

Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında Çam kese böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams) zararının ve mücadelesinin büyüme etkisi

The effect of damage and control of pine processionary moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams) on growth in Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations

Mustafa BATUR¹
Niyazi ÖZÇANKAYA¹
İkbal Meltem ÖZÇANKAYA²

¹ Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü, İzmir
² Emekli, İzmir

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Mustafa BATUR
mustafabatur01@ogm.gov.tr

Geliş tarihi (Received)

14.12.2023

Kabul Tarihi (Accepted)

26.02.2024

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Neşat ERKAN
nesaterkan@yahoo.com

Atf (To cite this article): BATUR, M., ÖZÇANKAYA, N., & ÖZÇANKAYA, İ. M. (t.y.). Kızılcım (*Pinus brutia*) ağaçlandırmalarında Çam keseböceği (*Thaumetopoea wilkinsoni*) zararının ve mücadelesinin büyüme etkisi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 11(1), 37-54. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1404816>



Creative Commons Atf -
Türetilmez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Çam kese böceği (ÇKB) tırtılı kızılçam ağaçlarının ibrelerini yiyerek ağaç sağlığına ve büyümesine bazı etkiler yapmaktadır. Özellikle genç kızılçam meşcerelerinde tırtılın zararları daha şiddetli görülmektedir. Bu çalışmanın konusu, ÇKB tırtılının genç kızılçam meşcerelerinde ağaçların artım ve büyümesine olan etkileridir. Bu etkiler iki deneme alanında ve üç farklı yiyim şiddetinde deneysel olarak incelenmiştir. Deneme ağaçları hafif, orta ve şiddetli olmak üzere üç yıl yiyime maruz bırakılmıştır. Kontrol grubu tamamen temizdir. Üçüncü yıl sonunda tüm ağaçlar tırtıldan temizlenerek iki yıl takip edilmiştir. Beşinci yılın sonunda deneme ağaçlarındaki yıllık ve dönemlik hacim artımları hesaplanmıştır. İşlem gruplarının son hacimleri ANCOVA (Kovaryans Analizi), hacim artım yüzdeleri ise ANOVA (Varyans Analizi) yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Farklı gruplar post-hoc testleri ile belirlenmiştir. Sonuç olarak; orta zarar şiddetindeki hacim artımında %27, yüksek zarar şiddetinde ise %35 hacim azalması belirlenmiştir. %33 üzerindeki zarar şiddetinin artım üzerinde önemli etkisi olduğu ve ÇKB ile mücadelenin artım yüzdelerini normale döndürdüğü sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Çam kese böceği, kızılçam, ağaçlandırma, artım büyüme

Abstract

The pine processionary moth (PPM) larvae feed on the needles of the Turkish red pine trees and have some effects on tree health and growth. The damage caused by the caterpillar is particularly more severe in young red pine stands. The subject of this study is the effects of the pine processionary caterpillar on the growth and yield of trees in young Turkish pine stands. These effects were investigated experimentally for three levels of caterpillar-caused damage in two sample areas. Sample trees were fed by the caterpillar at the three different damage levels in a controlled manner (no light, moderate, severe) for three years. The Control group was free from PPM. At the end of the 3rd year, all trees were cleared of the caterpillars and followed for the remaining two years. By the end of the 5th year, annual and seasonal volume increments of the trial trees were calculated. The final volumes of the treatment groups were compared using ANCOVA (Analysis of Covariance), while the volume increment percentages were compared using the ANOVA (Analysis of Variance) method. Different groups were determined with post-hoc tests. As a result, a 27% volume increase for moderate damage, while a 35% volume increase for severe damage was observed. It was concluded that the damage severity above 33% had a significant effect on the volume increment, and the control group without the pine processionary moth returned the increment percentages to normal levels.

Keywords: Pine processionary moth, Turkish red pine, plantation, increment and growth

1. Giriş

Kızılcım, Akdeniz iklim kuşasının sıcak ve kurak özelliklerine en iyi adapte olan orman ağacı türlerinden birisidir. Dünyada Akdeniz kuşağında yayılış gösteren kızılçım; ülkemizin Akdeniz Bölgesi'nde %47, Ege Bölgesi'nde %40, Marmara Bölgesi'nde %10 oranında yayılış göstermektedir (Neyişçi, 1987).

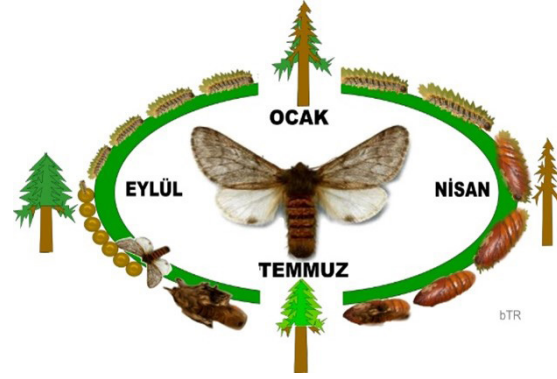
Son envanter verilerine göre kızılçım tür bazında alan olarak; 5,2 milyon ha ile ikinci, prodüktif (verimli) orman alanları içinde 3,5 milyon ha ile birinci sırada (OGM, 2021) yer almaktadır. Kızılcım, ağaçlandırma sahalarında I. bonitet ve 30 yaşında ha'da 15 m³'ü geçen artımıyla (Usta, 1991) hızlı gelişen ağaç türleri kapsamında ve endüstriyel ağaçlandırmalar içinde değerlendirilen en önemli türdür.

Birçok kaynakta Çam kese böceği (ÇKB)'nin Akdeniz Bölgesi'nde yayılış gösteren çam türleri için en önemli böcek zararı etmenlerinden biri olduğu belirtilmektedir (Cadağja ve ark., 1975; Salvato ve ark., 2002). ÇKB seyrek olarak görülen ağaç ölümlerine ve ciddi hacim artımı kayıplarına neden olmaktadır (Acatay, 1953; Avcı, 2000; Battisti ve ark., 1998; Buxton, 1983; Çanakçioğlu, 1983). Ülkemizde ÇKB, *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) ve *T. wilkinsoni* Tams türleri ile temsil edilir. Son zamanlarda iklim değişikliğinin de etkisiyle Avrupa'da yayılışını artarken, Kuzey Afrika, Ortadoğu ve Balkan ülkelerinde görüldüğü bilinmektedir (Tamburini ve ark. 2013; Robinet ve ark., 2014; DEFRA, 2015). Ülkemizde Akdeniz ve Ege başta olmak üzere Marmara ve Karadeniz bölgelerinde de görülür (Çanakçioğlu, 1983; Battisti ve ark., 2015). Tercih ettiği konukçular başta *Pinus brutia* olmak üzere, *P. pinaster*, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *P. pinea*, *P. halepensis* ve *Cedrus libani* türleridir (Avcı ve Uğurlu, 2002; Camarero ve ark., 2022; Arnaldo ve ark., 2010). Bir yıllık biyolojik döngüsündeki evreleri yumurta, tırtıl, pupa ve ergin güve şeklindedir (Avcı ve Uğurlu, 2002). Pupalardan diyapozaya girmemesi halinde en uzun evresi tırtıl evresidir. Pupaları toprak altında 8-9 yıl canlı kalabilir (Halperin, 1990a; Halperin, 1990b).

ÇKB tırtıl evresi ağacın ibrelerini yiyerek ağaçlarda ibre kaybına yol açar. Kimi zaman ibre kaybı %100'e ulaşırken meşcereler yangın geçirmiş bir görüntü alır (Avcı ve Uğurlu, 2002; Carus, 2004; Battisti ve ark., 2015; Erkan, 2018). Hatta ormancılık mesleğinde bu durumdan "dumansız yangın" olarak bahsedilir. Ancak, ÇKB ve ağaçlar arasındaki biyolojik ilişkide ağaçların tekrar sağlığına kavuşabilmesi için bir şans vardır. Kızılcımın biyolojisi ile ÇKB'nin yaşamsal döngüsü birbirine terstir. Sonbahara doğru genç tırtıllar yumurtadan

çıkarak. Sonbaharda tırtıllar henüz küçük olduğundan ağaca ciddi zarar vermezler. Kızılcım ağaçları kış mevsiminde vejetasyon dönemi dışında uykuya geçerken tırtılın beslenmesini artırdığı en aktif dönem başlar. ÇKB tırtılları kıştan bahar başlangıcına kadar büyümesini durduran ağaçların ibrelerini yiyerek beslenir (Lemonie, 1977; Çanakçioğlu, 1983; Can ve Özçankaya, 2003; Keleş ve ark., 2018).

Kış döneminde ağaçlarda büyüme faaliyeti durduğundan ibre ihtiyacı minimal düzeydedir. Tırtılların büyüdüğü ve ağaca en fazla zarar verdiği dönem ilkbahar başlarıdır. Mart-nisan aylarında tırtıllar son yiyimini yaparak pupa evresi için toprağa iner. İşte tam bu dönemde vejetasyon dönemi başlar, ağaçlar yeni sürgün ve ibreleriyle büyümeye geçer (Can ve Özçankaya, 2003; Battisti ve ark., 2015). ÇKB'nin tırtıl olarak yeniden ortaya çıkacağı eylül ayına kadar ağaçlar yeniden canlanır (Şekil 1).



Şekil 1. ÇKB'nin hayat döngüsü
Figure 1. The life cycle of the pine processionary moth (PPM)

Ağaçların ve ÇKB'nin hayat döngüsü birbirine ters olsa da ağaçlar açısından bir sorun vardır. Kızılcım ağaçlarının ibreleri çok yıllıktır (Boydak ve ark., 2006). Bilindiği gibi çam ağaçları üzerinde normalde 2-3 hatta 4 yıllık ibreler bulunur (Porte ve Loustau, 1997). Eğer bir ağaç %100 ibre kaybına uğramışsa artık sadece yeni çıkan bir yıllık ibreleriyle fotosentez yapmak zorundadır. Ağaçlar fotosentez organlarının azalması nedeniyle yeterli besin üretemez ve artım ve büyüme gerilemesi oluşur (Porte ve Loustau, 1997; 2016; Lemonie, 1977).

ÇKB'nin artım ve büyüme üzerine yaptığı etkiler farklı türler için daha önce de araştırma konusu olmuştur. ÇKB Türkiye'de yaklaşık 1.500.000 ha alanda zarar yapmakta olup, %60'a varan artım kayıplarına neden olduğu söylenmektedir (Çanakçioğlu ve Mol, 1998). Bazı çalışmalarda ibreleri yenen ağaçlarda yiyimin şiddetine göre değişik artım kayıpları görüldüğü belirtilmiştir. ÇKB'nin neden olduğu artım kayıplarının hesaplanması ile

ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde; zararın şiddetine göre genelde %10-70 arası artım kayıplarının olduğu belirtilmektedir (Carus, 2004; Kanat ve ark., 2005; Carus, 2009; Jacquet ve ark., 2012; Erkan, 2011; atal, 2011).

Kızılçam ormanlarının endüstriyel plantasyonlara konu olması, özellikle plantasyon sahalarında zarar yapan ÇKB'nin artıma olan olumsuz etkilerini daha da önemli hale getirmektedir.

KB sorunu devam ettiği sürece bu konu tartışmaya ve araştırmaya daima açık olacaktır. Tırtıl zararından sonra ağaçların hayatiyetini devam ettirip ettiremeyeceği, tırtılın ağaçların büyümesini ne kadar etkilediği ve yapılan mücadelenin işe yarayıp yaramadığı konularında hala tereddütler bulunmaktadır. Tırtılla mücadele ile geri kazanılan hacim artımının yapılan mücadele masrafını karşılayıp karşılamayacağı veya mücadelenin hangi durumda, ne zaman ve nasıl yapılacağı soruları karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, kızılçam ibrelerinin çok yıllık olması nedeniyle birkaç yıl üst üste olan zararlar da sarı yıllardaki artım ve büyümenin ne şekilde olacağı yeterince açıklanabilmiş değildir (Erkan, 2018). Bu çalışma bu soruların çözümüne odaklanarak uygulama birimlerinin daha tutarlı tahminlerle etkili kararlar almasına yardımcı olmak amacıyla hazırlanmıştır.

Türkiye'de ve dünyada KB zararı üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Bazı kaynaklarda ÇKB'nin Akdeniz Bölgesinde yayılış gösteren am türleri için en önemli böcek zararı etmenlerinden biri olduğu belirtilmektedir (Cadağja ve ark. 1975; Salvato ve ark., 2002). KB seyrek olarak görülen ağaç ölümlerine ve ciddi hacim artımı kayıplarına neden olmaktadır (Battisti ve ark., 1998; Buxton, 1983).

Bazı araştırmalarda ise ağaç türü farklı olsa da artım kayıplarının hesaplanması için benzer yöntemlerin kullanıldığı görülür. Ancak tüm bu çalışmalara rağmen ÇKB'nin kızılçam ormanlarındaki artım ve serveti ne kadar etkilediği konusundaki tartışmalar hiçbir zaman bitmemiştir. Önceki çalışmalarda eksikler olabileceği gibi her yeni çalışma yeni fikirleri de beraberinde getirmektedir. Ayrıca gelişen bilimsel altyapı, araştırmaların daha ayrıntılı yapılabilmesine, dolayısı ile sonuçların daha tutarlı olmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle konu aynı olsa da yeni fikirler ve metotlarla geliştirilerek tekrar tekrar ele alınmış ve alınmaya da devam etmektedir.

Avcı ve Altunışık (2016), Isparta ilinde 24 yaşındaki örnekler üzerinde yaptıkları çalışmada 2014-2017 periyodundaki %34,6 ile %58,3 arasında değişen kayıpların KB zararı nedeniyle olduğunu

tespit etmişlerdir. Adana yöresinde 7 yaşındaki bireyler üzerinde yapılan diğer bir çalışmada bireylerin 2/3 (%66) oranında çap-boy ve 3/4 (%75) oranında hacim kaybettikleri saptanmıştır (Babur, 2002). Batı Akdeniz Bölgesi'nde 27 yaşındaki kızılçam meşcerelerindeki KB epidemileri incelendiğinde hacim kayıpları orta grup için %38 iken yüksek grup için %52 tespit edilmiştir (Carus, 2004). Isparta ilinde atal (2011) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise salgın sonrası zarar gören ağaç gruplarının artımlarıyla kontrol grubu arasında önemli fark çıkmamıştır.

Jackuet ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada %5-25 arası yaprak ibre kaybı %20 artım kaybına neden olurken, %50'den fazla ibre kayıplarının %50 ve üzeri artım kaybına sebep olduğu gözlenmiştir. Artım kayıplarının yaşlı meşcerelerden genç meşcerelere doğru arttığı gözlenmiştir. Zonguldak ilindeki karaçam (*Pinus nigra*) meşcerelerinde yapılan bir çalışmada KB zararı olan ve olmayan meşcerelerin artımları arasında %95 güvenle fark olduğu ifade edilmiştir (Dal, 2007). Erkan (2011), Akdeniz Bölgesinde bulunan kızılçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada üç farklı zarar şiddeti için çap artım kayıplarını %55, %50, %35 ve hacim kayıplarını ise %44, %37, %17 olarak hesaplamıştır.

İbre kaybının yanında KB yoğunluğunun göstergesi olan kese sayısı da araştırma konuları arasındadır. Erkan 2018'de yaptığı çalışmada ibre kaybı ile artım kaybı arasındaki ilişkilerin anlamlı olduğu, ibre kaybı ile kese adedi arasındaki ilişkilerin ise anlamsız olduğu sonucuna varılmıştır). Yunanistan'da yapılan bir çalışmada orta şiddette zarar görmüş ağaçlarda %41-50, tamamen zarar görmüş ağaçlarda ise %54-64 oranında biyokütle kaybı olduğu belirtilmiştir (Markalas, 1998). Bazı çalışmalarda KB zararına bağlı artım kayıplarının silvikültürel bakım müdahaleleri ile düşürülebileceği belirtilmektedir (Kanat ve ark., 2005).

Daha önce yapılmış çalışmalar genellikle zarar gören ve görmeyen sahaların o yılki veya belli bir periyottaki artımlarının örneklenmesi yoluyla karşılaştırılması üzerine kurgulanmıştır.

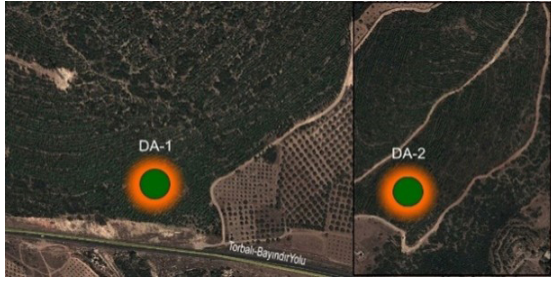
ÇKB'nin artım ve servet üzerindeki olumsuz etkileri daha önce birçok çalışmada araştırılmıştır. Bu araştırma çalışmalarında karşılaştırılan sahalardaki artım üzerine etkili diğer faktörlerin etkilerinin giderilmesi, örnekler veya denekler arasındaki başlangıç farklılıkları başlıca açmazlardır. Çalışmamızda bu açmazların azaltılmasına yönelik daha ayrıntılı bir deneysel tasarım kullanılmaya çalışılmıştır.

Ağaçlandırma sahalarındaki genç meşcerelerin materyal olarak seçilmesinin nedeni; böceğin en çok bu sahalarda epidemi yapması ve zarar şiddetini artırmasıdır. Bu araştırmada mevcut imkanların yetersizliğinden ve yöntemin zorluğundan dolayı değişik yaş ve bonitette farklı meşcereler denenememiş olsa da sonuçların farklı meşcereler için alınacak kararlara da yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, Gazie-



Şekil 2. Deneme alanlarının görünümü: sol) haritada, sağ) arazide
Figure 2. Views of the sample plots: left) on the map, right) at the trial site

1 nolu deneme alanı kurulum tarihinde 15; 2 nolu deneme alanı ise 13 yaşındadır. Deneme alanlarının kurulumu sırasında ölçülen deneme ağaçlarına

mir Orman İşletme Müdürlüğü, Torbalı Orman İşletme Şefliği, Taşkesik Mevkiinde yürütülmüştür. Bölgedeki kızılçam ağaçlandırmalarından II. bonitete sınıfında, Çzb3 meşcere tipinde iki adet deneme alanı seçilmiştir. Denemenin uygulaması için 30 deneme ve yaklaşık 1500 m² içinde toplam 120 deneme ağacı seçilmiştir. Bir deneme alanında 4 adet işleme ait 40 adet ağaç kullanılmış, kalan 20 ağaç tampon zon olarak temiz tutulmuştur.

Tırtıl geçişlerini kontrol etmek amacıyla Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü (İzmir) tarafından geliştirilen Ege-Trap (Parlak ve ark., 2018) yakalama tuzakları kullanılmıştır (Şekil 2).



ait çap ve boy değerlerine ait istatistikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Deneme alanlarındaki deneme ağaçlarının başlangıç istatistikleri
Table 1: Initial statistics of sample trees on sample plots

Deneme Alanı No	Kabuklu Çap (cm)				Boy (m)			
	Ort.	St. sp.	Max	Min	Ort.	St. sap.	Max	Min
1	10,32	1,17	11,9	8,00	6,28	0,62	7,35	5,06
2	13,99	1,00	9,5	5,60	4,52	0,57	5,55	3,90

2.2. Yöntem

2.2.1. Araştırmanın kurgulanması

Çalışma şu dört varsayım (H_0) üzerine kurulmuştur:

1. Kese yoğunluğu ile zarar şiddeti arasında ilişki yoktur.
2. Artım bakımından zarar şiddeti sınıfları arasında fark yoktur.
3. ÇKB kızılçam meşcerelerinde artım kaybına neden olmaz.
4. ÇKB ile mücadele edilerek sonraki yıllardaki artım kayıpları önlenemez.

Bu varsayımlara göre en iyi araştırma yönteminin deneysel yöntem olduğu kararlaştırılmış ve dene-

me alanlarına tesadüf parselleri uyarlanmıştır. Bu amaçla iki ayrı yerde iki adet deneme alanı kurulmuştur. Her bir deneme alanında 3 işlem ve 1 kontrol grubu ile her işlem için 10 tekrerr bulunmaktadı. İşlem grubundaki her bir deneme ağacı bir deneme parseli olarak kabul edilmiştir. Deneme alanlarının mevcut meşcerelerden seçilme zorunluluğu, uygulanacak işlemlerin zorluğu ve deneklerin çap ve hacim bakımından yakınlaştırılması için seçme zorunluluğu bulunmaktadır. Bu yüzden parsel dağıtımı kura ile yapılamadığından tam bir deneme deseni planı uygulanamamaktadır. Ancak deneme alanı seçilirken yetişme ortamı koşullarının tüm alanda aynı olmasına ve deneme ağaçlarının alana dağılmasına özen gösterilmiştir. Tekerrürlerin mümkün olduğunca rastgeleliği sağlayacak şekilde alana dağılmasına dikkat edilmiştir.

Varsayımların denetlenmesi amacıyla; A işlemi hafif (%1-33), B işlemi orta (%33-66) ve C işlemi şiddetli (%66-100) olmak üzere farklı zarar şiddetlerini içeren 3 işlem öngörülmüştür. Her deneme alanında bir işlem grubu için 10 tekerrür üzerinden toplam 30 ağaç seçilmiştir. 30 ağaç ise kontrol grubu olarak alınmıştır. Kontrol grubunda, meşcere ile işlem grupları arasında temiz bir zon oluşturmak, gerektiğinde içinden rastgele 10 kontrol ağacını seçebilmek ve süreç içerisinde kontrol dışı bulaşmaya maruz kalacak fertlerin olabileceği öngörülerek fazla sayıda (30 adet) alınmıştır.

Deneme alanları geçmişte sürekli ve yoğun olarak ÇKB zararına maruz kalan alanlardır. Her iki deneme alanının yetişme yeri özellikleri birbirine çok yakındır. Deneme alanlarının içindeki boniteti etkileyen toprak özellikleri ve eğim gibi faktörlerin eşit olmasına dikkat edilmiştir. Deneme alanlarındaki ağaçlar daha önce bakım yapıldığından en az 5 yıl boyunca serbest büyüyecek şekilde aralıktır. Deneme alanlarının kurulacağı meşcereler bir önceki yıl mekanik mücadele ile böcekten temizlenmiştir.

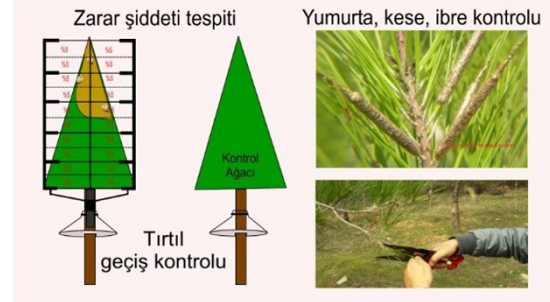
Deneme alanındaki tepe taçları birbirlerine yakın fertler ilerideki 5 yıllık süreçte serbest büyüebilmesi için aralanmıştır. Ağaçların alt kısmında bulunan kuru dallar temizlenmiş ve 2015 temmuz ayında kurulum yapılmıştır. Deneme alanı içindeki deneme ağaçları kabuklu göğüs çapı farkları en fazla 4 cm olmak üzere ve grupların dikili kabuklu hacimleri birbirine çok yakın olacak şekilde seçilmiştir. Ancak 5 yıl sonra deneme ağaçlarından artım kalemi ve kesit alınarak yapılan hesaplamalarda kabuksuz başlangıç hacimleri arasında fark olduğu belirlenmiştir. Bu durum istatistik değerlendirmelerde dikkate alınmıştır.

2.2.2. İşlemler ve yapılan ölçümler

Deneme ağaçlarında öngörülen zarar şiddetleri üç yıl boyunca sabit tutulmuş, son iki yıl ise tüm ağaçlar ÇKB'den tamamen temizlenerek hiç zarara uğratılmamıştır. Yiyim kontrolü için deneme alanları 10 günde bir kontrol edilmiş, civardaki zarar seviyesi ilerlemeleri baz alınarak farklı zamanlarda yumurta koçanları toplanmış ve keseler ilaçlanmıştır. İbre kaybının istenen oranlara ulaşması için önce kese nakli, yetmediği durumda ise makasla ibre kesimi yapılmıştır. 2015 Nisan ayında tüm işlem gruplarında hedeflenen ibre kaybı oranlarına ulaşılmıştır. Tirtillerin ağaçtan ağaca geçmemesi için tüm ağaçlara Ege-Trap tuzağı ters takılarak kullanılmıştır (Şekil 3).

Her bir ağaç 1'den 60'a kadar numaralandırılmıştır. 1-30 numaralı ağaçlar deneme grubu, 30-60 numara-

lı ağaçlar ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Tüm ağaçların çapları 1,30 m göğüs yüksekliğinden mm hassasiyetinde, boyları ise teleskopik boy ölçer ile cm hassasiyetinde ölçülmüştür. Ağaç çapları çift yönlü ölçülüp ortalamaları alınmıştır. Her grubun başlangıçtaki toplam kabuklu hacimleri 10 dm³ farka kadar yaklaştırılmıştır. Ağaçlara zarar verilmemesi esas olduğundan kabuk kalınlıkları alınmamıştır.



Şekil 3. Deneme alanlarında zarar şiddetinin kontrolü
Figure 3: Controlling the intensity of damage

Denemenin merkezine yakın 30 deneme ağacının alandaki konumu genel olarak baklava dilimi şeklini andırmakla beraber kenarlardan yan işlem gruplarıyla karışmaktadır. Bu da alandaki rastgeleliği kısmen de olsa sağlayarak bonitete etkili faktörleri dağıtmak için yapılmıştır. Her bir grup uğratılacak zarar şiddetlerine göre kırmızı (%0-33), mavi (%33-66) ve beyaz (%66-100) renklere boyanmıştır.

Ağustos ayında yüksek zarar şiddeti beklenen gruba koçan sayısı düşükse koçan takviyesi yapılmıştır. Eylül ayında ise tüm ağaçların gövdelerine Ege-Trap tirtil tuzaklarından takılmıştır. Zarar şiddeti oranları önceden hazırlanan bir ölçek ile periyodik kontrol edilmiştir. İstlenen zarar şiddetine ulaşan ağaçlar tirtildan temizlenmiş, ulaşmayanlara ise tirtil takviyesi yapılmıştır. Yumurta ve tirtil takviyesi ile istenen zarar şiddetine ulaşmayan deneme ağaçlarında ise mekanik olarak ibre kesimleri yapılmıştır. Kontrol ağaçları ise tamamen temiz tutulmuştur. Bu işlemler 3 yıl boyunca düzenli olarak tekrarlanmıştır. 4. ve 5. yıl ise deneme ağaçları dahil olmak üzere tüm ağaçlar temiz tutulmuştur.

Her yıl vejetasyon dönemi sonunda ağaçların boyları cm hassasiyetinde ölçülmüştür. 5. yıl sonunda deneme ağaçlarının 1,30 m göğüs yüksekliklerinde kabuklu çapın tam ortalamaya geldiği noktadan çift yönlü artım kalemi alınmıştır. Artım kalemleri, kumpas gövde çevresinde döndürülerek ortalama çapın tuttuğu ve kumpasın hareketli kolunun değdiği yerden alınmıştır. Artım kalemlerinde iyi

okunamayan yıllık halkalar için tekrar alana gidilerek ilgili ağaçlardan kesit alınmıştır. Artım kalemleri laboratuvara getirilerek ölçüm ve sayımları yapılmıştır. Halkaların yıllık kalınlıkları Digimazer programı ile ölçülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4. Yıllık halka ölçümlerinden örnekler
Figure 4. The samples of annual ring measurements

Deneme ağaçlarında gruplar için belirlenen ibre kaybı oranını tutturmak için kese, tırtıl ve ibre kontrolü yapıldığından kese sayısı-ibre zararı ilişkisinin ibrelere müdahale edilmemiş ağaçlarda da belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden kese sayısı ile ibre zararı ilişkisi 2 nolu deneme alanı dışındaki müdahale edilmeyen 30 ağaç üzerinde ayrıca incelenmiştir. Bu amaç için; deneme alanı dışından deneme ağaçlarının çap ve boy gelişimlerine benzer olan 30 ağaç rasgele seçilerek kese sayımı ve ibre kaybı oranı tespit edilmiştir. Bu tespit beslenmenin sonlarına doğru, tırtılların toprağa inmeden hemen önceki mart ayında yapılmıştır. Alandan rasgele alınan 5-6 kesenin ortalama büyüklüğü göz kararı tespit edilmiştir. Kese büyüklükleri bu ölçüye göre ortalamadan büyük veya küçük olarak değerlendirilmiştir. Büyük keseler iki, küçük keseler bir adet kabul edilerek kese sayıları ayrıca standardize edilmiştir. Boş keseler ise dikkate alınmamıştır.

İbre kaybı oranının tespitinde 20 hücreden oluşan ve yanlardan oransal olarak daralıp genişleyecek şekilde hazırlanan bir ölçek kullanılmıştır (Şekil 3). Ölçek, deneme ağacına uzaktan tutularak tepe tacının alttan ve üstten ölçeğe oturması sağlanmıştır. Dolu kare sayısı ağacın ölçekte kapladığı alanı, ibre kaybına rastlayan hücreler ise tırtılın zarar verdiği alanı gösterir. Ölçekteki her hücre ölçeğin $1/20 = 0,05$ oranındadır. Yani her hücre %5'i gösterir. Ancak ağacın tepe kısmı ölçeğin tamamını doldurmadığından önce ağacın tepesinin girdiği kısımlardaki hücreler sayılarak toplam hücre sayısı ağacın tepe alanı olarak kayda geçirilmiştir. Hücrelerdeki 1/4 doluluk oranları toplanıp bir hücreye tamamlanarak kaydedilmiştir. Aynı şekilde ibre kaybının olduğu hücreler de sayılarak ilgili formlara kaydedilmiştir.

2.2.3. Verilerin değerlendirilmesi

Kese sayısı ile zarar şiddeti arasında ilişki olup olmadığına Pearson Ki-kare (χ^2) testiyle bakılmıştır. Ayrıca kese sayısı ile ibre kaybı oranı (zarar şiddeti) regresyonel ilişkiye getirilerek yorumlanmıştır.

Hacim değerlerinin hesaplanmasında Alemdağ (1962) tarafından kızılçam ağaç türü için geliştirilen aşağıdaki gövde hacim denklemi kullanılmıştır.

$$V = 0,0428753 * (d_{1,30})^{2,054628} * (h)^{0,843735}$$

Denklemden, V : gövde hacmini (dm^3); $d_{1,30}$: göğüs çapını (cm) ve h : ağaç boyunu (m) simgeler.

Araştırma sonunda işlemler kabuksuz çaplar üzerinden değerlendirileceğinden başlangıçta her bir işlem grubu için hacmin mümkün olduğunca birbirine yakın olmasına çalışılmıştır. Ancak hacimlerin tam olarak birbirine eşitlenmesi mümkün değildir. 2015 yılı vejetasyon dönemi sonundaki ölçümler başlangıç ölçüleri olarak alınmıştır. İşlem grupları daha sonra istatistik analizlere tabi tutulmuştur.

Orman işletmelerinde verimin hesaplanmasında kullanılan en önemli parametrelerden birisi hacim artımı ve hacim artım yüzdesidir. Yıllık artım yüzdesi (P), yıllık artım (A) onu meydana getiren büyüklüğe (B) oranlanarak bulunur (Kalıpsız, 1984).

$$P = \frac{A}{B} 100$$

Ormancılık araştırmalarındaki artım değerlendirmelerinde hava hallerinin etkisini gidermek üzere cari artım yerine, yıllık periyodik ortalama artım ve artım yüzdesi kullanılmaktadır (Kalıpsız, 1984). Çalışmamızda, hacim artımları ve artım yüzdelere hesaplanmasında kullanılan çap değişkeni kabuksuz gövde kesitleri üzerinden ölçülmüştür. İşlem gruplarına ait 3 ve 2 yıllık artım yüzdelere hesaplanmıştır.

2.2.4. Artıma yönelik istatistik analizler için veri setinin oluşturulması

Hacim artımına yönelik değerlendirmeler için BREYMAN I formülünden faydalanılmıştır (Kalıpsız, 1984). İlk olarak, 2018 yılı vejetasyon dönemi sonunda hesaplanan hacim (V_s) değerlerinden, 2015 yılı vejetasyon dönemi sonundaki hacim (V_b) değerleri çıkarılarak işlemlerin uygulandığı 2016-2018 aralığındaki 3 yıllık periyoda ait periyodik cari hacim artımları ($\Delta V_p = V_s - V_b$) hesaplanmıştır. Artım değerleri onu oluşturan büyüklük olan 2015 vejetasyon dönemi sonu değerlerine bölünerek her bir değişken için periyodun artım yüzdesi (P_p) hesaplanmıştır. Periyodun artım yüzdesi üçe

bölünerek periyottaki ortalama yıllık hacim artım yüzdeleri (P_o) hesaplanmıştır.

$$P_o = \frac{100}{n} * \frac{(V_s - V_b)}{V_b}$$

Denklemden V_s : dönem sonu hacim, V_b : dönem başı hacim, ΔV_p : periyodik cari hacim artımı, P_p : periyot artım yüzdesi, P_o : yıllık ortalama hacim artım yüzdesi olarak gösterilmiştir.

Çap ve boy artımlarının hesaplanması için de aynı yöntem kullanılmıştır. 2019 ve 2020 yılındaki artım değerleri ve yüzdeleri ise aynı şekilde 2 yıllık periyoda göre hesaplanmıştır.

2.2.5. İstatistik testlerin belirlenmesi

Gruplar arasında kabuksuz denek hacimleri arasındaki başlangıç hacimlerinde önemli fark olabileceği tahmin edilerek, öncelikli olarak kovaryans analizi (ANCOVA) değerlendirilmiştir. İlk olarak, işlem gruplarındaki veri setlerine istatistik analizlerin gerektirdiği varsayım testleri yapılmıştır. İşlem gruplarındaki verilere başlangıç ve son hacim değerlerini esas alan ANCOVA, artım yüzdelere ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Grupların kendi aralarında karşılaştırılması için test varsayımlarına göre parametrik ve parametrik olmayan post-hoc (çoklu karşılaştırma) testlerinden faydalanılmıştır (Alpar, 2017, Genç ve Soysal 2018). Post-hoc testlerinin sonuçları yorumlanmıştır. Fark görülmesi durumunda son hacim değerlerinin ve artım yüzdelere aritmetik ortalamaları karşılaştırılarak aradaki fark yorumlanmıştır.

Denemelerde bağlı değişkene etki eden başka değişkenler var ise bunlar da başlangıç değeri olarak alınması gerekir (Kalıpsız, 1981; Şenoğlu ve Acıtaş, 2014). Hacim değişkeni çap ve boy değişkeni ile hesaplandığından çap ve boy değişkeninin periyot hacimlerine etkili olup olmadığına ayrıca bakılmamış ve ortak değişken (kontrol değişkeni) olarak başlangıç hacim değerleri yeterli görülmüştür.

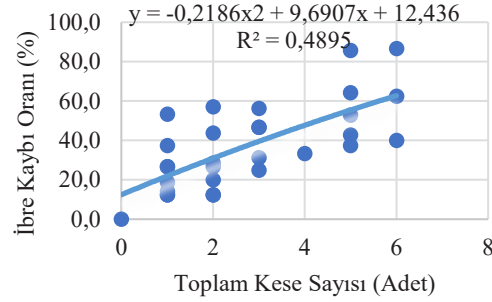
3. Bulgular

3.1. Zarar şiddeti ve kese yoğunluğu arasındaki ilişkiler

Zarar şiddeti (ibre kaybı oranı) ile kese yoğunluğu (sayısı) arasındaki ilişkiler deneme alanı dışında doğal seyrindeki bir alandan toplanan veriler üzerinden değerlendirilmiştir. Bu ilişki hem toplam kese sayısı üzerinden hem de standardize edilmiş kese sayıları üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan Ki-kare testlerinde yaprak kaybı oranı ile toplam kese sayısı arasında ($\chi^2(132) = 0,040, p < 0,05$) ve yaprak kaybı oranı ile standart kese sayısı ara-

sında ($\chi^2(198) = 0,016, p < 0,05$) ilişki olduğu saptanmıştır. İlişki şekli regresyon grafikleriyle değerlendirilmiştir. Bu amaçla elde edilen en yüksek R^2 değerleri ve eğrilerin trendleri yorumlanmaya çalışılmıştır. Elde edilen fonksiyonlar 2. dereceden birer polinomdur (Şekil 5 ve Şekil 6).

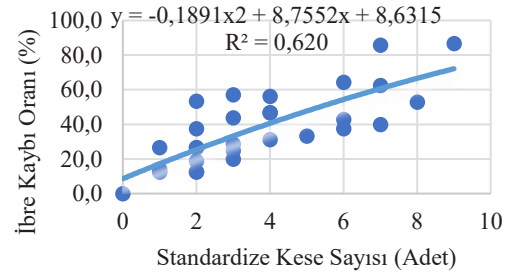
Toplam kese sayısı ile ibre kaybı oranı arasında $R^2 = 0,490$ düzeyinde bir ilişki bulunmaktadır. Toplam kese sayısı ve ibre kaybı arasındaki ilişki Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. İbre kaybı oranı ve toplam kese sayısı arasındaki ilişki

Figure 5. The relationship between the percentage of needle losses and total number of nest

Kese büyüklükleri standardize edildiğinde kese sayısı ile ibre kaybı oranı ilişkisinin arttığı ve $R^2 = 0,620$ seviyesine yükseldiği görülmekte, kese sayısı belli bir orana yükseldikten sonra besin azaldığından eğrinin eğiminin azaldığı izlenmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Standardize edilmiş kese sayısı ve ibre kaybı arasındaki ilişki

Figure 6. The relationship between the number of standardized nest and needle losses

3.2. İşlem gruplarının çalışma başında ve sonundaki ortalama çap, boy, hacim ve artım değerleri

Deneme alanlarında çalışmanın başında ve sonunda işlem gruplarına ait ortalama çap, boy, hacim ve artım yüzdelere ait değerler Ek: 1'de verilmiştir.

3.3. Hacim artımına yönelik analizler için veri yapısının incelenmesi ve test varsayımlarının denetlenmesi

Öngörülen test varsayımlarının karşılanıp karşılanmadığını belirlemek için grupların hacim verilerine kovaryans analizi için gerekli olan normallik, homojenite ve korelasyon testleri yapılmış ve regresyon eğrilerinin homojen olup olmadığına bakılmıştır (Alpar, 2017). Başlangıç hacim değerlerinde fark olup olmadığına tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile bakılmıştır. Başlangıç hacim değerleri ve grup varyansları homojendir ($p>0,05$).

Grupların başlangıç hacim ve periyot hacim artımı verilerine yapılan Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk normallik testlerinde, analize tabi tutulacak tüm verilerin gruplara normal dağıldığı görülmüştür ($p>0,05$).

İşlemlerden sonra gruplardaki hacim artımı ve

hacim artım yüzdelerine uygulanan homojenite testlerinde Levene istatistiği incelenmiştir. 1 nolu deneme alanının 3 yıllık periyoda ait grupta homojenite için okunan Levene istatistiği yetersiz bulunmuştur ($p<0,05$). Sadece bu grupta varyansların eşitliği sağlanamamıştır. İlerleyen bölümlerde bu durum dikkate alınarak yorum yapılmıştır. Diğer periyotlara ait işlem gruplarında normal dağılım ve varyansların homojenliği koşulu sağlanmıştır.

Kovaryans analizinin doğru sonuç vermesi bakımından kontrol değişkeni (başlangıç hacmi) ile bağımsız değişken (yenme oranı) oranı arasında ilişki olmamalı; ancak başlangıç ve son hacimler arasında ise ilişki olmalıdır. Bu ilişkileri ortaya koymak için bazı korelasyon testleri yapılmıştır. Gruplardaki deney ağaçlarında yenme oranı aynı olduğundan başlangıç hacimleriyle bir korelasyon yoktur. Yapılan analizler sonucunda, başlangıç ve son hacimler arasında yüksek korelasyon (R) tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. İşlem gruplarının başlangıç ve son hacim değerleri arasındaki korelasyon istatistikleri
Table 2. The correlation statistics between the initial and final volume values of the treatment groups

Gruplar	Korelasyon katsayıları			
	1 Nolu Deneme 3 yıllık periyot (r)	1 Nolu Deneme 2 yıllık periyot (r)	2 Nolu Deneme 3 yıllık periyot (r)	2 Nolu Deneme 2 yıllık periyot (r)
K	0,96	0,92	0,69	0,98
A	0,89	0,99	0,56	0,96
B	0,96	0,99	0,95	0,95
C	0,93	0,96	0,98	0,99

Grup içi regresyon eğrileri ortak değişken (*covariate*) ve gruplar arasındaki ilişki üzerinden incelenmiş ve regresyon eğimlerinin homojen/benzer ($p>0,05$) olduğu görülmüştür.

Grupların başlangıç hacim değerleri arasında farklılık olup olmadığına (ortak değişken fark testi) ANOVA ile bakılmış ve bazı grupların başlangıç değerlerinde farklılıklar olduğu ($p<0,05$) görülmüştür.

Buraya kadar yapılan ön istatistik değerlendirmelerden sonra, işlemlere ait hacim artımlarının ANCOVA ile karşılaştırılması gerektiği sonucuna varılmış; ayrıca hacim artım yüzdelerinin de ANOVA ile karşılaştırılmasına karar verilmiştir.

3.4. İşlemlere ait son hacimlerin karşılaştırılması

Kovaryans analizinde başlangıç hacimleri bağımsız ortak değişken olarak alınarak gruplardaki 3 ve 2 yıllık işlemler sonucunda oluşan hacim (bağımlı değişken) değerleri karşılaştırılmıştır. Kovaryans analizi sonuçları Ek: 2'de verilmiştir.

Kovaryans analiz sonuçlarında grupların varyans-

larının homojenliği/benzerliği için Levene istatistikleri, p (sign.) değerleri ve işlemlerin gruplara etkisini değerlendirmek için etki büyüklüğü (effect-size/partial eta squared) değerleri incelenmiştir.

3 yıllık işlemlerde etki büyüklüğü değerlerinin yüksek olmasından, işlemlerin grup hacimlerini önemli ölçüde etkilediği anlaşılmaktadır. Buna karşın son 2 yıllık deneme işlemlerinde tüm gruplara aynı işlem uygulanmış olup etki büyüklüğü değerleri 3 yıllık işlem gruplarına göre daha düşüktür. Etki büyüklüğü değerlerinin düşük olması işlem gruplarında hacim artımlarının birbirine benzer seviyede olduğunu göstermektedir.

İşlem gruplarının birbirlerinden olan farklılık düzeylerine Post-Hoc testlerinden Bonferroni testi ile bakılmıştır. 1 nolu deneme alanında Levene istatistiğinin $p<0,05$ olması nedeniyle bu grup ayrıca non-parametrik LSD ve SIDAK testleriyle de kontrol edilmiş ve sonuçların değişmediği gözlenmiştir. Post-Hoc test istatistikleri Ek: 3'te verilmiştir.

Ek: 3 incelendiğinde; * işareti olan hacim farklarının önemli olduğu görülmektedir. 3 yıllık periyotta farklı şiddette yenme oranına sahip gruplarda

hacim bakımından önemli farklar görülmektedir. Yenme oranının %33'ü geçmesi durumunda (B ve C işlemleri) hacim artımlarında önemli ölçüde kayıplar olduğu söylenebilir. Hatta A işlemi ile B ve C işlemleri arasında da fark vardır. Her iki deneme alanında da yenme oranı %1-33 olan A işlemi ile kontrol grubu arasında hacim farkının istatistik açıdan önemsenmeyecek düzeyde olduğu söylenebilir.

3.5. Artım yüzdelerinin karşılaştırılması

Kovaryans analizinde başlangıç hacimleri ortak değişken olarak alınarak gruplar arası farkın istatistik olarak ortaya konmasına karşın, bu kaybın miktar olarak ne kadar olacağını tahmin edilebilmesi bakımından artım yüzdelerinin incelenmesi gerekir. Bu sebeple işlemlerin yıllık ortalama artım yüzdeleri hesaplanmış ve istatistik olarak incelenmiş, sonuçların kovaryans analizi ile uyumuna bakılmıştır. Böylece kovaryans analizi sonuçlarının da bir sağlaması yapılmıştır.

Hacim artım yüzdesinin başlangıç değeri alınması, onu oluşturan hacme bağlı olarak üretilen bir oransal değer olması, başlangıçtaki çapların ve hacimlerin de birbirine yakın tutulması nedeniyle varyans analizi ile karşılaştırılabileceği düşünülmüştür. Denemede bir bağımlı (hacim artım yüzdesi), bir de bağımsız değişken (zarar şiddeti) ve toplam 4 farklı grup (zarar şiddeti seviyesi) bulunduğundan karşılaştırma için tek yönlü varyans analizinin kullanılmasına karar verilmiştir. Test varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığına yönelik normallik ve homojenite testleri daha önce yapılmış olmasına karşın, varyans analizi sırasında da tekrar inceleme yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarının istatistikleri Ek: 4'te verilmiştir.

Her bir deneme periyodu için grupların arasında fark olduğu tespit edildikten sonra test varsayımlarına göre post-hoc testleriyle ile hangi gruplar arasında fark olduğu incelenmiştir.

Gruplardan birinin kontrol grubu olması nedeniyle varyans analizinden sonra grupların karşılaştırılması için Dunnet çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. 1 nolu deneme alanının 3 yıllık periyodundaki grupların varyanslarının homojenliği (eşitliği) testlerinde, Levene istatistikinde p değerinin 0,05'ten küçük çıkması nedeniyle, bu denemede Tamhane testi uygulanmıştır. Her iki testin de aynı sonuçları verdiği görülmüştür. 2. deneme alanında ise Dunnet testi uygulanmıştır. Sonuçların kovaryans analizinden sonra yapılan testler ile benzer olduğu görülmüştür. Bunun üzerine artım kayıplarına yönelik sonuçlar tereddüt etmeden yorumlanabilmiştir. Post-hoc test sonuçları Ek: 5'te verilmiştir.

Ek: 5'te verilen post-hoc test sonuçları incelendiğinde 3 yıllık denemeler sonucunda kontrol işlemi ile A işlemi arasında önemli farklar oluşmazken, B ve C işlemleri ile K ve A işlemleri arasındaki çoğu karşılaştırmalarda önemli farkların oluştuğu görülmektedir. Bu sonuçlar ise kovaryans analizleriyle de paraleldir.

Sonuç olarak, zarar şiddeti %33'ü geçtiğinde artım yüzdelerindeki düşüşler önemli hale gelmektedir. Ek: 4'te verilen ANOVA istatistikleri incelendiğinde, son 2 yıllık işlem sonuçları işlemler arasında yıllık ortalama artım yüzdeleri bakımından fark olmadığı görülmektedir. Bu da ÇKB ile mücadele edilerek ağaçların temizlenmesi durumunda artımın kontrol grubuyla eşitlendiği anlamını taşımaktadır.

Yıllık halka incelemelerinden 10-15 yaşlarındaki deneme alanlarında, deneme süresince hacim artım yüzdeleri oldukça yüksek çıkmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Bir deneme ağacının hacim artımı
Figure 7. The volume increment of a sample tree

Hacim kaybı hesabı 3 yıllık deneme grupları için yapılmıştır. Yıllık ortalama hacim artım kaybı hesapları grupların toplam başlangıç (V_b) ve son (V_s) hacimleri üzerinden hesaplanmıştır. Grupların ÇKB etkili normal yıllık ortalama hacim artımları (IV_e), periyodik cari hacim artımı (IV_a) yıl sayısına bölünerek bulunmuştur. B ve C işlem gruplarının ÇKB etkisi olmadan ulaşacakları normal hacimler (V_n), kontrol grubunun ÇKB etkisiz hacim artım yüzdesi (P_{vk}) ile çarpılarak tahmin edilmiştir. İşlem gruplarındaki yıllık ortalama hacim kayıpları (ΔV_y), ÇKB etkisiz (IV_n) ve ÇKB etkili (IV_e) yıllık ortalama hacim artımlarının birbirinden çıkarılması ile bulunmuştur. Yıllık ortalama hacim artım kaybı (ΔP) ise yıllık ortalama hacim artımının normal hacim artımına oranının yüzde karşılığı olarak ifade edilmiştir.

Post-hoc testlerinde %0-%33 arasında ibre kaybı olan A işlemi ile kontrol arasında fark çıkmadığı için ($p>0,05$) bu zarar şiddetine ait hacim artım kaybı hesabı yapılmamıştır. Zarar şiddetine göre yıllık hacim artım kayıpları Tablo 3'de belirtildiği şekilde oluşmuştur.

Tablo 3. Hacim artım kaybı hesap tablosu
Table 3. The calculation table of volume increment loss

İşlem ve Zarar Şiddeti %	Başl. Hacmi (dm ³) (V _b)	Yıllık Ort. Hacim Art. % (P _v)	ÇKB Etkisiz Yıllık Ort. Hacim Artımı (IV _n =V _b *P _{vk})	ÇKB Etkili Yıllık Ort. Hacim Artımı (IV _n =ΔV _p /3)	Hacim Farkı (ΔV _v) IV _n -IV _p	Kayıp % (ΔP) (IV _n -IV _p)/IV _n *100
1 Nolu deneme alanında hesaplanan artım kayıpları						
K(0)	203,2	37,47	76,14653	-	-	-
A(0-33)	213,1	-	-	-	Önemsiz	Önemsiz
B(33-66)	173,4	25,80	64,97673	44,73284	20,24388	31
C(66-100)	211,3	23,26	79,16287	49,15408	30,00879	38
2 Nolu deneme alanında hesaplanan artım kayıpları						
K(0)	94,2	56,31	53,01865	-	-	-
A(0-33)	87,7	-	-	-	Önemsiz	Önemsiz
B(33-66)	100,4	40,97	56,529609	41,12978	15,39983	27
C(66-100)	91,3	36,63	51,405399	33,43953	17,96587	35

3.6. Deneme alanlarında bazı gözlemsel bulgular

Deneme alanlarında ÇKB zararı nedeniyle tamamen kuruma veya ölüm gözlenmemiştir. Ancak ibre kaybı yüksek olan ağaçların büyümede geri kaldığı ve cılızlaştığı gözle de fark edilebilmektedir. Konukçu ağaçta yaprak azaldığında tırtıllar başka bir ağaca geçebilmektedir. Tırtıllar büyüdükçe bazı keselerin terk edildiği tespit edilmiştir. Boş keselerin varlığı, tırtılların aynı ağaçtaki başka bir keseye ya da başka bir konukçuya gitmiş olmalarından kaynaklanabilir. İbreleri tamamen yenmiş ağaçlar, vejetasyon döneminde yeni oluşan 1 yaşlı ibreleriyle fotosenteze devam etmekte ve hayatiyetlerini sürdürmektedirler. Keseler güneş alan tarafta daha yoğun gözlenmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

ÇKB'nin zarar şiddetleri, zarar şiddetinin süresi, deneme ağaçlarının yaşları, bonitetleri ve ağaçların mücadeleden sonraki tepkileri gibi durumlar düşünüldüğünde araştırmanın desenlenmesiyle ilgili çok sayıda kombinasyon karşımıza çıkmaktadır. Bu kombinasyonların tamamının denenmesi mümkün değildir.

Bu çalışmada ise, özellikle zarar şiddetinin tam kontrol altına alınarak hem ÇKB etkisindeki periyottaki etki hem de ÇKB ile mücadeleden sonra oluşan duruma odaklanılarak özellikle mücadele eşiği konusunda yorum yapılmıştır.

Hacim artımı onu oluşturan büyüklüğe de bağlıdır. Bu yüzden bu gibi araştırmalarda hacim artım yüzdesinin (Kalıpsız, 1984) veya başlangıç değerlerinin ortak değişken olarak alındığı kovaryans analizinin kullanılması önerilmektedir (Alpar, 2017). Nitekim çalışmamızdaki başlangıç hacmi ve son hacim değerleri arasında yüksek kore-

lasyonlar saptanmıştır. Bu yüzden işlemlerin son hacim farkları öncelikle kovaryans analizi ile test edilmiş, ardından Post-Hoc testleriyle hangi grupların birbirinden farklı oldukları belirlenmiştir. İşlem gruplarının kovaryans analizi (ANCOVA) ile değerlendirilen hacim farkları, hacim artımı bakımından yorumlanmıştır. Bu analizlerle yetinilmemiş, ayrıca hacim artım yüzdeleri tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Her iki analiz sonuçlarının da birbirine benzer olduğu görülmüştür.

Bulgulara göre; kese sayısı ve ibre kaybı arasındaki ilişkiler incelendiğinde, kese sayısının arttıkça ibre kaybının, dolayısıyla zarar şiddetinin arttığı gözlenmektedir. Buna karşılık zarar şiddetindeki kese sayısı etkisinin kesenin büyüklüğü ile de ilgili olduğu söylenebilir. Büyük keselerin ortalama ya göre standardize edilmesinden sonra ilişkinin artması bunun kanıtıdır. Yapılan gözlemlere bağlı olarak, keselerin içindeki tırtıl sayıları da zarar şiddetinde etkili görünmektedir. Kese sayısı ve zarar şiddeti arasındaki doğrudan ilişkinin çok yüksek çıkmama sebebinin keselerdeki doluluk ve büyüklük oranlarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Zira standardize edilmiş kese sayıları ile zarar şiddeti arasındaki ilişki daha yüksek bulunmuştur.

Bilindiği gibi, ağaçların büyüme eğrileri bir S eğrisi şeklinde olup her yaş periyodundaki hacim artım hızları veya yüzdeleri aynı değildir (Kalıpsız, 1984). Kızılçamda 10-30 yaş arasında daha hızlı bir büyüme mevcuttur. Bu bakımdan ÇKB'nin ağaçlara verdiği zararın dönemi de etkilidir. Bu araştırmadaki ağaçların yaşları türün hızlı büyüdüğü döneme denk gelmektedir. Bu da çalışma sonuçlarının diğer dönemler için de geçerli olup olmayacağı tereddütünü getirir. Ancak her dönem için ayrı çalışmalar yapmak neredeyse mümkün değildir. Bunun yerine artım kaybının bir oran ola-

rak verilmesi, diğer dönemler için de yaklaşık bir tahmin üretilmesini mümkün kılacaktır.

Bulgular incelendiğinde, işlem gruplarının hacimlerine uygulanan kovaryans analizi ve hacim artım yüzdelere uygulanan ANOVA sonuçları ile tüm post-hoc testleri grupların ikiye ayrıldığını kanıtlamaktadır. ÇKB'den hiç zarar görmeyen K işlemi ve %33'e kadar ibre zararı gören A işlemi bir grup oluştururken, %33 üzeri ibre zararı gören B ve C işlemleri ayrı bir grup oluşturmakta ve aralarında önemli hacim artımı farkları ($p<0,05$) görülmektedir. 1. ve 2. deneme alanlarındaki hacim artımı kayıpları birbirine çok yakın sonuçlar vermiştir. Her iki deneme alanında da tamamen temiz olan kontrol grubu ile %1-33 yenme oranına sahip A işlemi, buna karşın yenme oranı %33-66 arası olan B işlemi ile yenme oranı %66 ve üzeri olan C işlemi birbirine yakın hacim artımlarına sahiptir. Bu sonuçlardan, artım kaybının önemli noktaya ulaştığı kritik ibre kaybı değerinin %33 olduğu söylenebilir. Bu istatistikî sonuç %33'lük ibre kaybının doğal koşullarda normal olduğunu ve meşceredeki artım kaybının tolere edilebildiği şeklinde de yorumlanabilir. Bu oran ÇKB ile mücadelenin ne zaman ve nasıl yapılması konusunda ipuçları vermektedir.

Çalışmanın sonuçlarına bağlı olarak bir zarar veya mücadele eşiğinden bahsetmek mümkündür. Ancak doğrudan zarar eşiğinden bahsetmek tartışmalı bir konudur. Çünkü zarar eşik değeri için zarar durumunun 0 olduğu ibre kaybı oranının net olarak bilinmesi gerekir. Oysaki; bir tırtıl bile ağaçta yiyim yaptığında küçük de olsa bir zarar oranı ortaya çıkar. Bu yüzden zarar eşiği kavramsal olarak tartışmalı bir terim olacaktır. Burada ekonomik bir zarar eşiğinden bahsetmek gerekir. Ekonomik zarar seviyesi ise bir zararlının ekonomik zarara neden olan en düşük popülasyon yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır (Öncüer, 1995). Buna bağlı olarak, ekonomik zarar eşiği bir zararlının ekonomik olarak üretilen bitki üzerinde bulunabileceği en düşük yoğunluktur. Bu eşik zararlıya karşı uygulanacak savaşın ekonomisi ve özellikle türlerin doğada varlıklarının korunması, dolayısı ile doğal dengenin korunması bakımından önemlidir. Bu popülasyon yoğunluğunda savaş için yapılan harcama ile savaş sonucu elde edilen artı ürünün değeri birbirine eşittir (Öncüer, 1995). Buradan hareketle, istatistikî olarak %95 güvenle tespit edilemeyen artım kaybına karşılık gelen ibre kaybı oranı ekonomik olarak da önemsenmeyecek bir değer olarak kabul edilebilir. Ancak, tam bir ekonomik analiz yapılmadığından bu konudaki ekonomik göstergeler yetersizdir. Bu durumda sadece artım kaybına bağlı ÇKB'ye özel bir Mücadele Eşiği kavramından bahsedilebilir. Bu yüzden istatistik olarak fark tespit

edilemeyen oranın, mücadele eşiği olarak kabul ve ifade edilmesinde bir mahzur yoktur. Bu eşik OGM'ndeki uygulamacıların mücadeleye karar vermesinde yararlı olacaktır. Ekonomik mücadele eşiğindeki başabaş noktası ise meşcerenin artımın büyüklüğüne göre değişkenlik gösterir. Zira meşcerede artım kaybı ne kadar büyük ise mücadele yoğunluğu ve masrafı da o kadar artırılabilir.

Yapılan denemelere göre mücadele eşiği, artım farkının tespit edilemediği %33'lük ibre kaybı oranıdır. Ancak bu tespit, sene sonunda tırtılın son yiyimini yapmasıyla görülebilir. Önceden tahmin etmek için ise yumurta koçanı veya kese sayılarına bakmak gerekir. Denemelerde %33 mücadele eşiğinin karşılığı yaklaşık 3 yumurta koçanı veya kesedir (Şekil 5 ve Şekil 6). Genç bir kızılçam meşceresinde ağaç başına 3 ve daha fazla yumurta koçanı veya kese mevcutsa yumurta toplama, kese toplama veya kimyasal mücadele kararı verilebilir. Altındaki değerlerde ise sadece biyolojik mücadele ile yetinilebilir.

1. deneme alanı sonuçları ile 2. deneme alanı sonuçları birbirine yakın ve uyumlu çıkmıştır. Ancak, istatistikî testlerde hem grup hacimlerine uygulanan kovaryans analizlerinde hem de artım yüzdelere uygulanan varyans analizlerinde 1. deneme alanındaki grup varyanslarının eşitliğini gösteren Levene istatistikinde test varsayımı karşılanamamıştır. Ayrıca, 2. deneme alanındaki grupların başlangıç verileri çap, boy ve hacim değerleri bakımından birbirine daha yakındır. Bu nedenle tüm varsayımları karşılayan 2. deneme alanı sonuçlarının kullanılmasının daha güvenilir olacağı düşünülmüştür. Bu durumda %33 ibre kaybı önemli bir hacim kaybına neden olmaz iken, %33-66 oranındaki orta seviyedeki ibre kaybı oranı %27, %66'dan daha fazla ibre kaybının olduğu durumda ise %35 oranında yıllık hacim kaybına neden olduğu görülmektedir.

Bu konuda yapılan araştırma sonuçları birbirine yakın sonuçlar vermiş olsa da, her çalışma değişik şartlar altında ve farklı değerlendirme yöntemleriyle yapılmıştır. Bu yüzden her bir çalışma farklı hata kaynaklarına sahiptir. Bu nedenle uygulamacılar için çok net sonuçlar vermek oldukça güçtür (Tablo 4).

Diğer tartışmalı bir konu ise ÇKB zararının takip eden yıllardaki hacim artımına olan etkidir. Geçmiş çalışmaların çoğunda net bir rakam verilmeyle birlikte, artıma olan olumsuz etkinin bazı kaynaklarda 2-3 yıl (Avcı ve Altunışık, 2016), bazı kaynaklarda ise 5 yıl kadar sürdüğü (Çatal, 2011) bildirilmektedir. Bu çalışmada ise işlem gruplarındaki son 2 yılda ÇKB'nin tamamen temizlenmesi durumunda işlem gruplarındaki hacim artımı fark-

Tablo 4. ÇKB'nin kızılçam meşcerelerinde neden olduğu artım kayıplarına yönelik araştırmaların karşılaştırılması
 Tablo 4. Comparison of the studies on the calculation of increment losses caused by PPM in Turkish red pine stands

Kaynak	Çalışılan zarar şiddeti	Yöntem	Yaş/ üst boy (m)	Bonitet sınıfı.	Meşcere kökeni	Çap (cm)	Çap artım kaybı (%)	Hacim artım kaybı (%)
Babur, 2002	Böcekli/böceksiz	Örnekleme	7/1-4	-	Ağaçl.	1,6	66	%75
Carus, 2004	Orta (%15-25) Yüksek (%25-40)	Örnekleme	27/7,7	III	Ağaçl.	17	2-12 0-18	16-38 24-52
Kanat ve ark., 2005	>%66	Deneme	25-35/ 12	-	-	13-19	21	-
Çatal, 2011	Orta (%15-25) Yüksek (%25-40)	Örnekleme	27/7,7	III	Ağaçl.	20,49	-	-
Kanat ve ark., 2010	-	Deneme	Karışık	Hepsi	Doğal	-	12	-
Erkan, 2011	Az	Örnekleme	16/21	I	-	14-16	-	17
	Orta		17/22					37
	Yoğun		30/13					44
Batur ve ark., 2022	Az (%0-33)	Deneme	13/7,3	II	Ağaçl.	16,2 14,3	-	Önemsiz
	Orta (%33-66)		10/5,5					27
	Yüksek(>%66)							35

larının ortadan kalktığı söylenebilir. Zira, 2 yıllık işlem sonuçlarındaki hacim farkı veya artım yüzdesi karşılaştırmalarında gruplar arası istatistik olarak anlamlı fark ($p>0,05$) bulunmamaktadır (Bölüm 3.4.2 ve Ekler 2-55). ÇKB tamamen temizlenirse ağaçların artım yüzdeleri de normale dönmektedir. Ancak, artım yüzdelerinin hesabında başlangıç hacmi esas alındığından artım miktarında ağacın zarar gördüğü yıla karşılık gelen artım kaybı kadar bir kayıp olacağından büyüme de o kadar geriden gelecektir.

ÇKB'nin hektar bazında neden olacağı hacim artım kayıpları mücadele için yapılacak masrafların değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Çünkü fayda/masraf değerlendirmesi bu şekilde yapılabilir. Bunun için mevcut hasılat tablolarındaki optimal meşcerenin yıllık artımları veya amenajman planlarındaki meşcere artımları kullanılabilir. Yıllık artımlar burada verilen artım kaybı oranı ile çarpıldığında hektar bazında odun üretimi kaybı hesaplanabilir. Ancak bu araştırmada verilen değerler ortalama bonitet ve 10-20 yaş aralığındaki kızılçam meşcereleri içindir. Diğer bonitet ve yaşta kiler kısmen hatalı olsa da yorumlanabilir olacaktır. Hesaplanan hacim kaybı, ürünün ortalama m^3 fiyatlarıyla çarpıldığında ekonomik kayıp ortaya çıkar. Uygulamacı bu kaybı ve yapacağı mücadele masraflarını karşılaştırarak bir karar verebilir.

ÇKB ile mücadele için önce oluşan veya oluşabilecek ibre zararının seviyesi tespit edilmesi gerekir. Bunun için sahada sürekli gözlem yapılmalıdır. Mücadele için %33 ibre kaybı mücadele eşiği olarak alınmalıdır. ÇKB zararı başlamadan eşiğin geçilip geçilmeyeceğine ağaçlardaki yu-

murta koçanları sayılarak başlanabilir. Yumurta koçanlarının birer keseye düşünüleceği varsayıldığında, ağaç başına ortalama yumurta koçanı sayısı 2'yi geçiyor ise mücadele kararı verilmelidir. Öncelikle boyu 2,5-3,0 m'ye kadar olan meşcerelerde yumurta koçanları toplanabilir. Eğer meşcere boyu 3,0 m'yi geçmiş ise yumurta koçanlarının yüksekliği elle toplama mesafesini aşacağı için tırtıllar büyümeden mekanik kese toplama mücadelesi yapılabilir. Kese mücadelesi erken dönemde yapılmalıdır. Ancak, yumurtadan çıkışlar uzayabildiğinden, sahaya tekrar tekrar girmek için çıkışların bitmesinden sonra yapılmasında fayda vardır.

Kimyasal mücadele günümüzde doğaya olan olumsuz etkilerinden dolayı genellikle önerilmemektedir. Ancak, keseler ve tırtıllar çok küçükken bir püskül yardımıyla keselere hafif zehirli ilaç değiştirilmesi tırtılların akut ölümüne yol açmaktadır. Bu dönemde sadece keseye dokundurulan zirai ilaçla çok sayıda tırtıl hızla itlaf edilmiştir. Bu durum tarafımızdan deneme alanlarındaki tırtılların yoğunluk dengesini sağlarken deneyimlenmiştir.

Eğer ÇKB zararı mücadele eşiğinden daha az ise sadece biyolojik mücadele ile yetinmek doğru olacaktır.

Biyolojik mücadele dışında mücadele yapılmaması yerlerde geçmiş yılların bilgisi dahilinde, genel olarak nisan ayında ve yaprak kaybı %33'ü geçmiyorsa biyolojik mücadele dışındaki mücadeleye gerek yoktur.

Kışın sert geçtiği yerlerde yumurta koçanı sayısı mücadele eşiğini geçmiyorsa mücadeleye gerek yoktur. Düşük bonitetli yerlerde mücadele kararı

meşçerenin artımına bakarak fayda/masraf durumuna göre verilmelidir.

Mesire yeri, tohum bahçesi, tohum meşçeresi veya verimi yüksek endüstriyel ağaçlandırmalarda mücadele eşiğine bakılmadan etkin mücadele edilmelidir. Yine yörenin geçmişte ÇKB epidemisi hikayesi bulunuyorsa mücadele eşiğine bakılmadan mücadele kararı verilebilir.

ÇKB pupaları toprak altında 8-9 yıl kadar kalabildiğinden popülasyonun tamamen ortadan kaldırılması mümkün görünmemektedir. Bu yüzden aynı zamanda pupa dönemine yönelik mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi de önemlidir.

ÇKB ile mücadelede tam başarıya ulaşmak kaydıyla, meşçerede gerçekleşecek artım kaybının parasal değerine kadar mücadele masrafı yapılabilir. Çünkü, mücadele masrafı artım kaybı değerine eşit olsa bile, yapılan masraf artım kaybının önlenmesi ile geri kazanılırken mücadele karşılığı olarak iş hizmetleri için yerel halka ödenecek ücretler ülke ekonomisine kazandırılmış olacaktır.

Bu çalışmanın, ÇKB'nin etkili olduğu genç kızılçam meşçereleri ve orta bonitetler için artım kayıplarına yönelik yeterince bilgiyi ürettiği düşünülmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda ise artım kayıplarının yaş ve bonitetlere göre nasıl değiştiği ve mücadele kararında etkili olabilecek ayrıntılı ekonomik analizlerin yapılması hedeflenmelidir.

Teşekkür

Bu makale; OGM Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2015–2022 yılları arasında yine bu makalenin yazarları tarafından yürütülen 15.3203/2015-2021-22 numaralı “Kızılçam (*Pinus brutia*) Ağaçlandırmalarında Çam Keseböceği (*Thaumetopoea wilkinsoni*) Zararının ve Mücadelesinin Büyümeye Etkisi” adlı araştırma projesinin sonuç raporundan hazırlanmıştır.

Yazar Katkıları

Anafikir/Planlama - M. Batur, İ.M. Özçankaya, Veri toplama/İşleme - M. Batur, N. Özçankaya, Veri analizi ve Yorumlama - M. Batur, İ.M. Özçankaya, N. Özçankaya, Literatür taraması - M. Batur, M. Özçankaya, Yazım - M. Batur, Gözden geçirme ve düzeltme - İ.M. Özçankaya, N. Özçankaya

Kaynaklar

Acatay, A., 1953. Çam keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.= *T. wilkinsoni* Tams.) hakkında araştırmalar ve adalardaki mücadelesi. *İstanbul Üniv. Orman*

Fakültesi Dergisi 3(1-2): 29-47

Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları. Ormanlık Arş. Enst. Teknik Bülten No: 11. Ankara

Arnaldo, P.S., Chacim S., Lopes D., 2010. Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal, *Forest Biogeosciences and Forestry*, 3, pp:159-162, Doi: 10.3832/for0553-003

Alpar, R., 2017. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Yöntemler, Detay Yayınları. 5. Baskı. Yayın No: 49, ISBN: 978-605-5437-42-8, - Ankara.

Avcı, M., Altunışık, A., 2016. Isparta çam ormanlarında Çam keseböceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, 1926) (Lep.: Notodontidae) zararının artım üzerine etkisi, *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 6(3): 231-244, Doi: <http://dx.doi.org/10.16969/teb.29367>

Avcı, M., 2000. Türkiye'nin farklı bölgelerinde *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) (Lep.: Thaumetopoeidae)'nin yumurta koçanlarının yapısı, parazitlenme ve yumurta bırakma davranışları üzerine araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 24 (3): 167-178

Avcı, M., Uğurlu, İ., 2002. Göller Bölgesi Çam Ormanlarında Çam Keseböceği (*Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.): Önemi, Biyolojisi ve Doğal Düşmanları. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 24-25 Nisan 2022, Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı s: 28-36

Babur, H., 2002. *Thaumetopoea wilkinsoni* (Schiff.)'nin Çam Gençliğinde Zarar Miktarı. Ülkemiz Ormanlarında Çam Keseböceği Sorunu ve Çözüm Önerileri Sepozyumu 24-25 Nisan 2022, Kahramanmaraş. Bildiriler Kitabı. s. 29-36

Battisti, A., Longo, S., Tiberi, R., Triggiani, O., 1998. Results and perspectives in the use of *Bacillus thuringiensis* Berl. var. *kurstaki* and other pathogens against *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.) in Italy (Lep., Thaumetopoeidae), *Anz. Schadlingskunde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*. 71(4): 72. ISSN: 0340-7330

Battisti, A., Avcı, M., Avtızis, D.N., Zamoum, M., 2015. Natural History of the Processionary Moths (*Thaumetopoea spp.*) New Insights in Relation to Climate Change. *In.*, Processionary Moths and Climate Change: An Update (Roques, A.: ed.). Springer, p.15-81, Doi:10.1007/978-94-017-9340-7_2

Batur, M., Özçankaya, N., Özçankaya, İ.M., 2022. Kızılçam (*Pinus brutia*) Kızılçam ağaçlandırmalarında çam keseböceği (*Thaumetopoea wilkinsoni*) zararının ve mücadelesinin büyümeye etkisi, Proje sonuç raporu, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü, İzmir.

Boydak, M., Dirik, H., Çalikoğlu, M., 2006. Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Biyolojisi ve Silvikültürü, OGEM-Vak yayınları, ISBN: 975-9343-4-0, Ankara

Buxton, R.D., 1983. Forest management and Pine pro-

- cessionary moth, *Outlook on Agriculture*, 12(1): 34-39. Pergamon Pres., Britain
- Cadahia, D., Enríguez, L., Sanchez, A., 1975. Sexual attraction in *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., *Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitosanitaria*. 1: 1-11 (in Spanish)
- Camarero, J.J., Tardif, J., Gazol, A., Conciatori, F., 2022. Pine processionary moth outbreaks cause longer growth legacies than drought and linked to the North Atlantic Oscillation. *Science of the Total Environment*. 819 (1 May 2022) 153041
- Can, P., Özçankaya, İ.M., 2003. Ege Bölgesi Ağaçlandırma Alanlarında Çam Kese Böceği (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) yumurta Parazitotlerinin Belirlenmesi, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 22, İzmir
- Carus, S., 2004. Impact of defoliation by the Processionary moth (*Thaumetopoea wilkinsoni*) on radial, height and volume growth of Calabrian pine (*Pinus brutia*) trees in Turkey, *Phytoparasitica*, 32 (5): 459-469
- Carus, S., 2009. Effects of defoliation caused by the processionary moth on growth of Crimean pines in western Turkey. *Phytoparasitica*, 37(2): 105-114
- Çanakçıoğlu, H., 1983. Orman Entomolojisi: Özel Bölüm. , İstanbul Üniv. Yayın No: 3152, Orman Fak. Yayın No: 349. İstanbul
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1998. Oman Entomolojisi (Genel Bölüm). İstanbul Üniv. Yayın No: 4155. Orman Fak. Yayın No: 455, İstanbul
- Çatal, Y., 2011. The effects of pine processionary moth (PPM) defoliation degree on radial growth of brutian pine (*Pinus brutia*). *African Journal of Agricultural Research* 6(21): 4931-4936, Doi:10.5897/AJAR11.551
- Dal, İ., 2007. Çam Keseböceğinin (*Thaumetopoea pityocampa* Den. ve Schiff) Ulus Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme Üzerine Etkisi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Bartın
- DEFRA, 2015. Department for Environment, Food and Rural Affairs (defra.gov.uk). Rapid Pest Risk Analysis (PRA) for *Thaumetopoea pityocampa*, planthealthportal.defra.gov.uk/pests-and-diseases/uk-plant-health-risk-register/downloadExternalPra.cfm?id=4430 (Ziyaret tarihi: 19.12.2023?).
- Erkan, N., 2011. Impact of pine processionary moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams) on growth of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.). *African Journal of Agricultural Research* 6(21), ISSN: 1991-637X
- Erkan, N., 2018. Çam kese böceği (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams) zararının kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) büyümesi üzerindeki etkisinin beş yıllık sonuçları. *Ormancılık Araştırma Dergisi* 5(2): 135-142. Doi:10.17568/ogmoad.430501
- Genç, S., Soysal, M.İ.-H., 2018. Parametrik ve parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri. *Black Sea Journal of Engineering and Science* 1(1): 18-27
- Halperin, J., 1990a. Natural enemies of *Thaumetopoea* spp. (Lep. Thaumetopoeidae) in Israel. *Journal of Applied Entomology* 109(1-5): 425-435-
- Halperin, J., 1990b. Life history of *Thaumetopoea* spp. (Lep., Thaumetopoeidae) in Israel. *Journal of Applied Entomology* 110(1-5): 1-6-
- Jacquet, J.S., Orazio, C., Jactel, H., 2012. Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: A quantitative review, *Annals of Forest Science* 69(8)
- Kalıpsız, A., 1981. İstatistik Yöntemler, İstanbul Üniv. Yayın No: 2837, Orman Fakültesi Yayın No: 294, İstanbul
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İstanbul Üniv. Yayın No: 3194. Orman Fakültesi Yayın No: 354, İstanbul
- Kanat, M., Alma, M.H., Sivrikaya, F., 2005. Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *Pinus brutia* Ten. in Turkey. *Annals of Forest Science* 62(1): 1-4
- Kanat, M., Bozalı, N., Köse, H., 2010. Çam Keseböceğinin Çap ve Boy Artımına Etkisinin Araştırılması. *Kastamonu Üniv. Orman Fak. Der.* 10 (1): 27-36-
- Keleş, C., Voyvot, S., Bilgili, E., 2018. Çam kese böceği *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams, 1924 (Lepidoptera: Notodontidae) kompleksi'nin yumurta koçan yapısı, yumurta sayısı ve tırtıl çıkış oranı. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi ENFİTO 2018 Özel Sayısı*, 1-7, Doi: 10.21324/dacd.446545
- Lemonie, B., 1977. Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. au Pin maritime dans les Landes de Gascogne. *Annals of Forest Science* 34 (3): 205-214-
- Markalas, S., 1998. Biomass Production of *Pinus pinaster* after Defoliation by the Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). In: Population Dynamics, Impacts and Integrated Management of Forest Defoliating Insects (McManus, M.L., Liebhold, A.M.: eds), USDA Forest Service, Northeastern Research Station. General Technical Report, NE-247-
- Neyişçi, T., 1987. Kızılçamın Ekolojisi. Kızılçam El Kitabı. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayınlar Serisi: 52, El Kitabı Serisi No: 2, s23-56 Ankara
- OGM, 2021. Orman Genel Müdürlüğü. Ormancılık İstatistikleri. ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler, (Ziyaret tarihi: 15.02.2022)
- Oliveira, P.S., Chacim, S., Lopes, D.M., 2010. Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. *iForest Biogeosci-*

ences and Forestry 3(1): 159-162, Doi:10.3832/ifor0553-003

Öncüer, C., 1995. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları, 3. Baskı. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fak. Yayını. Aydın

Parlak, S., Özçankaya, İ.M., Batur, M., Akkaş, M.E., Boza, Z., Toprak, Ö., 2018. Efficiency of funnel traps in controlling pine processionary moth. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125: 539–548. Doi: 10.1007/s41348-018-0182-4

Porte, A., Loustau, D., 1997. Variability of the photosynthetic characteristics of mature needles within the crown of a 25-year-old *Pinus pinaster*. *Tree Physiology* 18(4): 223-232

Robinet, C., Rousselet, J., Roques, A., 2014. Potential spread of the pine processionary moth in France: Preliminary results from a simulation model and future challenges. *Annals of Forest Science* 71(Sup.2): 149-160.

Doi:10.1007/s13595-013-0287-7

Salvato, P., Battisti, A., Concato, S., Masutti, L., Patarrello, T., Zane, L., 2002. Genetic differentiation in the winter pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa wilkinsoni* complex), inferred by AFLP and mitochondrial DNA markers. *Molecular Ecol.* 11(11):2435-44. Doi: 10.1046/j.1365-294x.2002.01631.x

Şenoğlu, B., Acıtaş, Ş., 2014. İstatiksel Deneş Tasarımı, Sabit Etkili Modeller. Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 978 6051333 043

Tamburini, G., Marini, L., Hellrigl, K., Salvadori, C., Battisti, A., 2013. Effects of climate and density-dependent factors on population dynamics of the pine processionary moth in the Southern Alps. *Climatic Change* 121(4): 701–712-

Usta, H.Z., 1991. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten) Ağaçlandırmalarında Hasılat Araştırmaları, Ormancılık Arş. Enst. Teknik Bülten No: 219. Ankara

EKLER

Ek 1. Deneme alanlarına ait ortalama çap, boy, hacim ve artım değerleri
Annex 1. The average diameter, height, volume, and increment values of the sample plots

1 NOLU DENEME ALANI						
3 Yıllık Periyot İçin Ortalama Çap Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2015 vej. sonu) (cm)	Bitiş (2018 vej. sonu) (cm)	Toplam Artım (cm)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	9,29	12,06	2,77	9,95	0
A	1-33	9,40	12,20	2,80	9,92	-0,02
B	33-66	8,83	10,85	2,02	7,62	-2,32
C	66-100	9,41	11,31	1,90	6,74	-3,20
3 Yıllık Periyot İçin Ortalama Boy Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2015 vej. sonu) (m)	Bitiş (2018 vej. sonu) (m)	Toplam Artım (m)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	6,38	8,17	1,79	9,36	0
A	1-33	6,22	7,64	1,42	7,62	-1,74
B	33-66	5,94	7,09	1,140	6,41	-2,94
C	66-100	6,550	7,790	1,240	6,29	-3,07
3 Yıllık Periyot İçin Ortalama Hacim Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2015 vej. sonu) (dm ³)	Bitiş (2018 vej. Sonu) (dm ³)	Toplam Artım (dm ³)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	20,32	42,71	22,39	36,73	0
A	1-33	21,31	41,70	20,39	31,89	-4,84
B	33-66	17,34	30,77	13,43	25,82	-10,9
C	66-100	21,13	35,70	14,57	22,98	-13,7
2 Yıllık Periyot İçin Ortalama Çap Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2018 vej. sonu) (cm)	Bitiş (2020 vej. sonu) (cm)	Toplam Artım (cm)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	12,06	14,44	2,38	6,59	0
A	1-33	12,20	14,46	2,26	6,18	-0,41
B	33-66	10,85	13,04	2,19	6,73	+0,14
C	66-100	11,31	13,64	2,33	6,85	+0,26

Ek 1. Deneme alanlarına ait ortalama çap, boy, hacim ve artım değerleri (devam)
Annex 1. ...(continued)

2 Yıllık Periyot İçin Ortalama Boy Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2018 vej. sonu) (m)	Bitiş (2020 vej. sonu) (m)	Toplam Artım (m)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	8,17	9,72	1,55	6,35	0
A	1-33	7,64	9,24	1,60	7,00	+0,65
B	33-66	7,09	8,71	1,62	7,65	+1,30
C	66-100	7,79	9,12	1,33	5,70	-0,65

2 Yıllık Periyot İçin Ortalama Hacim Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2018 vej. sonu) (dm ³)	Bitiş (2020 vej. sonu) (dm ³)	Toplam Artım (dm ³)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	42,71	71,41	28,70	22,40	0
A	1-33	41,70	70,07	28,37	22,68	+0,28
B	33-66	30,77	53,39	22,62	24,50	+2,11
C	66-100	35,70	59,92	24,22	22,61	+0,22

2 NOLU DENEME ALANI						
3 Yıllık Periyot İçin Ortalama Çap Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2015 vej. sonu) (cm)	Bitiş (2018 vej. sonu) (cm)	Toplam Artım (cm)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	7,26	10,23	2,97	13,64	0
A	1-33	7,24	10,40	3,16	14,54	+0,89
B	33-66	7,51	10,06	2,55	11,33	-2,31
C	66-100	7,01	8,94	1,93	9,18	-4,46

3 yıllık Periyot İçin Ortalama Boy Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2015 vej. sonu) (m)	Bitiş (2018 vej. sonu) (m)	Toplam Artım (m)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	4,69	6,44	1,75	12,50	0
A	1-33	4,34	6,14	1,80	13,84	+1,34
B	33-66	4,57	5,87	1,30	9,51	-2,99
C	66-100	4,50	5,69	1,19	8,81	-3,69

3 Yıllık Periyot İçin Ortalama Hacim Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2015 vej. sonu) (dm ³)	Bitiş (2018 vej. sonu) (dm ³)	Toplam Artım (dm ³)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	9,19	24,95	15,76	57,16	0
A	1-33	8,77	24,54	15,77	59,94	+2,78
B	33-66	10,04	22,39	12,35	41,00	-16,2
C	66-100	9,13	18,24	9,11	33,26	-23,9

2 Yıllık Periyot İçin Ortalama Çap Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2018 vej. sonu) (cm)	Bitiş (2020 vej. sonu) (cm)	Toplam Artım (cm)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	10,23	12,33	2,10	6,86	0
A	1-33	10,40	12,76	2,36	7,54	+0,69
B	33-66	10,06	12,37	2,31	7,68	+0,82
C	66-100	8,94	11,11	2,16	8,05	+1,20

2 Yıllık Periyot İçin Ortalama Boy Değerleri						
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2018 vej. sonu) m	Bitiş (2020 vej. sonu) (m)	Toplam Artım (m)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)
K	0	6,44	7,84	1,40	7,21	0
A	1-33	6,14	7,58	1,44	7,83	+0,62
B	33-66	5,87	7,33	1,46	8,31	+1,11
C	66-100	5,69	6,98	1,29	7,53	+0,32

Ek 1. Deneme alanlarına ait ortalama çap, boy, hacim ve artım değerleri (devam)
Annex 1. ... (continued)

2 Yıllık Periyot İçin Ortalama Hacim Değerleri							
Grup	İbre kaybı (%)	Başlangıç (2018 vej. sonu) (dm ³)	Bitiş (2020 vej. sonu) (dm ³)	Toplam Artım (dm ³)	Ortalama Yıllık Artım (%)	Fark (%)	
K	0	24,95	43,20	18,25	24,38	0	
A	1-33	24,54	44,66	20,12	27,33	+2,95	
B	33-66	22,39	41,07	18,68	27,81	+3,43	
C	66-100	18,24	33,55	15,31	27,98	+3,60	

Ek 2. Kovaryans analizi istatistikleri
Annex 2. Covariance analysis statistics

1 Nolu deneme 3 yıllık periyot					1 Nolu deneme 2 yıllık periyot				
Grup	Düzeltilmiş ort.	St. Sap.	Min	Max	Gerçek ort.	Düzeltilmiş ort.	St. Sap.	Min	Max
K	42,2	1,290	39,632	44,870	71,4	64,0	1,392	61,224	66,877
A	39,7	1,298	37,088	42,358	70,1	63,0	1,376	60,209	65,797
B	34,9	1,325	32,222	37,602	53,4	63,6	1,433	60,741	66,561
C	33,9	1,296	31,364	36,625	59,9	62,9	1,355	60,151	65,652

$p < 0,001$ ($< 0,05$)

Levene istatistiği: 0,002 ($p < 0,05$)

Effect size (Partial eta squared): 0,44

Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

$p = 0,920$ ($> 0,05$)

Levene istatistiği: 0,061 ($p > 0,05$)

Effect size (Partial eta squared): 0,014

Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

2 Nolu deneme 3 yıllık periyot					2 Nolu deneme 2 yıllık periyot				
Grup	Düzeltilmiş ort.	St. Sap.	Min	Max	Gerçek ort.	Düzeltilmiş ort.	St. Sap.	Min	Max
K	24,8	1,075	22,635	26,998	43,2	39,1	0,826	37,515	40,866
A	25,5	1,079	23,357	27,737	44,7	41,3	0,821	39,657	42,992
B	20,9	1,149	18,641	23,304	41,0	41,3	0,812	39,652	42,949
C	18,9	1,028	16,906	21,079	40,6	40,6	0,854	38,927	42,395

$p = < 0,001$ ($< 0,05$)

Levene istatistiği: 0,315 ($p > 0,05$)

Effect size (Partial eta squared): 0,71

Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark vardır ($p < 0,05$).

$p = 0,230$ ($> 0,05$)

Levene istatistiği: 0,808 ($p > 0,05$)

Effect size (Partial eta squared): 0,114

Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

Ek 3. İşlem gruplarına uygulanan Post-hoc testi istatistikleri
Annex 3. The statistics of post-hoc tests applied to the treatment groups

1 Nolu deneme 3 yıllık periyot (LSD)					2 Nolu deneme 3 yıllık periyot (Bonferroni)		
Grup	Karşılaştırılan grup	Ortalama fark	St. sapma	P değeri	Ortalama fark	St. sapma	P değeri
K	A	2,528	1,827	1,000	-0,730	1,524	1,000
	B	7,339*	1,855	0,002*	3,844	1,571	0,118
	C	8,257*	1,826	<0,001*	5,824*	1,488	0,002*
A	B	4,811	1,879	0,089	4,574*	1,587	0,040*
	C	5,729*	1,824	0,021*	6,554*	1,485	0,001*
	K	-2,528	1,855	1,000	0,730	1,571	1,000
B	A	-4,811	1,879	0,089	-4,574*	1,587	0,040*
	C	0,918	1,874	1,000	1,980	1,551	1,000
	K	-7,339*	1,826	0,002*	-3,844	1,571	0,118
C	A	-5,729*	1,824	0,021*	-6,554*	1,485	0,001*
	B	-0,918	1,874	1,000	-1,980	1,551	1,000
	K	-8,257*	1,826	<0,001*	-5,824*	1,488	0,002*

* İşaretliler ($p < 0,05$) düzeyinde önemli fark olduğunu gösterir.

Ek 4. ANOVA istatistikleri
Annex 4. ANOVA statistics

1 Nolu deneme 3 yıllık periyot						1 Nolu deneme 2 yıllık periyot			
Grup	N	Ortalama	St. sapma	Min	Max	Ortalama	St. sapma	Min	Max
K	10	37,471	7,303	29,905	55,944	22,991	4,904	16,214	29,987
A	10	34,785	13,986	20,502	56,982	22,524	3,501	18,247	29,009
B	10	25,796	4,807	21,262	35,344	24,638	3,260	18,121	31,001
C	10	23,266	4,281	15,777	29,479	22,742	3,548	16,554	29,118

Levene istatistiği: 6,670; $p= 0,001 (<0,05)$ Levene istatistiği:1,059; $p= 0,378 (>0,05)$
 Gruplar arası f: 6,487; $p= 0,001 (<0,05)$ Gruplar arası f: 0,622; $p= 0,605 (>0,05)$
 Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark vardır ($p<0,05$). Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

2 Nolu deneme 3 yıllık periyot						2 Nolu deneme 2 yıllık periyot			
Grup	N	Ortalama	St. sapma	Min	Max	Ortalama	St. sapma	Min	Max
K	10	56,311	17,855	38,911	100,41	24,605	2,712	19,455	27,247
A	10	63,080	19,355	33,720	93,969	27,410	3,638	22,996	34,442
B	10	40,974	8,119	30,059	52,948	28,717	5,837	20,258	37,603
C	10	36,638	10,770	22,681	59,970	29,098	5,050	21,799	41,314

Levene istatistiği: 1,814; $p= 0,162 (>0,05)$ Levene istatistiği: 1,637; $p= 0,198 (>0,05)$
 Gruplar arası f: 7,230; $p= 0,001 (<0,05)$ Gruplar arası f: 2,064; $p= 0,122 (>0,05)$
 Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark vardır ($p<0,05$). Karar: İşlemler (gruplar) arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Ek 5. Deneme gruplarında artım yüzdelere uygulanan Post-hoc testi istatistikleri
Annex 5. The statistics of post-hoc tests applied to the increment percentages in the trial groups

Grup	1 Nolu deneme 3 yıllık periyot (Tamhane)				2 Nolu deneme 3 yıllık periyot (Dunnet)		
	Karşılaştırılan grup	Ortalama fark	St. hata	P değeri	Ortalama fark	St. hata	P değeri
K	A	2,685	3,810	0,895	-6,768	6,636	0,739
	B	11,674*	3,810	0,021*	15,337	6,818	0,129
	C	14,204*	3,810	0,004*	19,673*	6,484	0,022*
A	B	8,989	3,810	0,104	22,105*	6,818	0,013*
	C	11,519*	3,810	0,023*	26,441*	6,484	0,001*
	K	-2,685	3,810	0,895	6,768	6,636	0,739
B	A	-8,989	3,810	0,104	-22,105*	6,818	0,013*
	C	2,529	3,810	0,910	4,336	6,670	0,915
	K	-11,674*	3,810	0,004*	-15,337	6,818	0,129
C	A	-11,519*	3,810	0,023*	-26,441*	6,484	0,001*
	B	-2,529	3,810	0,910	-4,336	6,670	0,915
	K	-14,204*	3,810	0,004*	-19,673*	6,484	0,022*

* İşaretiler ($p<0,05$) düzeyinde önemli fark olduğunu gösterir.