage, seedling quality, Fv/Fm, water potential, containerized seedling

^{1,2}  sezginayan@gmail.com

³  celenf18@gmail.com

⁴  boraimal@gmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Sezgin AYAN

1. Giriş

Toros sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) doğal yayılış sahasındaki rehabilitasyon çalışmalarına verdiği pozitif tepki yanında doğal yayılış sahası dışındaki plantasyonlarda gösterdiği yüksek adaptasyon ve gelişim performansı dikkat çekicidir. Türkiye'nin beş farklı coğrafi bölgesindeki 25 farklı il sınırlarında tesis edilen plantasyonların başarısı türün plastisitesinin yüksek olduğunun teyididir (Ayan, 2015; Ayan vd., 2017). Toros sediri Türkiye, Suriye ve Lübnan dağlarında deniz seviyesinden 1.400 ile 2.200 m yüksekliğe kadar oldukça geniş dikey yayılışta varlık gösterirken, Toros orojenik kuşağında özellikle orman sınırında saf ve karışık meşcereler kuran bir orman ağacıdır (Ata, 1995; Ayan ve Yer, 2016; Ayan vd., 2018; Ayan vd., 2021a). Zorlu kış şartları ile yaz aylarında meydana gelen yüksek sıcaklıklara olan toleransı, Toros sedirini ağaçlandırma çalışmalarında sıkça tercih edilen bir tür haline getirmiştir (Ayan vd., 2017; 2021a). Nitekim İç Anadolu Bölgesi Ankara-İlyakut Toros sediri orijin deneme sahasında bazı orijinlerin -20 ile -22,5 0C düşük sıcaklık derecelerine dayanabildiği tespit edilmiştir (Çakmak, 2021). Ayrıca, iklim değişim senaryolarında artan sıcaklığın türün varlığını olumlu yönde etkileyerek daha geniş alanlarda yayılabilecek olması (Tablo 1) bilim insanları ve uygulamacılar için türün potansiyelini gündeme getirmektedir (López-Tirado vd., 2021).

Tablo 1

Toros sedirinin aktüel, potansiyel yayılış sahası ile farklı iklim senaryolarında dikey ve alansal yayılış projeksiyonu (López-Tirado vd., 2021)

		Aktüel Yayılış	Potansiyel Yayılış Sahası	RCP 4.5 2050	RCP 4.5 2070	RCP 8.5 2050	RCP 8.5 2070
Rakım (m)	Minimum	16	194	0	0	0	12
	Maksimum	2.819	3.330	3.889	3.889	3.889	4.192
	Ortalama	1.485	1.376	1.310	1.419	1.374	1.481
Habitat Uygunluğu (km²)		3.829	92.583	407.516	342.112	329.799	205.779

Toros sedirinin karstik ana kaya üzerindeki yayılış sahasında rejenerasyon ve rehabilitasyon çalışmalarında karpelli tohum ekimi tekniği başarıda anahtar rol üstlenirken, karstik ana kaya dışındaki alanlarda dikim yöntemi kullanılmaktadır. Dolayısıyla, plantasyon başarısında dikim materyali, fidan kalitesi özellikle yarı kurak ve antropojen step alanlar gibi ekstremitte arz eden alanlarda daha da önemli bir husus olmaktadır. Plantasyon tesisinde kullanılacak fidan kalitesi üzerinde; tüplü fidan kullanımının (Ayan, 2007), değişik substrate ve yetiştirme ortamlarının (Ayan, 1999; 2001; 2002a; 2002b; Ayan vd., 2005a; Ayan ve Tüfekçioğlu, 2006; Ayan ve Tilki, 2007), yavaş yarıyılış gübrelerin (Ayan, 1998), etkin mikroorganizmaların (Ayan vd., 2021b), farklı yetiştirme süreçlerinin “sera-açık alan-gölgelik alan” (Ayan vd., 2000), fidanlık ekolojik koşullarına göre belirlenmiş fidan gelişim evrelerine dayalı kültürel işlemlerin (Demircioğlu ve Ayan, 2004; Ayan vd., 2005b; Yer ve Ayan, 2011) etkisi farklı çalışmalarda vurgulanmıştır.

Türkiye fidanlıklarında yapılan fidan kalitesi araştırmalarında gerek ekonomik gerek zaman tasarrufu ve pratikliği nedeniyle morfolojik fidan kalite özelliklerinin tayinine yönelik araştırmalar öne çıkmaktadır. Türkiye’de bu anlamda, Anadolu karaçamı (Ayıntaplı, 1995; Avanoğlu vd., 2005; Yer ve Ayan, 2011), sarıçam (Demircioğlu vd., 2004), Toros sediri (Eler vd., 1993; Ayıntaplı, 1995; Yer ve Ayan, 2011), Doğu kayını (Gülseven vd., 2019) ve Doğu ladini (Genç, 1992; Ayan, 2002a), Akdeniz ve Arizona servisi (Ayan vd., 2020a), kızılçam (Coşgun vd., 2008) fıstıkçamı (Ayan vd., 2020b) ile geniş yapraklı orman ağacı türlerinde (Şevik vd., 2003; Ayan vd., 2020c) fidan kalite sınıflandırılması üzerine detaylı çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Fizyolojik fidan karakterleri üzerinde ise Semerci (2005) tarafından Toros sediri fidanlarının fizyolojik özellikleri ile hayatta kalma potansiyeli üzerinde güçlü bir ilişki olduğunu, Sarı ve Deligöz (2019) Toros sediri fidanlarında uygun sökülme zamanının sadece morfolojik karakterlere göre değil aynı zamanda fizyolojik parametrelerin de dikkate alınarak belirlenmesi gerektiğini, Epron (1997) kuraklığın Toros sedirinin Atlas

sedirine göre fizyolojik olarak önemli ölçüde daha yüksek bir ısı toleransı sergilediğini, Deligöz vd. (2016), Toros sediri fidanlarında tekrarlayan kuraklık stresi döngülerinin boy ve kuru ağırlıklar ile kök boğaz çapında önemli azalmaya neden olduğunu fakat şiddetli kuraklık stresinin kök/sürgün oranını arttırdığını, Bayar ve Deligöz (2019), 22 yaşındaki Toros sediri ağaçlandırma sahasındaki yaz kuraklığının ağaçların solma noktasındaki ve tam doygun haldeki ozmotik potansiyelin eylül ayına doğru azaldığını vurgularken, Semerci (2001) ise Toros sedirinde tam turgor halindeki osmotik potansiyel değerlerinin Haziran, Temmuz ve Ağustos dönemlerinde sırasıyla -1,80 MPa, -2,32 MPa ve -2,39 MPa düzeyinde, ayrıca aynı dönemlere ait solma noktasındaki su potansiyeli değerlerini sırasıyla -2,90 MPa, -3,30 MPa ve -3,50 MPa olarak belirtmiştir. Bayar ve Deligöz (2019) Toros sedirinde solma noktasındaki oransal su içeriğini ise Temmuz ve Ağustos dönemlerinde sırasıyla %85 ve %87 olarak tespit edilmiştir. Dirik (2000) çalışılan ağaç türüne bağlı olarak kurak dönemlerde solma noktasındaki ozmotik potansiyelin düşük olmasının, kuraklığa karşı direncinin yüksek olacağını belirtmektedir. Bayar ve Deligöz (2019)'ün çalışmasından elde edilen sonuçlar, Toros sedirinin Anadolu karaçamına göre, solma noktasındaki osmotik potansiyelinin düşük olmasının kuraklığa daha toleranslı bir tür olabileceğini göstermektedir.

İç Anadolu Bölgesinin yarı kurak ve step iklim koşullarında kitlesel orman ağacı fidan üretiminin sürdürüldüğü Çankırı Orman fidanlığındaki tüplü Toros sediri fidanları üzerinde yürütülen bu araştırmada; i) Morfolojik ve fizyolojik bazı özelliklerin dönemsel değişimleri, ii) 1+0 ve 2+0 yaşlı polietilen tüplü fidan özellikleri ve Türk Standartlarına uygunlukları, iii) İkinci vejetasyon dönemi fidan gelişim dönemlerinin belirlenerek uygun fidanlık kültürel işlemlerin önerilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, 1+0 yaşını tamamlamış, 2. vejetasyon dönemi içindeki Mersin-Mut orijinli Toros sediri fidanlarında yürütülmüş ve Çankırı Orman Fidanlığında gerçekleştirilmiştir. Çankırı il merkezinin kuzeyinde bulunan Fidanlığa ilişkin genel bilgiler Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2
Çankırı Orman Fidanlığına ait bilgiler (Anonim, 2019)

İli	Çankırı
İlçesi	Merkez
Enlem	40° 34' Kuzey
Boylam	33° 30' Doğu
Rakım(m)	710
Yıllık Ortalama Sıcaklık (C°)	11,3
Yıllık Maksimum Sıcaklık Ortalaması(C°)	18,0
Yıllık Minimum Sıcaklık Ortalaması(C°)	4,9
Yıllık Yağış(mm)	414,2
pH	7,36 – 7,72
Tekstür	Balçık ve killi balçık

2.2. Yöntem

Araştırmaya obje Toros sedirinde üç tekerrür ve her tekerrürde 30'ar adet fidan olmak üzere toplamda 90'ar fidan üzerinde morfolojik ölçümler yapılmıştır. Çankırı orman fidanlığı ekolojik koşullarında henüz vejetasyonun başlamadığı 20 Mart itibarıyla ölçümlere başlanmış ve fidanların dormansi evresine girmiş olduğu Ekim sonuna kadar 8 ay boyunca devam edilmiştir.

Taze fidanların; fidan boyu (FB-0,1 cm) ve kök boğaz çapları (KBÇ-0,1 mm) ile daha sonra kök boğazından kesilerek gövde ve kök taze ağırlıkları (GTA, KTA-0,001 gr) ve terminal sürgün boyu (TSB) ölçülmüştür. Ölçümleri tamamlanan fidanlar etüve alınarak 105 °C’de 24 saat bekletilmiş, gövde ve kök kuru ağırlıkları (GKA, KKA, FKA-0,001 gr) ölçümleri yapılmıştır (Ayan 1999; 2002). Elde edilen veriler yardımıyla aşağıdaki karakterler hesaplanmıştır:

- Kuru kök % (%Kkök) = [KKA(g) / FKA (g)] x 100
- Katlılık indisi (Kİ) = GKA/KKA

Dickson kalite indeksi (DKİ) = Fidan kuru ağırlık değerinin, Gürbüzlük indisi ile katlılık değeri toplamına bölünmesi ile elde edilen değerdir. Aşağıda belirtilen formül aracılığı ile hesaplanmıştır (Dickson vd., 1960). Kalite indeksi değeri 1’e yakın ve daha yüksek bir değer bulunan fidanlar yüksek kaliteli olarak kabul edilmektedir (Akgül, 2010).

$$DKİ = \frac{\text{Fidan Kuru Ağırlığı}}{(\text{Gürbüzlük İndisi}) + (\text{Katlılık İndisi})} = \frac{FKA}{\left(\frac{FB}{KBÇ}\right) + \left(\frac{GKA}{KKA}\right)} \quad (2.1)$$

- Gürbüzlük indisi (Gİ) = [FB (mm) / KBÇ (cm)] (Aphalo ve Rikala, 2003),

Formül baz alınarak elde edilen Gİ değerleri için; Gİ<50 ise kaliteli fidan, 50<Gİ<60 ise orta kaliteli fidan, Gİ>60 ise düşük kaliteli fidan aralıklarına göre sınıflandırma yapılmıştır (Aphalo ve Rikala, 2003). Ayrıca, fidanların kalite sınıflarının belirlenmesi amacı ile iğne yapraklı türlerin kalite sınıfları kullanılarak TS 2265/Şubat 1988 TSE standartlarına uygunluğu değerlendirilmiştir (Tablo 3).

TS 2265’e göre iğne yapraklı ağaç türlerinin fidan yaşlarına göre fidan kalite standartları Tablo 3’de Toros sediri için verilmiştir (Anonim, 1988).

Tablo 3

TS 2265/Şubat 1988 fidan kalite sınıflarına göre Toros sediri kalite standartları

Yaş	Fidan sınıfı	Fidan Boyu (cm)	Kök Boğazı Çapı (mm)	Gövde/Kök (Kİ)
1+0 yaşlı	I	≥ 6	≥ 2.0	< 3
	II	6 – 5		3-4
	III (Iskarta)	< 5	< 2.0	> 4
2+0 yaşlı	I	≥ 12	≥ 2.0	< 3
	II	12 – 10		3-4
	III (Iskarta)	< 10	< 2.0	> 4

2.2.1. Fidanların Fizyolojik Karakterlerin Belirlenmesi

a) Fidanlarda gün ortası su potansiyelinin tespiti

Bitki fizyolojik karakteri ile ilgili olarak su düzeyinin belirlenebilmesinde kullanılacak en anlamlı kriter, bitkinin su potansiyelidir (Lopushinsky, 1990). Genellikle bitkilerdeki maksimum su potansiyeli şafak öncesi su potansiyeli (Ψ_{pd}), minimum su potansiyeli ise gün ortası su potansiyeli (Ψ_{md}) ile ifade edilmektedir. Kurakçıl bitkilerde ister kurak ister nemli bir dönemde bitkide su potansiyeli düştükçe transpirasyonla su kaybı da o oranda artmaktadır; özellikle kurak ekosistemlerde yaprak su potansiyeli ile transpirasyon hızı arasında güçlü bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir. Gün ortası su potansiyeli ile bitkilerin stres durumlarını belirlemede kullanılmaktadır. Ayrıca, toprak su potansiyelinin göstergesi olarak şafak öncesi yaprak su potansiyeli ve gün ortası su potansiyeli arasında güçlü bir ilişki vardır (Kezik ve Kocaçınar, 2014).

Çalışmada gün ortası su potansiyeli ölçümleri (Ψ_{md} -MPa), 2019 Mart-Ekim ayları arasında saat 12:00 ile 14:00 arasında periyodik olarak ölçülmüştür. Ölçümler için her ay 5'er tane fidan kullanılarak toplamda 8 ay içerisinde 40 fidanda ölçüm yapılmıştır. Gün ortası su potansiyelinin belirlenmesinde Scholander vd. (1965) tarafından geliştirilmiş olan basınç cihazı kullanılmıştır. Su potansiyeli ölçümü için fidanlar, Çankırı fidanlığında Çankırı Karatekin Üniversitesi Silvikültür Anabilim Dalı Laboratuvarına getirildikten sonra kök boğazından kesilerek, kesim yerinden itibaren 1 cm'lik kısımdaki kabuk soyulmuş ve ölçümler için hazırlanmıştır. Sonrasında fidanlar basınç cihazına yerleştirilerek su potansiyeli ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

b) Fidanlarda klorofil floresans yöntemiyle fotosentetik verimlilik tespiti

Klorofil floresans ölçümleri çeşitli stres faktörlerinin bitki üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla son zamanlarda yaygın bir teknik olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, bu ölçümlerle anlık olarak bitkilerin sağlık durumları hakkında fikir edinilebilmektedir (Maxwell ve Johnson, 2000; Brestic ve Zivcak, 2013; Jedmowski ve Brüggemann, 2015; İmal, 2015; Brestic vd., 2018; Semerci vd., 2021). Klorofil floresans ölçümlerinde stres koşullarındaki bitkilerde fotosentetik olayların belirlenmesinde en yaygın kullanılan parametre F_v/F_m oranı olup bu oran PS II'nin fotokimyasal reaksiyonlarının maksimum verimini ifade etmektedir. Normal koşullar altındaki bitkide söz konusu değerin 0.790-0.840 arasında olduğu stres koşulları altında azaldığı ifade edilmektedir (Maxwell ve Johnson, 2000).

Klorofil floresans ölçümleri öncesinde, fidanların ibrelerine klipsler takılıp 30 dk boyunca karanlığa adapte olmaları sağlanmıştır. Daha sonra fidanlarda klorofil floresans ölçümleri klorofil florometre (OptiScience OS-30P) cihazı ile yapılmıştır. Ölçümler 2019 yılı Mart-Ekim ayları arasında her ay 20 fidan üzerinde toplamda 160 fidanda gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistiki Değerlendirme

Morfolojik (FB, KBÇ, GTA, KTA, GKA, KKA) ve fizyolojik (Ψ_{md} , F_v/F_m) fidan özelliklerine ait veriler ile morfolojik fidan özelliklerine ait hesaplanan fidan indis değerleri üzerinde "Windows SPSS Software (23.0)" programında temel istatistikler (Aritmetik ortalama, ortalamanın standart hatası, standart sapma, minimum ve maksimum değer) belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Morfolojik Fidan Özelliklerine İlişkin Tespitler

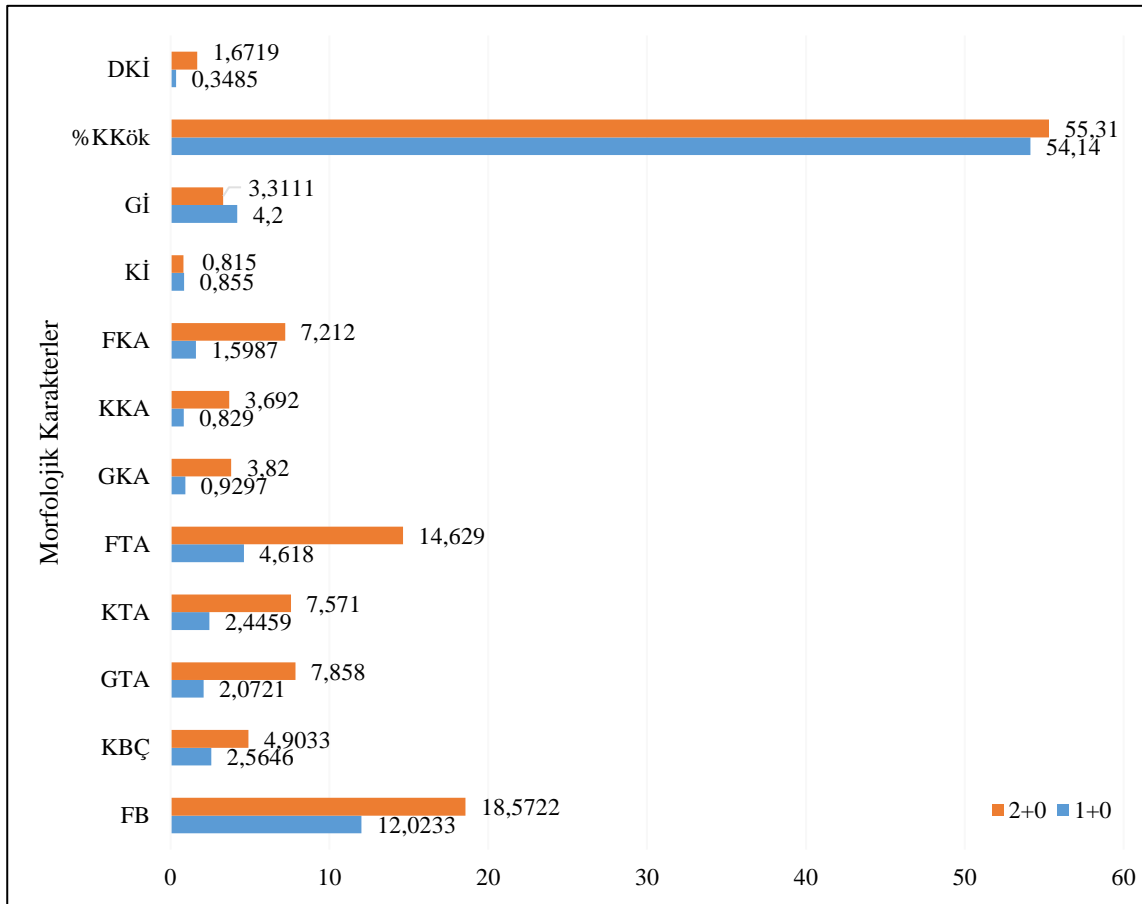
Birinci vejetasyon dönemi sonu itibarıyla fidan morfolojik özelliklerine ait ortalama değerler ile 2+0 yaşlı fidan morfolojik özelliklerine ilişkin temel istatistikler Tablo 4'de, 1 ve 2. vejetasyon dönemi sonu itibarıyla oluşan morfolojik fidan özellikler ise Şekil 1'de verilmiştir. İkinci vejetasyon dönemini geçirmekte olan tüplü fidanların özelliklerindeki periyodik dönemsel değişimler Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 4

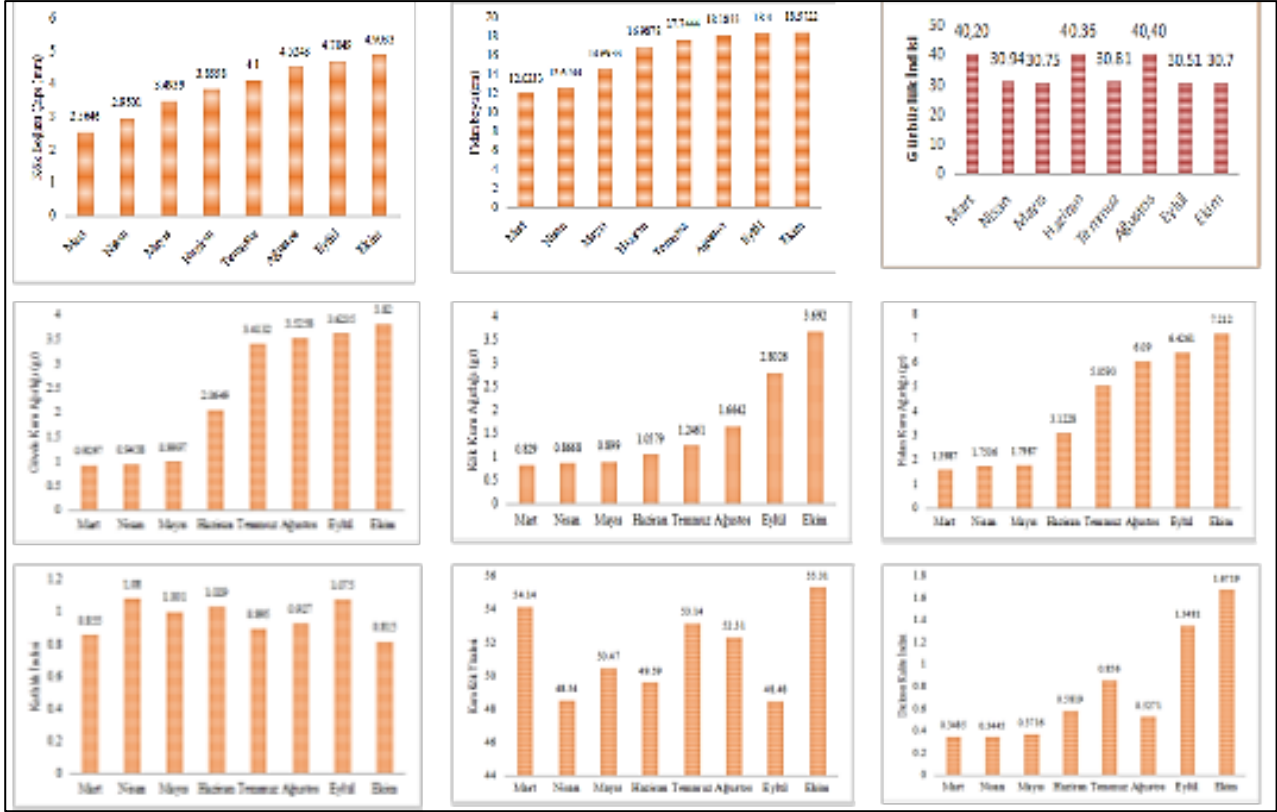
Fidanların morfolojik özelliklerine ve kalite indisi değerlerine ait temel istatistikler

Morfolojik Özellik	1+0 Yaşlı Fidan	2+0 Yaşlı Fidan				
	Ort.	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	X _{min}	X _{max}
FB (cm)	12,02	18,57	3,00	0,316	2,00	24,00
KBÇ (mm)	2,56	4,9	0,501	0,053	3,71	5,89
GTA (g)	2,07	7,86	1,379	0,436	4,68	9,12
KTA (g)	2,45	7,57	0,921	0,291	6,33	9,13
FTA (g)	4,62	14,63	1,935	0,612	11,21	17,76
GKA (g)	0,93	3,82	0,808	0,256	2,23	4,79
KKA (g)	0,83	3,69	0,579	0,183	2,87	4,91
FKA (g)	1,59	7,21	0,864	0,733	5,97	8,31
Kİ	0,86	1,09	0,132	0,042	0,54	1,17
Gİ	40,2	30,7	6,81	0,718	0,00	50
%KKök	54,14	55,31	4,284	1,355	50,20	65,00
DKİ	0,35	1,67	0,189	0,059	1,37	1,91

Fidanların ikinci vejetasyon döneminde yapılan fenolojik gözlemlere göre ilk tomurcuk patlamaları Mart ayı sonlarında olduğu gözlenmiştir. 20-27 Mart arası fidanlar homojen olarak tepe ve yan tomurcuklarını açmış olup, 31 Mart tarihinden itibaren ise tomurcuklardan yeni sürgünler uzamaya başladığı tespit edilmiştir.



Şekil 1. Tüplü Toros sediri 1+0 ve 2+0 yaşlı fidanlardaki morfolojik özellikleri



Şekil 2. Fidanların KBC, FB, Gİ, GKA, KKA, FKA, Kİ, %Kök ve DKİ değerlerin dönemsel değişimi

3.2. Fidanların Kalite Standartlarına Göre Değerlendirilmesi

Toros sediri fidanlarının TSE fidan kalite standartları ile Aphalo ve Rikala (2003)'ün gürbüzlük indisi fidan kalite sınıflamasına göre değerlendirmesi Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5

Toros sediri fidanlarının TSE fidan kalite standartlarına ve Gİ değerlerine göre incelenmesi

Fidan yaşı	Kalite Sınıfı	TSE'ye göre				Gİ Aphalo ve Rikala (2003)'ya göre
		FB Adet / %	KBC Adet / %	Kİ Adet / %	FB-KBC-Kİ Adet / %	Adet / %
1+0	I. Sınıf	88/97,7	90/100	87/96,6	87/96,6	87/96,6
	II. Sınıf	-	-	1/1,1	1/1,1	2/2,3
	III. Iskarta	2/2,3	-	2/2,3	2/2,3	1/1,1
2+0	I. Sınıf	86/95,6	90/100	85/94,4	5/94,5	86/95,4
	II. Sınıf	-	-	1/1,1	1/1,1	2/2,3
	III. (Iskarta)	4/4,4	-	4/4,4	4/4,4	2/2,3

Tablo 5'de görüldüğü gibi; 1+0 yaşlı tüplü Toros sediri fidanları KBC değeri bakımından tamamı, FB, KBC ve Kİ kriterleri birlikte değerlendirildiğinde ise fidanların %96,6'sı 1. kalite sınıfında yer almıştır. İkinci vejetasyon dönemi sonu itibari ile fidanların KBC kriteri bakımından tamamı, FB, KBC ve Kİ gibi üç kriterin birlikte değerlendirilmesi durumunda fidanların %94,5'i 1. kalite sınıfında yer almıştır. Aphalo ve Rikala (2003)'ün Gİ değerlerine göre ise; 1+0 yaşlı fidanların %96,6'sı, 2+0 yaşlı fidanların %95,4'ü "kaliteli fidan" kategorisinde yer almıştır.

3.3. Fidan Fizyolojik Karakterlerine İlişkin Tespitler

İkinci vejetasyon dönemini geçirmekte olan fidanların aylara göre gün ortası su potansiyeli (Ψ_{md}) ve fotosentetik verimlilik (Fv/Fm) değerleri Tablo 6 ve Şekil 3'de verilmiştir. Fidanlara ait Ψ_{md} değerleri mevsimsel bir değişim göstererek yağışın az olduğu aylarda azalmıştır. En düşük Ψ_{md} değerleri Temmuz ve Eylül aylarında sırasıyla -1,84 ve -2,25 MPa, en yüksek Ψ_{md} değeri ise Nisan ayında -1,39 MPa olarak tespit edilmiştir. Fidanların Fv/Fm değerleri incelendiğinde ise; en düşük değer 0,57 ile Mart ayında, en yüksek değer 0,81 ile Temmuz ayında tespit edilmiştir.

Bitki su potansiyeli değerleri, toprak su içeriği, sıcaklık, bağıl nem ve hava koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Nitekim sıcaklıktaki yükselme ve bağıl nemdeki düşme gün ortası bitki su potansiyelinde azalmalara neden olmaktadır. Nitekim Toros sediri fidanlarında özellikle, Haziran ve Temmuz aylarında Ψ_{md} değerleri azalmıştır. Ağustos ayında da diğer aylara göre yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nem ve yağış olmasına rağmen Ψ_{md} değeri yükselmiştir. Bunun nedeni fidanlıkta bu ayda fazla sulama yapılması ile açıklanabilir. Tablo 6'da gün ortası su potansiyeli (Ψ_{md}) ve fotosentez verimlilik (Fv/Fm) değerleri ile bazı meteorolojik verilerin periyodik değişimi gösterilmiştir (Anonim, 2022).

Tablo 6

Toros sediri fidanlarına ait gün ortası su potansiyeli (Ψ_{md}) ve fotosentez verimlilik (Fv/Fm) değerleri ile bazı meteorolojik verilerin periyodik değişimi

Fizyolojik Ölçümler ve 2019 Yılı Meteorolojik Verileri							
Aylar	Fv/Fm	Ψ_{md} (MPa)	Ort. Bağ. Nem (%)	Ort. Sıc. ($^{\circ}C$)	Mak. Sıc. ($^{\circ}C$)	Min. Sıc. ($^{\circ}C$)	Top. Yağış (mm)
Mart	0,570±0,07	-1,39±0,13	60,1	6,4	14,2	-0,1	32,4
Nisan	0,730±0,06	-1,69±0,22	62,8	10,3	17,6	4,0	43,9
Mayıs	0,750±0,03	-1,50±0,11	64,1	17,0	24,6	10,0	75,0
Haziran	0,750±0,00	-1,73±0,05	63,2	21,9	29,6	15,2	88,7
Temmuz	0,810±0,00	-1,84±0,21	54,1	22,0	30,4	13,5	22,8
Ağustos	0,680±0,03	-1,44±0,17	51,6	23,2	31,7	14,6	13,5
Eylül	0,670±0,00	-2,25±0,09	53,7	18,5	27,6	9,8	7,6
Ekim	0,720±0,02	-1,68±0,24	62,8	14,5	24,2	6,3	11,8



Şekil 3. Fidanların Ψ_{md} ve Fv/Fm değerlerinin dönemsel değişimi

3.4. Fidan Gelişim Evreleri

Aylık periyotlarla örneklenen ve ikinci vejetasyon dönemini geçirmekte olan fidanların gelişim evreleri tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Toros sediri fidan gelişim evreleri

Aylar	FKA (mg) ve GDO (mg/gün)	FB (mm) ve GDO (mm/gün)	FKA Dönemsel Değişimi (mg)	Ölçüm Aralığı (gün)	FKA-FB (mg)-(mm) Değişim Miktarı	Vejetasyon Süresi	Gelişme Dönemleri
Mart	1.598	120,2					Durgunluktan çıkış
Nisan	1750	126,7	152	30	152-6,5	(0-30)	
GDO	5,06	0,21				30 gün	
Mayıs	1.798	146,9	48	31			Gelişme- Hızlı gelişme
Haziran	3.122	169,9	1.324	30		(30-122)	
Temmuz	5.059	177,4	1.937	31	3.309-50,7	92 gün	
GDO	35,96	0,55					Yavaşlama
Ağustos	6.090	181,8	1.031	30		(122-152)	
GDO	34,36	0,14			1.031-4,4	30 gün	
Eylül	6.426	184,0	336	31			Odonlaşma
Ekim	7.212	185,7	786	30	1.122-3,9	(152-213)	
GDO	18,39	0,06				61 gün	
Toplam	7.212 mg-185,7 mm				5.614 mg-65,5 mm		

Toros sediri fidan gelişim evreleri incelendiğinde, “günlük kuru madde değişimi” bakımından en yüksek artış “gelişme + hızlı gelişme” (35,96 mg/gün) evresinde gerçekleşirken, en düşük kuru madde artışı (5,06 mg/gün) ise “durgunluktan çıkış” döneminde tespit edilmiştir. Yine gelişim evreleri değerlendirildiğinde; en yüksek günlük boy artımı (0,55 mm/gün) “gelişme + hızlı gelişme” döneminde, en düşük boy artımı ise “odunlaşma” döneminde (0,06 mm/gün) olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

İkinci vejetasyon dönemi başında 1+0 yaşlı Toros sediri fidanlarının Mart ayı ortalama 12,02 cm FB ve ortalama 2,56 mm KBC değerlerinde oldukları; 2. vejetasyon dönemi sonunda ekim ayı ortalama 18,57 cm FB ve ortalama 4,90 mm KBC ile tamamladıkları gözlenmiştir. Elde edilen bu ortalamalar ile 1+0 ve 2+0 yaşlı Toros sediri fidanları TSE 2265/Şubat 1988 standartlarına göre çoğunluğu (~%95) I. sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir. Çankırı Orman Fidanlığında yetiştirilen Toros sediri fidanlarının büyük bir ekseriyetle yarı-kurak yörelerde yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında dikime gönderilebilecek standartta fidanlar oldukları sonucuna varılmıştır.

Fidan boyu, kök boğazı çapı, kuru ağırlıklar gibi fidanların morfolojik özelliklerinde tespit edilen belirgin değişim, özellikle 1+0 ve 2+0 yaşlı fidanlar arasında kalite özellikleri açısından oldukça anlamlıdır. Kİ, Gİ, %KKök ve DKİ değerleri 1+0 yaşlı fidanlarda sırasıyla; 0,86; 40,2; %54,1 ve 0,35 iken 2+0 yaşlı fidanlarda 1,09; 30,7; %55,3 ve 1,67 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar; morfolojik fidan kalite özellikleri açısından 2+0 yaşlı fidanların amaca daha uygun özellikte olduğunu göstermektedir. Çankırı Orman Fidanlığında yetiştirilen Toros Sediri fidanlarının büyük bir oranla TSE 2265/Şubat 1988 standartlarına uygun olduğu tespit edilerek; yarı-kurak yörelerde yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında, dikime gönderilebilecek nitelikteki fidanlar oldukları kanaatine varılmıştır. Tolay (1993) gövde/kök kuru ağırlık oranı, gövde ve kök arasındaki uyumu işaret ettiğini ve bu uyum doğrultusunda fidanın arazi başarısının tahmin edilebileceğine vurgu yapmaktadır. Fakat, bu oranın, fidanların mevcut kök yapılarını her zaman doğru şekilde yansıtmadığı da belirtilmiştir. Kökleri ağır ama kılcal köklerle fakir olan bir fidan; kökleri hafif ama kılcal kökleri bakımından

zengin olan bir fidana göre daha kaliteli değildir (Bacon, 1979). Ürgenç (1998) normal yetiştirme ortamı koşullarında gövde/kök kuru ağırlık oranının 3, kurak yetiştirme ortamlarında 2 ve hatta 1'den büyük olması gerektiği belirtilmiştir. Semerci (2005), İç Anadolu Bölgesi'nde Toros sediri fidanlarının performanslarının incelendiği bir çalışmada, dikimde kullanılan fidanların morfolojisinin arazideki tutma başarısının öngörülebilmesi için yeterli bir gösterge olmamasına rağmen, dikim sonrası büyüme potansiyelinin tespit edilmesinde kök boğazı çapının iyi bir gösterge olduğu vurgulanmıştır. Eler vd. (1993), fidan kalite sınıflarının arazi gelişimi üzerinde önemli etkisinin olduğu belirtilmiştir. Toros sediri fidanları üzerinde yapılan çalışmada kalın çaplı ve boylu fidanların daha fazla gelişme yaptığı ortaya koymuştur.

Çankırı Orman Fidanlığındaki Toros sediri fidanlarının "kuru madde değişimi" yöntemine göre, fidanlardaki büyüme dönemleri tarihler itibariyle şu şekilde ortaya çıkmıştır (Tablo 7); Mart-15/Nisan-15 (30 gün) arası "durgunluktan çıkış" dönemi; Mayıs-15/Temmuz-15 (92 gün) arası "gelişme+ hızlı gelişme" dönemi; Temmuz-15/Ağustos-15 (30 gün) arası "yavaşlama (duraklama)" dönemi; Eylül-15/Ekim-15 (61 gün) arası "odunlaşma" dönemi, olarak tespit edilmiştir. Günlük değişim oranları bakımından ikinci vejetasyon döneminde FB'ü ortalama 0,3 cm/gün ve FKA ise ortalama 24,36 mg/gün artış göstermiştir. Semerci (2002) çalışmasında, İç Anadolu Bölgesi koşullarında Toros sediri için dormansi halinin oluşum evreleri şu şekilde sıralanmıştır: Vejetasyon evresi: Mart ortası- Ağustos ortası; Uykuya giriş: Ağustos ortası-Kasım ortası, Derin uyku evresi: Kasım ortası-Ocak ortası, Uyku sonu evresi: Ocak ortası-Mart ortası olarak tespit edilmiştir.

Yer (2011), Eskişehir orman fidanlığı ekolojik koşullarında yürüttüğü çalışmada; çıplak köklü Toros sediri fidanlarında Mart ayında sulama işlemlerinin başlanması gerektiğini vurgulamıştır. İlkbahar yağışları göz önünde bulundurularak yüzeysel akışa sebep olmayacak yoğunlukta, akşam geç ve sabah erken saatlerde olacak şekilde günde iki kez yapılması gerektiğini belirtmiştir. Gelişme + hızlı gelişme dönemlerinde de aynı şekilde sulamanın günde iki kez yapılmasını ve bu dönemde maksimum sıcaklıklarda gün ortasında yapılacak sulamanın (serinletme) faydalı olacağı öne sürülmüştür. Yavaşlama (duraklama) döneminde ise, sabah erken saatlerde yapılacak sulama işlemi kök gelişimini desteklemesi bakımından önerilmektedir. Odunlaşma döneminde ise; fidanın su ihtiyacı doğrultusunda toprakta yeterli miktarda rutubet buldurulmalıdır.

Su potansiyeli ile bitki su içeriği arasında sıkı bir ilişki vardır. Bitkilerin su potansiyeli azaldıkça nispi su içeriği de azalış göstermektedir. Karasal ekosistemlerde, mezofit ve kserofit bitkilerde su potansiyeli farklı değerler almaktadır. Normal koşullarda iyi sulanmış bitkilerin yapraklarında su potansiyeli -0.2 ile -0.1 MPa arasında değişirken, kurak iklimlerde yetişen bitkilerin yapraklarında bu değer oldukça düşük olup -2.0 ila -5.0 MPa arasındadır (Taiz ve Zeiger, 2008). Hatta çok kurak alanlarda bu değerler daha da düşebilmektedir (Xu ve Li, 2006; Kezik ve Kocaçınar, 2014). Bitkilerde su potansiyeli yıl içinde mevsimlere bağlı olarak da kurak ve nemli periyotlarda değişkenlik göstermektedir (Tschapinski vd., 1998; Choat vd., 2006). Bununla birlikte, bitki türü ve yetiştirme ortamının da bireylerin fizyolojik davranışları üzerinde rolü vardır (Kezik ve Kocaçınar, 2014). Bu çalışmada tespit edilen fidan gelişim evreleri ile su potansiyeli birlikte değerlendirildiğinde; durgunluktan çıkış evresi olarak belirlenen Mart ve Mayıs ayları arasında dormant evrenin bitişi ile birlikte su potansiyeli değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Su potansiyeli bakımından en düşük değer ise dormant evreye giriş ve odunlaşma dönemi içinde olan Eylül ayında tespit edilmiştir (-2,25 MPa). Nitekim su potansiyeli değerinin yaklaşık -1,5 MPa'ya düşmesinin fidanlarda boy büyümesinin sona ermesine ve uyku halinin başlamasına neden olduğu belirtilmektedir (Cleary ve Greaves, 1979). Çalışmamıza benzer şekilde Blake vd. (1979) Duglas fidanlarında yaptıkları çalışmada, sürgün gelişiminin sürekli azaldığı Temmuz ortası-Ağustos sonu döneminde bitki su potansiyelinin de düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Yine Deligöz (2007) Anadolu karaçamı fidanları üzerinde yürüttüğü çalışmada, uyku devresine giriş döneminde yer alan eylül ayında su potansiyeli değerlerinin azaldığını tespit etmiştir (-16,76 MPa).

Toros sediri fidanlarına 8 ay boyunca aylık olarak ölçülen gün ortası su potansiyeli değerleri (Ψ_{md}) incelendiğinde; aylar arasında farklıklar tespit edilmekle birlikte özellikle en kurak ay olan Haziran (-1,73 MPa), Temmuz (-1,84 MPa) ve Ağustos (-1,44 MPa), ayları ile vejetasyon mevsiminin sona erdiği eylül (-2,25

MPa), ayında Ψ_{md} en düşük değerleri almıştır (Tablo 6, Şekil 3). Kurak aylarda su potansiyeli değerlerinin düşük çıkmasının nedeni bu aylarda sıcaklıklardaki yükselme ve bağıl nemdeki düşüşle açıklanabilir. Nitekim ölçüm yapılan aylardaki ilgili meteorolojik parametreler incelendiğinde bu durumu desteklemektedir. Fidanların "uyku hali yoğunlaşması" aşamasında, gün ortası bitki su potansiyeli değerlerin en düşük seviyelerde olduğu bildirilmektedir (Deligöz, 2007). Nitekim yukarıda açıklandığı gibi eylül ayındaki Ψ_{md} değerinin düşük çıkması bu durumu desteklemektedir. Yapılan benzer araştırmalarda da Ψ_{md} değerlerinin mevsimsel bir değişim göstererek kurak aylarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir; Semerci vd. (2002), Toros sediri fidanlarında gerçekleştirmiş olduğu araştırmasında Ψ_{md} değerlerini aylar bazında sırası ile Haziran, Temmuz Ağustos ve Eylül aylarında -1,78, -2,27 -1,74 ve -2,51 MPa olarak tespit etmiştir. Söz konusu araştırma sonuçları çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Yine Bayar ve Deligöz (2019), Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaçlandırma alanlarında kurak dönemde ağaç-su ilişkisini araştırdığı çalışmalarında türlerde solma noktasındaki osmotik su potansiyeli değerlerini kurak ve yağışın az olduğu aylarda düşük olarak tespit etmişlerdir.

Klorofil floresans (CF) ölçümlerinde fotosentetik aktivitenin belirlenmesinde kullanılan ve fotosentetik verimliliği ortaya koyan en önemli parametre Fv/Fm oranıdır. Bu oran PSII de emilen ışığın maksimum verimidir ve normal koşullar altındaki bitkide $0,832 \pm 0,004$ olarak ölçüldüğü ve bu değer stres koşullarında azaldığı çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir (Maxwell ve Johnson, 2000; Ritchie, 2006; Landis vd., 2010). Fidan gelişim evrelerine göre klorofil değerleri (Fv/Fm) ikinci vejetasyon dönemi başlarında, durgunluktan çıkış döneminde en düşük seviyelerde olduğu gözlenirken, Temmuz- Haziran aylarında güneşlenme süresinin en uzun olduğu ve gelişme dönemi içerisinde sürgünlerinde gelişmesi ile en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Yavaşlama ve odunlaşma dönemlerinde değerlerde düşüş olduğu gözlenmiştir.

Yürütülen bu çalışmada; Fv/Fm değerleri aylar bazında değişiklik gösterse de genelde yüksek değerler olarak ortalama 0,715 olarak tespit edilmiştir. Bu durum fidanların olumsuz bir abiotik veya biotik stres etmenine maruz kalmadıklarını göstermektedir. Nitekim Toros sediri fidanlarında Fv/Fm değerleri en düşük mart ayında (0,579) en yüksek ise Temmuz (0,809) ayında tespit edilmiştir. Mart ayında fotosentetik verimliliğinin düşük çıkmasının nedeni kış aylarında yaşanan düşük sıcaklıklar ile açıklanabilir. Demir (2019) farklı orijinlere ait Anadolu karaçamı fidanlarında uyguladığı üç değişik sulama rejimi (S1: her gün S2: 5 günde bir, S3:10 günde bir) sonrasında fidanlarda Fv/Fm değerlerini en düşük 0,702 en yüksek 0,836 olarak tespit etmiştir. Söz konusu araştırma her ne kadar farklı tür ile sera ortamında ve farklı sulama rejimleri uygulanarak yapılsa da çalışmamızla benzer sonuçları içermektedir.

Çankırı Orman Fidanlığında yetiştirilen Toros sediri fidanlarında bazı morfolojik ve fizyolojik fidan özelliklerinin dönemsel gelişiminin incelendiği bu çalışmada; küresel iklim değişikliğinin etkileri de göz önüne alındığında fidanlarda orijin bazında mevsimsel olarak kuraklığa ve dona dayanıklılığı konusunda da çalışmaların yapılması faydalı olabilecektir. Fidan yetiştirme teknikleri türe ve bulunduğu yörenin ekolojik şartlarına göre değişmekle birlikte, bu faktörler fidanın bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerini etkileyeceğinden, tüm koşullar göz önünde bulundurularak planlandığı ve uygulandığı taktirde kaliteli fidan üretimi sağlanabilir. Fidan kalite standartlarının mutlak surette plantasyon sahası özellikleri ve başarısına göre değerlendirilmesi elzemdir. Ayrıca, iklim değişimi etkilerine bağlı olarak Toros sedirinin potansiyel olarak daha yüksek rakımlara göç edebileceği öngörülerine dayanarak, fidan kalite sınıflandırmasının yeniden değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma, Fatma ÇELEN tarafından Prof. Dr. Sezgin AYAN danışmanlığında hazırlanan, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yapılan "Çankırı Kenbağ Orman Fidanlığında Üretimi Yapılan Bazı Türlerin Vejetasyon Süresince Periyodik Morfolojik ve Fizyolojik Fidan Karakterleri Değişimi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmaya katkılarından dolayı Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 100/2000 - Sürdürülebilir Ormanlık Doktora Programı öğrencisi Orhan GÜLSEVEN'e teşekkür eder.

Yazar Katkıları

Yazar SA: Çalışmayı planlamış, tasarlamış, yönetmiş ve makaleyi yazmıştır.

Yazar FÇ: Çalışmanın verilerini toplamış ve analizini yapmıştır.

Yazar Bİ: Çalışmanın fidan fizyolojik karakterleri ölçüm ve analizlerine yardımcı olmuş ayrıca, makalenin yazım aşamasında katkı vermiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Akgül, H. (2010). *Bolu Orman Fidanlığında Yetiştirilen Bazı Önemli Türlerde Fidan Kalite Değerlendirmeleri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Anonim, (1988). *İğne Yapraklı Ağaç Fidanları*, TS 2265/Şubat-1988. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü Yayınları.
- Anonim, (2019). Çankırı Orman Fidanlığı 2019-2023 Yılları Arası Rotasyon Planı. Çankırı Fidanlık Müdürlüğü Kayıtları, Çankırı.
- Anonim, (2022). Çankırı Meteoroloji İstasyonu 2019 Yılına Ait İklim Değerleri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Aphalo, P., Rikala, R. (2003). *Field Performance of Silver-Birch Planting-Stock Grown at Different Spacing and in Containers of Different Volume*, Kluwer Academic Publishers. Printed in The Netherlands. *New Forests*, 25, 93–108.
- Ata, C. (1995). *Silvikültür Tekniği*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yayın No:4/3, 453 s, Bartın.
- Avanoğlu, B., Ayan, S., Demircioğlu, N., Sivacioğlu, A. (2005). The Evaluation of 2+0-Year Old Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe.) Seedlings Produced in Kastamonu-Taşköprü Forest Nursery According to The Norms of Turkish Standards Institution, *Sigma: Journal of Engineering and Science*, Yıldız Technical University, 2,73-83, İstanbul, Türkiye.
- Ayan, S. (1998). The Effects of Slow Release Fertilizer on the Production of Containerized-Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Journal of Forest Engineering*, 35 (9), 25-28, Ankara.
- Ayan, S. (1999). *Tüplü Doğu Ladini (Picea orientalis Lipsky.) Fidanlarının Yetiştirme Ortamları Özelliklerinin Tespiti Ve Üretim Tekniğinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Ayan, S. (2001). Fidan Üretiminde Topraksız Kültür Ortamı Alternatifleri. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt.1(1), 30-42, Kastamonu.
- Ayan, S. (2002a). Determining the Site Condition Features of Containerized-Oriental Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) Seedlings, and Setting the Production Techniques, Ministry of Forests, The Institution of Eastern Black Sea Forestry Research, Ministry Publication Number:179, Eastern Black Sea Forestry Studies (DKOA) Publication Number:14, Technical Bulletin Publication Number: 11, Trabzon.
- Ayan, S. (2002b). Fidan yetiştiriciliği ve ağaçlandırma çalışmalarında zeolite mineralinin kullanımı. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2(1), 78-88, Kastamonu.
- Ayan, S. (2007). Containerised Seedling Propagation, 7th Section (Editors: Yahyaoğlu, Z. and M. Genç, Seedling Standardization: Quality Seedling Propagation and Principals of Seedling Qualification Norms) Publication of Suleyman Demirel University, Pub. Nu: 75, 301-352, ISBN 978-9944-452-07-6, Isparta.

- Ayan, S. (2015). A Review on Rehabilitation and Afforestation Experiences of *Cedrus libani* A. Rich in Turkey. Ecoplantmed Conference, 12-15 October, Beirut, Lebanon.
- Ayan, S., Çalışkan, E., Özel, H.B., Yer Çelik, E.N., Gülseven, O., Yılmaz, E. (2021b). Influence of effective microorganisms on morphological characteristics of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) containerised seedlings. *Journal of Bartın of Faculty of Forestry*, 23(1), 294-305.
- Ayan, S., Civek, E., Yer Çelik, E.N., Gülseven, O., Akin, Ş.S., Yılmaz, E. (2020a). Morphological Quality Characteristics of Mediterranean and Arizona Cypresses Seedlings. *Journal of Bartın of Faculty of Forestry*, 22(2), 580-590.
- Ayan, S., Civek, E., Yer Çelik, E.N., Gülseven, O., Özel, H.B., Eshaibi, J.A.H., Akin, Ş.S., Yılmaz, E. (2020b). Morphological Quality Characteristics of Different Ages Containerized Seedlings of Stone Pine (*Pinus pinea* L.). *Journal of Bartın of Faculty of Forestry*, 22(2), 633-641.
- Ayan, S., Feyzioğlu, F., Demircioğlu, N., Aksu, V. (2005b). Growth Periods of Oriental Spruce Seedlings (*Picea orientalis* Link.) in The Ecological Conditions of Trabzon of Forest Nursery. Symposium on Spruce, Vol. 1, 437-445. Trabzon.
- Ayan, S., Gedik, F., Yer Çelik, E.N., Gülseven, O., Yılmaz, E., Akin, Ş.S., Özel, H.B. (2020c). Morphological characteristics of some broad-leaved forest tree seedlings. *Journal of Bartın of Faculty of Forestry*, 22(1), 245-255.
- Ayan, S., Gerçek, V., Şahin, V., Sivacioğlu, A. (2005a). Tüplü Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Fidanı Üretiminde Substrat Olarak Zeolitin Kullanılabilirliği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Ladin Sempozyumu, Cilt. 1, 490-500, 19-22 Ekim 2005, Trabzon.
- Ayan, S., Tilki, F. (2007). Morphological Attributes of Oriental Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) Seedlings Grown in Peat-Based Media Amended with Natural Zeolite. *Acta Agronomica Hungarica*, 55 (3), 363-373.
- Ayan, S., Tüfekçioğlu, A. (2006). Growth Responses of Scots Pine Seedlings Grown in Peat-Based Media Amended with Natural Zeolite. *Journal of Environmental Biology*, 27(1), 27-34.
- Ayan, S., Turfan, N., Yer, E.N., Özel, H.B., Seho, M., Ducci, F. (2018). Antioxidant Variability of the Seeds in Core and Marginal Populations of Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). *Sumarsky List*, 142(11-12), 593-600.
- Ayan, S., Turna, İ., Acar, C. (2000). The Effects of Greenhouse and Outdoor Conditions on Several Morphological Characteristics of Enso-Type Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings. *Journal of Eastern Anatolian Forestry Research Institute*, No.3, 64-76, Erzurum.
- Ayan, S., Yer, E.N. (2016). Assessment of Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich) plantations out of their natural distribution areas in Turkey with regards to ecological factors. *International Symposium on Forest areas and peri-urban forests" Dynamics and Challenges "*, 11 Abstract Book (10 p.).
- Ayan, S., Yer, E.N., Gülseven, O. (2017). Türkiye'deki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Ağaçlandırma Sahalarının İklim Tipi Açısından Değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 152-161.
- Ayan, S., Yücedağ, C., Şeho, M. (2021a). Le cèdre du Liban: une espèce prometteuse pour le reboisement et la rehabilitation forestière sous la contrainte du changement climatique (in English: Promising species in afforestation and rehabilitation practices under the influence of climate change: Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.)), Forêt Méditerranéenne, t. XLII, n° 2, juin 2021, 175-188.
- Ayıntaplı, P. (1995). Serinyol ve Tekir fidanlıklarında üretilen Kızılcım, Anadolu Karaçamı ve Toros Sediri fidanlarında kalite sınıflaması araştırmaları. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknisitesi, Trabzon, Türkiye.
- Ayres, M.P. (1993). Plant defense, herbivory, and climate change. In: Kareiva PM, Kingsolver JG, Huey RB (eds) Biotic interactions and global change. Sinauer, Sunderland, Mass, 75-94 p.
- Bacon, G.J. (1979). Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers. Unpublished manuscript presented at Workshop on 'Techniques for evaluating planting stock quality' New Zealand.

- Baker, N.R. (2008). Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo*. *Annual Review of Plant Biology* 59, 89–113. doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.
- Baker, N.R., Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55, 1607–1621. doi:10.1093/jxb/erh196
- Bayar, E., Deligöz, A. (2019). *Cedrus libani* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ağaçlandırma alanında kurak dönemde ağaç-su ilişkisi değişimleri. *Türkiye Ormançılık Dergisi*, 20(4), 317-323.
- Bigras, F.J. (2005). Photosynthetic response of white spruce families to drought stress. *New forest*, 29, 135–148.
- Blake, J., Zaerr, J., Hee, S. (1979). Controlled moisture stress to improve cold hardiness and morphology of Douglas-fir seedlings. *Forest Science*, 25(4), 576-582.
- Boydak, M. (1986). Lübnan (Toros) Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) yayılışı, ekolojik ve silvikültürel nitelikleri, doğal ve yapay gençleştirme sorunları. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 64, 7-55 s.
- Boydak, M., Çalikoğlu, M. (2008). Toros Sediri'nin (*Cedrus Libani* A. Rich.) Biyolojisi ve Silvikültürü, OGEM- VAK Yayınları, Ankara.
- Brestic, M., Zivcak, M. (2013). PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in crop plants: protocols and applications. In 'Molecular stress physiology of plants'. (Eds GRout, A Das), 87–131 p. (Springer: New Delhi, India).
- Brestic, M., Zivcak, M., Hauptvogel, P., Misheva S., Kocheva, K., Yang, X., Li, X., Allakhverdiev, S.I. (2018). Wheat plant selection for high yields entailed improvement of leaf anatomical and biochemical traits including tolerance to non-optimal temperature conditions. *Photosynthesis Research*, 136, 245–255.
- Coşgun, S., Şahin, M., Özkurt, N., Parlak, S. (2008). Kızılcıçam (*Pinus brutia* Ten.) fidanlarında kalite sınıflarının belirlenmesi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Batı Akdeniz Ormançılık Araştırma Müdürlüğü, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 352, Müdürlük Yayın No: 037, Teknik Bülten No: 29, 67 s. Antalya.
- Çakmak, F. (2021). *Ankara-İlyakut Toros Sediri (Cedrus libani A. Rich.) Orijin Denemelerinde Bazı Orijinlerin Dona Dayanıklılıklarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye.
- Çetinkaya, D., Bilir, N. (2019). Toros Sediri'nde (*Cedrus libani* A. Rich.) fidan tipi x fidan morfolojisi etkileşimi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 28-33.
- Chagas, P.R., Tokeshi, H., Alves, M.C. (2001). Effect of Calcium on Yield of Papaya Fruits on Conventional and Organic (Bokashi Em) Systems. *Proceeding of the 6th International Conference on Kyusei Nature Farming*, South Africa, 255-258 p.
- Chaudhry A.N., Latif M.I., Khan A.A., Ghulam, J., Tanveer, I. (2005). Comparison of Chemical Fertilizer with Organic Manures by Using Effective Microorganisms Under Maize Cropping in Rained Areas. *International Journal Biology and Biotechnology*, 2 (4) 1001-1006.
- Choat, B., Ball, M.C., Luly, J.G., Donnelly, C.F., Holtum, J.A. (2006). Seasonal patterns of leaf gas exchange and water relations in dry rain forest trees of contrasting leaf phenology. *Tree Physiology*, 26(5), 657-664.
- Cleary, B.D., Greaves, R.R. (1979). Fidan (Çeviri: AK Eyüboğlu). *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25, 31-67.
- Daly, M.J., Stewart, D.P.C. (1999). Influence of "effective microorganisms" (EM) on vegetable production and carbon mineralization—a preliminary investigation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14 (2-3), 15-25.
- Deligöz, A. (2007). *Anadolu Karaçamı [Pinus nigra Arn. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe] Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-fizyolojik Özelliklerinin Dikim Başarısına Etkisi*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

- Deligöz, A., Bayar, E., Çankaya, F.G. (2016). Effect of crown position on midday water potential of *Cedrus libani* trees. *International Forestry Symposium (IFS 2016)*, 409-415, Kastamonu.
- Demir, E. (2019). *Bazı Anadolu Karaçamı [Pinus nigra J.F. Arnold ssp. pallasiana (Lamb.) Holmboe] Orijinlerinin Tohum ve Fidan Aşamasında Kuraklığa Dayanıklılığı*. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye.
- Demirci, A., Bilir, N. (2001). Yaşı 3-0 Olan Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarında Orijinler Arası Farklılıklar. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 217-223.
- Demircioğlu, N., Ayan, S. (2004). Growth Periods of Scots Pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) in the Ecological Conditions of Kastamonu-Taşköprü Forest Nursery. 5th National Congress on Ecology and Environment, Nature and Environment, 107-114, Bolu.
- Demircioğlu, N., Ayan, S., Avanoğlu, B., Sivacioğlu, A. (2004). Kastamonu-Taşköprü orman fi-danlığında üretilen 2+0 yaşlı sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarının TSE normlarına göre değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(22), 243-251.
- Dickson, A., Leaf, A.L., Hosner, J.F. (1960). Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedlings Stock in Nurseries. *Forestry Chronicle*, 36 (1), 10-13.
- Dirik, H. (2000). Farklı biyoiklim kuşaklarını temsil eden kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) orijinlerinin kurak dönemdeki su potansiyellerinin basınç-hacim (pv) eğrisi ile analizi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50(2), 93-103.
- Dreyer, E., Epron, D., Yog Matig, O.E. (1992). Photochemical efficiency of photosystem II in rapidly dehydrating leaves of 11 temperate and tropical tree species differing in their tolerance to drought. *Ann. Sci. For.* 49, 615-625.
- Eler, Ü. (1990). Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarında Kalite Sınıflarının Belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 240, Antalya.
- Eler, Ü., Keskin, S., Örtel, E. (1993). Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarında Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 240, 81-105.
- Epron, D. (1997). Effects of drought on photosynthesis and on the thermotolerance of photosystem II in seedlings of cedar (*Cedrus atlantica* and *C. libani*). *Journal of Experimental Botany*, 48(10), 1835-1841.
- Epron, D., Dreyer, E. (1992). Effects of severe dehydration on leaf photosynthesis in *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.: photosystem II efficiency, photochemical and nonphotochemical fluorescence quenching and electrolyte leakage. *Tree Physiol.* 10, 273-284.
- Genç, M. (1992). Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklerle Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Gülseven, O., Ayan, S., Özel, H.B., Yer, E.N. (2019). Morphological and physiological characteristics of saplings of different Eastern beech populations (*Fagus orientalis* Lipsky.). *Turkish Journal of Forestry*, 20(3), 180-186.
- İmal, B. (2015). *Bazı Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arnold ssp. pallasiana [Lamb.] Holmboe) Orijinlerinin Dona ve Kuraklığa Karşı Dayanıklılıklarının Ekofizyolojik Olarak Belirlenmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Jedowski, C., Brüggemann, W. (2015). Imaging of fast chlorophyll fluorescence induction curve (OJIP) parameters, applied in a screening study with wild barley (*Hordeum spontaneum*) genotypes under heat stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 151, 153-160.
- Kezik, U., Kocaçınar, F. (2014). Kurak ve Yarı-Kurak Bölgelerde Yayılış Gösteren *Quercus branthii* L. Baltalıklarında Seyreltmenin Su Potansiyeli ve Sürgün Durumu Üzerine Etkisi, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Bildiriler kitapçığı, 699-713.

- Landis, T.D., Dumroese, R.K., Haase, D.L. (2010). The Container tree nursery manual, Volume 7, Seedling processing, storage, and outplanting agric. Hand book. 674. Washington, U.S. Department of Agriculture Forest Service, 200 p.
- López-Tirado, J., Vessella, F., Stephan, J., Ayan, S., Schirone, B., Hidalgo, P.J. (2021). Effect of climate change on potential distribution of *Cedrus libani* A. Rich in the twenty-first century: An Ecological Niche Modelling assessment, *New Forests*, 52: 363-376.
- Lopushinsky, W. (1990). Seedling moisture status. In: Rose R, Campbell SJ, Landis TD, editors. Proceedings, Target seedling symposium, Combined meeting of the Western Forest Nursery Associations. *USDA Forest Service*, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report. RM-200: 123-138.
- Maxwell K., Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence a practical guide, *Journal of experimental botany*, 345, 659-668.
- Mayoral, C., Pardos, M., Sánchez-González, M., Brendel, O., Pita, P. (2016). Ecological implications of different water use strategies in three coexisting mediterranean tree species, *Forest Ecology and Management*, 382, 76-87.
- Ogren, E. (1990). Evaluation of chlorophyll fluorescence as a probe for drought stress in willow leaves. *Plant Physiol.* 93, 1280-1285.
- Öner, N., Erşahin, S., Ayan, S., Özel, H.B. (2016). İç Anadolu'da Yarı Kurak Alanların Rehabilitasyonu, *Anatolian Journal of Forest Research*, 1(1-2), 32-44.
- Ritchie, G. A. (2006). Chlorophyll fluorescence, what is it and what do the numbers mean, *USDA Forest Service Proceedings RMRS*, 43 p.
- Sarı, S., Deligoz, A. (2019). Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) fidanlarının fizyolojik durumu üzerinde sökümler zamanının etkisi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 20(1), 20-27.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.
- Semerci, A. (2001). *Toros Sediri (Cedrus libani A. Rich.) fidanlarına ait bazı morfolojik ve fizyolojik karakteristikler ile İç Anadolu'daki dikim başarısı arasındaki ilişkiler*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.
- Semerci, A. (2002). Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Fidanlarına Ait Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikler ile İç Anadolu'daki Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler, İç Anadolu Ormanlık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 279, Ankara, 142 s.
- Semerci, A. (2005). Fifth year performance of morphologically graded *Cedrus libani* seedlings in the Central Anatolia Region of Turkey. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 29(6), 483-491.
- Semerci, A., İmal, B., Gonzalez-Benecke, C.A. (2021). Intraspecific variability in cold tolerance in *Pinus brutia* sampled from two contrasting provenance trials. *New Forests*, 52(4), 621-637.
- Şevik, H., Ayan, S., Demircioğlu, N., Sivacıoğlu, A. (2003). The Evaluation of Bare-rooted and Broad-leaved Forest Tree Seedlings grown in Gökçöy Forest Nursery (province of Kastamonu) according to the norms of Turkish Standards Institution, *Journal of Forestry Faculty of Gazi University*, 3 (2), 233-245, Kastamonu.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2008). Bitki fizyolojisi (Plant physiology), Üçüncü baskıdan Türkçeye çeviri Türkan, İ., (ed), Palme yayıncılık, Ankara.
- Tolay, U. (1993). Hızlı Gelişen Yapraklı ve İğne Yapraklı Türlerin Tüplü Fidan Yetiştirme Tekniği Üzerine Araştırmalar, *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 20, 65-70.
- Tschaplinski, T.J., Gebre, G.M., Shirshac, T.L. (1998). Osmotic potential of several hardwood species as affected by manipulation of throughfall precipitation in an upland oak forest during a dry year. *Tree physiology*, 18(5), 291-298.
- Ürgenç, S. (1998). *Ağaçlandırma Tekniği*. Üniversite Yayın No. 3994, Fakülte Yayın No. 441, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

- Xu, H., Li, Y. (2006). Water-use strategy of three central Asian desert shrubs and their responses to rain pulse events. *Plant and Soil*, 285(1), 5-17.
- Yahyaoglu, Z., Genç, M. (2007). Kalite Sınıflaması Çalışmaları ve Türkiye İçin Öneriler, Fidan Standardizasyonu (Standart Fidan Yetiştirme Teknik ve Biyolojik Esasları), Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 75, Isparta.
- Yer, E. N., Ayan, S. (2011). Growth Stages of Bare Rooted Seedlings of Taurus Cedar and Anatolian Black Pine in Eskişehir Forest Nursery Conditions, *Journal of Forestry Faculty, Kastamonu University*, 11(2), 219-227.