



AĞAÇ ve ORMAN

TREE and FOREST

Yıl
Year 2023

Cilt
Volume 4

Sayı
Issue 1

eISSN: 2757-5349

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
BURSA TECHNICAL UNIVERSITY



Ağaç ve Orman
Cilt:4 - Sayı:1
e-ISSN: 2757-5349

Sahibi
Bursa Teknik Üniversitesi

Editörler Kurulu
Editorial Board

Baş Editör
Editor in Chief
Neşat ERKAN

Editör Yardımcıları
Vice Editors
M. Ali ERMEYDAN
Ayşe Gül SARIKAYA
Kamil ERKEN

Dil Editörleri
Language Editors
Mesut UYSAL
Merve ERSOY MİRİCİ

Yazım Editörü
Writing Editor
Edanur AYHAN

Dizgi Editörü
Layout Editor
İnanç TAŞ

Web Adresi
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/agacorman>

Yazışma Adresi
Mimar Sinan Yerleşkesi
Mimar Sinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Eflak Caddesi,
No:177 16310 Yıldırım/BURSA

Telefon
0(224) 300 37 95



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma makalesi/Research article

Effects of different treatments on the seed germination and emergence of potential ornamental crop *Chamaecytisus hirsutus* (L.) / Farklı Uygulamaların Potansiyel Süs Bitkisi *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link'un Tohum Çimlenmesi ve Çıkışı Üzerine Etkileri 1-6

Kâmil ERKEN, M. Ercan ÖZZAMBAK

Araştırma makalesi/Research article

Using GIS-based multi-criteria decision support system for developing storm damage risk map / CBS tabanlı çok kriterli karar destek sistemi kullanılarak fırtına risk haritasının geliştirilmesi 7-13

İnanç TAŞ, Abdullah E. AKAY

Araştırma makalesi/Research article

Orman işçiliğinin hane gelirlerine katkısı ve orman işçilerinin iş güvenliği hakkındaki görüşleri (Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüğü örneği) / Contribution of forestry work to household income and opinions of forest workers on work safety (A case study in Saimbeyli Forest Enterprise Directorate) 14-18

Edanur AYHAN, Neşat ERKAN, İbrahim DEĞİRMENCİ

Araştırma makalesi/Research article

Tarım arazileri ve farklı yaşlardaki sarıçam meşcerelerinde (*Pinus sylvestris* L.) toprak organik karbon ve azot stoklarının değişimi / Variation in soil organic carbon and total nitrogen stocks under agricultural fields and different stand age of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) 19-26

Gamze SAVACI, Temel SARIYILDIZ

Araştırma makalesi/Research article

Effects of pre-commercial thinning on soil respiration and some soil properties in black pine (*Pinus nigra* Arnold) stands / Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) meşcerelerinde ayıklama kesimlerinin toprak solunumuna ve bazı toprak özelliklerine etkisi 27-33

Aydın ÇÖMEZ, Aliye Sepken KAPTANOĞLU



Effects of different treatments on the seed germination and emergence of potential ornamental crop *Chamaecytisus hirsutus* (L.)

Farklı Uygulamaların Potansiyel Süs Bitkisi *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link'un Tohum Çimlenmesi ve Çıkışı Üzerine Etkileri

Kâmil ERKEN^{1*}, M. Ercan ÖZZAMBAK²

¹Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Landscape Architecture Department, Bursa, Turkey.

²Ege University Faculty of Agriculture Department of Horticulture, Izmir, Turkey.

Sorumlu yazar:

Kâmil ERKEN

E-mail:

kamil.erken@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:

28/02/2023

Kabul Tarihi:

16/05/2023

Bu makaleye atf
vermek için:

Erken, K., Özzambak,
M. E. 2023. Effects of
different treatments on
the seed germination
and emergence of
potential ornamental
crop *Chamaecytisus
hirsutus* (L.). Ağaç ve
Orman, 4(1), 1-6.

Abstract

Natural plants are highly resistant to adverse weather conditions, drought, and lack of water due to their characteristics. They have a high rate of adaptability to different conditions. Acting on the notion of climate change and limited water resources, issues such as using some of the Mediterranean plants and cultivating them as landscape plants so that they could be used for different purposes should be given more importance. The first studies on plants that are subject to trade as landscape plants include; defining the characteristics of the plant and collecting data regarding its vegetative development and production activities. The purpose of this study; determine the effects of different sowing times and treatments on the seed germination and emergence of one of the natural species of the Mediterranean flora, the *Chamaecytisus hirsutus*, for them to be practically seed propagated under producer conditions. To determine the effects of sowing times on germination, sowing has been conducted in October, November, February, and March. To increase germination rates, 14 different treatments have been implemented: immersion in water, stratification, scarification of the seed coat through hot water and sulphuric acid, cold (40C) storage, two different doses of the GA3 treatment as well as a combination of these methods. From the treatments applied, the best results were obtained from; 10 section soak in boiling water, 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 250 ppm GA3 solution, and 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 500 ppm GA3 solution in November.

Keywords: *Chamaecytisus hirsutus*, cultivation, emergence, germination, ornamental plants.

Özet

Doğal bitkiler sahip oldukları özellikler nedeniyle kötü koşullara kuraklığa ve susuzluğa yüksek derecede toleranslı bitkilerdir. Farklı ortamlara adaptasyon kabiliyetleri yüksektir. Küresel iklim değişiklikleri ve kıt su kaynaklarının tasarruflu kullanımı düşüncesinden hareketle kurağa dayanıklı Akdeniz bitkilerinden bazılarının farklı amaçlı kullanımlar için, yeni süs bitkisi olarak kültüre alınması ve kullanımı öncelik verilmesi gereken konulardandır. Süs bitkisi olarak ticarete konu olacak bitkilerde ilk çalışmalar; bitkinin özelliklerinin tanımlanması, vejetatif gelişimiyle ilgili verilerin toplanması ve üretim çalışmalarıdır. Bu çalışma ile; Akdeniz bitki örtüsünün doğal türlerinden *Chamaecytisus hirsutus* türünün üretici koşullarında tohumla pratik çoğaltımı için, farklı tohum ekim zamanlarının ve uygulamaların tohum çimlenmesi ve çıkışına etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Ekim zamanının çimlenmeye etkilerini belirlemek amacıyla ekim, kasım, şubat ve mart aylarında ekimler yapılmıştır. Çimlenme oranlarını artırmak için; suda bekletme, katlama, sıcak su ve sülfirik asitle kabuk aşındırma, soğukta bekletme, iki farklı dozda GA3 uygulaması ile bu uygulamaların kombinasyonlarından oluşan 14 farklı uygulama yapılmıştır. Yapılan uygulamalardan; kasım ayında, 10 sn kaynar suya daldırma, 10 sn kaynar suya daldırma + 250 ppm GA3'te 24 saat bekletme ve 10 sn kaynar suya daldırma + 500 ppm GA3'te 24 saat bekletme uygulamalarından en iyi sonuçlar alınmıştır.

Anahtar kelimeler: *Chamaecytisus hirsutus*, kültüre alma, çıkış, çimlenme Süs bitkileri

1. Introduction

In recent years, the demands for special qualified plant materials have increased in stabilization studies in environments where plants are challenging to live.

During planting process there are many advantages using plant materials that have adapted to ecologic conditions in the environment. Not only making the work conducted aesthetic and effective in terms of functionality but it also enables the area to integrate with its close surroundings to contribute towards a healthy and sustainable ecosystem (Yazgan et al., 2005; Zencirkiran, 2005).

Within the cultivation of foliage plants, except for the development of varieties, requirements to identify new species that have not yet been produced, and promoting has gained more importance across the world and for sub-tropical climates such as Turkey. Especially in the development of outdoor plants, taking advantage of flora with the same characteristics should be obligatory (Köse, 1998; Kostak, 1998).

Natural plants have systems that adapt perfectly to the circumstances. They need a long term to evolve according to the biotic and abiotic conditions belongs to the region. Due to this characteristic, natural plants are significant and economic alternatives in landscaping as well as protection and stabilization projects. When used in landscaping work, they create a healthier ecosystem because of their conformity to the natural environment and the surrounding flora. In addition, they enable a more economical planting due to they use less water, have low facility and maintenance costs, and are more durable (Saribaş, 1998; Barış, 2002).

Temperature increase, one of the main effects of global warming, is an inevitable reality of today, and whose effects we are starting to experience rapidly will increase the demand for plants of the Mediterranean flora resistant to drought. Due to this reason, the use, production, and cultivation of Mediterranean plants come into prominence (Anonymous, 2003).

In accordance with the principles of enabling use of sustainable natural species and transforming value-added natural resources, this study aims to determine the seed propagation method, which is the practical propagation method under producer conditions, on the *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link species that are naturally found in the flora of Turkey. For this purpose, the effects of planting at different times and pretreatments on seed germination and emergencies were determined.

2. Materials and Method

2.1. Materials

The materials of this study were composed of; the *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link species are a part of the *Leguminosae* (*Fabaceae*) family and are found naturally in 100-2000 m altitudes of the Mediterranean climate zone. It is a 20-100 cm high plant, looks like a bit of scattered bush

that is slowly developing vertically and has yellow flowers (Davis, 1984; Kaynak, 1997). The seeds used in the trials have been collected from the natural population in the provinces of Bursa and Yalova.

2.2. Method

The seeds collected in July were left in climate conditions that were not under control. October and November in autumn and February and March in spring were chosen for sowing times. To increase the emergence rates of the seeds used in these four different times, the below-mentioned 14 treatments were implemented.

- 1) Scarification for 30 minutes with H₂SO₄
- 2) Scarification for 45 minutes with H₂SO₄
- 3) Scarification for 60 minutes with H₂SO₄
- 4) Scarification for 45 minutes with H₂SO₄ + 24 hours soak in 250 ppm GA₃ solution
- 5) Scarification for 30 minutes with H₂SO₄ + 24 hours soak in 500 ppm GA₃ solution
- 6) 8-week stratification (4 °C) in moist perlite
- 7) 8-week cold (4 °C) storage
- 8) 10 section soak in boiling water
- 9) 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 250 ppm GA₃ solution
- 10) 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 500 ppm GA₃ solution
- 11) 24 hours soak in 250 ppm GA₃ solution
- 12) 24 hours soak in 500 ppm GA₃ solution
- 13) 24 hours soak in warm (at room temperature) water
- 14) Control (Leaving it in seed storage)

The seeds were placed in paper packages and then in +4 °C cold storage. The cold wet stratification was done by using moist perlites in plastic boxes and leaving them for 8-weeks in 4 °C storage. The treatment of soaking in water for 24 hours was applied by immersing seeds in room-temperature water. The process of soaking it in boiling water was implemented by placing the seeds in cloth bags and soaking them in 100 °C boiling water for 10 seconds and taking them back out. During the sulphuric acid treatments, 95% concentrated sulfuric acid was used. At the end of the process, the seeds were left to rest in a solution for 30 minutes, prepared by adding 50 grams of sodium bicarbonate to 1 liter of water (Hartman et al., 1990; Eser et al., 2005).

After the treatments, the seeds were sowed to viols filled with perlites + peats (1+3). The trials were conducted under greenhouse conditions with a greenhouse canopy drawn over it without climate control. The trials were ended at the end of May, and seeds that germinated and emerged from the date of the sowing until May were evaluated.

The trials were laid out as split plots based on a randomized complete block design with two factors and three repetitions—each repetition contains 100 seeds. The trials were repeated, and the evaluations were made on average for two years in the 2008-2009 and 2009-2010 periods. The arcsinus transformation was implemented on the % values that were obtained. The analyses were conducted on the JUMP (The Statistical Discovery Software) statistical program

package. In contrast, the groupings were performed under the LSD (LS Means Differences Student's test) method of multiple comparisons at the 95% confidence threshold level ($\alpha=0,05$) (Kalaycı, 2005; Acar and Gizlenci, 2006).

3. Findings

The statistical analysis results of the data obtained from seed germination studies of *C. hirsutus* are given in Table 1. As a result of the analysis of variance, the time and treatment interaction was significant. In this study, according to the two-year average of the results obtained from the sowings conducted at four periods after 14 treatment methods, 12.50% to 59.00% germination and emergence were obtained from the *C. hirsutus* seeds. From the evaluations implemented for sowings in November, 10 section soak in boiling water, 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 250 ppm GA₃ solution and 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 500 ppm GA₃ solution are the best group with 59.00%, 54.83% and 54.33% emergence, respectively.

As can see Table 1, treatments 8, 9, and 10 were the first three treatments that resulted in above 35% of emergencies.

Table 1. The average seed emergence (%) and statistical groups obtained from the *C. hirsutus* at different times and with different treatments.

Order no	Treatment	Time (seed sowing time)				Average (Treatment) **
		October	November	February	March	
1	Scarification for 30 minutes with H ₂ SO ₄	24.83 q-w***	34.00 e-l	38.00 b-g	24.00 q-w	30.21
2	Scarification for 45 minutes with H ₂ SO ₄	32.33 e-o	36.33 c-i	30.67 f-q	23.50 r-w	30.71
3	Scarification for 60 minutes with H ₂ SO ₄	26.67 m-v	35.17 d-k	37.17 b-g	28.00 k-t	31.75
4	Scarification for 45 minutes with H ₂ SO ₄ + 250 ppm GA ₃ solution for 24 hours	40.17 b-e	29.00 h-s	36.17 c-i	21.17 t-y	31.63
5	Scarification for 30 minutes with H ₂ SO ₄ + 500 ppm GA ₃ solution for 24 hours	18.83 w-A	37.33 b-g	32.00 f-p	27.67 l-u	28.96
6	Cold storage at 4 °C for 8 weeks in moist perlite	35.83 c-j	42.83 b-d	25.83 n-v	28.50 j-s	33.25
7	Cold storage at 4 °C for 8 weeks	28.83 i-s	32.83 e-n	20.83 u-y	15.33 y-B	24.46
8	Soaking in boiled water for 10 section	44.17 b	59.00 a	36.50 b-h	28.00 k-t	41.92
9	Soaking in boiled water for 10 section + 250 ppm GA ₃ solution for 24 hours	38.17 b-f	54.83 a	30.33 g-r	25.33 o-w	37.17
10	Soaking in boiled water 10 section + 500 ppm GA ₃ solution for 24 hours	43.17 bc	54.33 a	42.67 b-d	22.33 s-x	40.63
11	250 ppm GA ₃ solution for 24 hours	21.50 t-y	25.67 n-v	23.83 q-w	12.50 B	20.88
12	500 ppm GA ₃ solution for 24 hours	25.50 o-w	33.33 e-m	20.67 v-z	14.00 AB	23.38
13	Warm water for 24 hours	22.17 s-x	27.83 k-t	25.83 n-v	14.83 z-B	22.67
14	Control	23.50 r-w	33.33 e-m	24.83 p-w	16.50 x-B	24.54
Average (time)*		30.40	38.27	30.38	21.55	
*Time significant		á= 0,05 cv 0,09				
**Treatment significant		* The values expressed by the same letters in the				
***Time x Treatment significant		line/column of the same topic are not different				

Germination rate and emergence of seed 30.40% was obtained in October, 38.27% in November, 30.38% in February and 21.55% in March as an average of all

Besides, boiling water treatment has been in the first place. The difference between these treatments and the others can be seen more clearly during the sowing in November.

As an average of all periods, 24.54% germination rate and emergence have been obtained from the control treatment. The 30 minutes H₂SO₄, 45 minutes H₂SO₄, 60 minutes H₂SO₄, 45 minutes H₂SO₄, + 250 ppm GA₃, 30 minutes H₂SO₄ + 500 ppm GA₃, 8-week stratification (4 °C) in moist perlite, 10 section soak in boiling water, 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 250 ppm GA₃ solution and 10 section soak in boiling water + 24 hours soak in 500 ppm GA₃ solution treatments have had positive effects on the germination of *C. hirsutus* seeds and have also resulted in germination as well as emergence on the control treatment. 8-week cold (4 °C) storage, 24 hours soak in 250 ppm GA₃ solution, 24 hours soak in 500 ppm GA₃ solution, and 24 hours soak in warm (at room temperature) water treatments have not had positive effects on germination and have not resulted in germination or emergence under the control treatment (Table 1).

treatments (Figure 1). The highest germination and emergence average was obtained in the treatments in November. The lowest percentage of germination and

emergence were taken from the treatments in March as values in the time of treatments.

When the results are evaluated as application averages, it is seen that germination between 20.88% (250 ppm GA₃

solution 24 hours) and 41.92% (Boiled water 10 sc.) is obtained. In Figure 2, it is seen that applications exposed to hot water for 10 seconds stand out compared to other applications. Exposure seeds in hot water for 10 seconds could be figured out the simplest and best application.

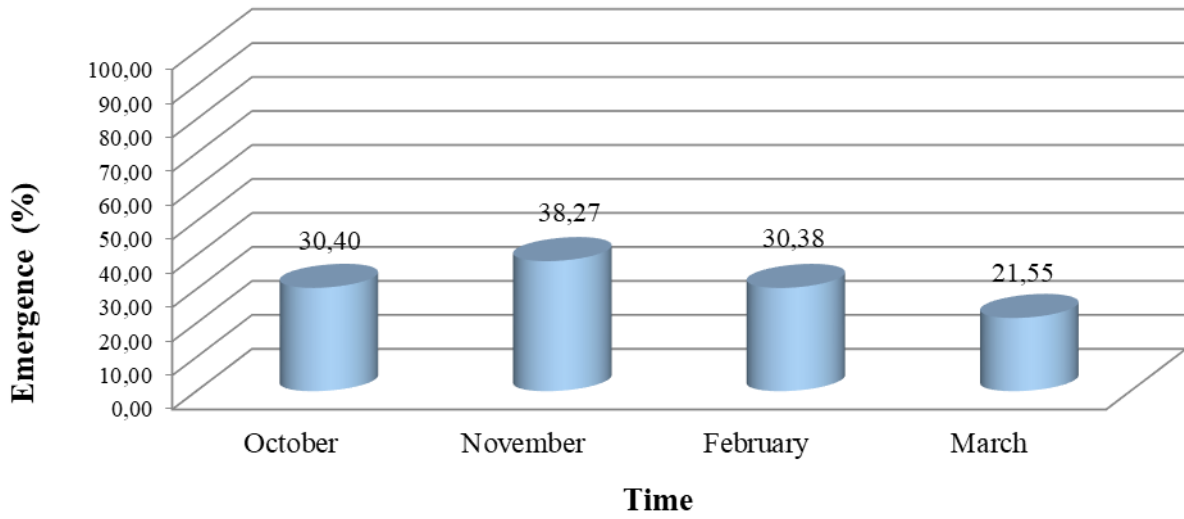


Figure 1. The average seed emergence has taken from different times (%).

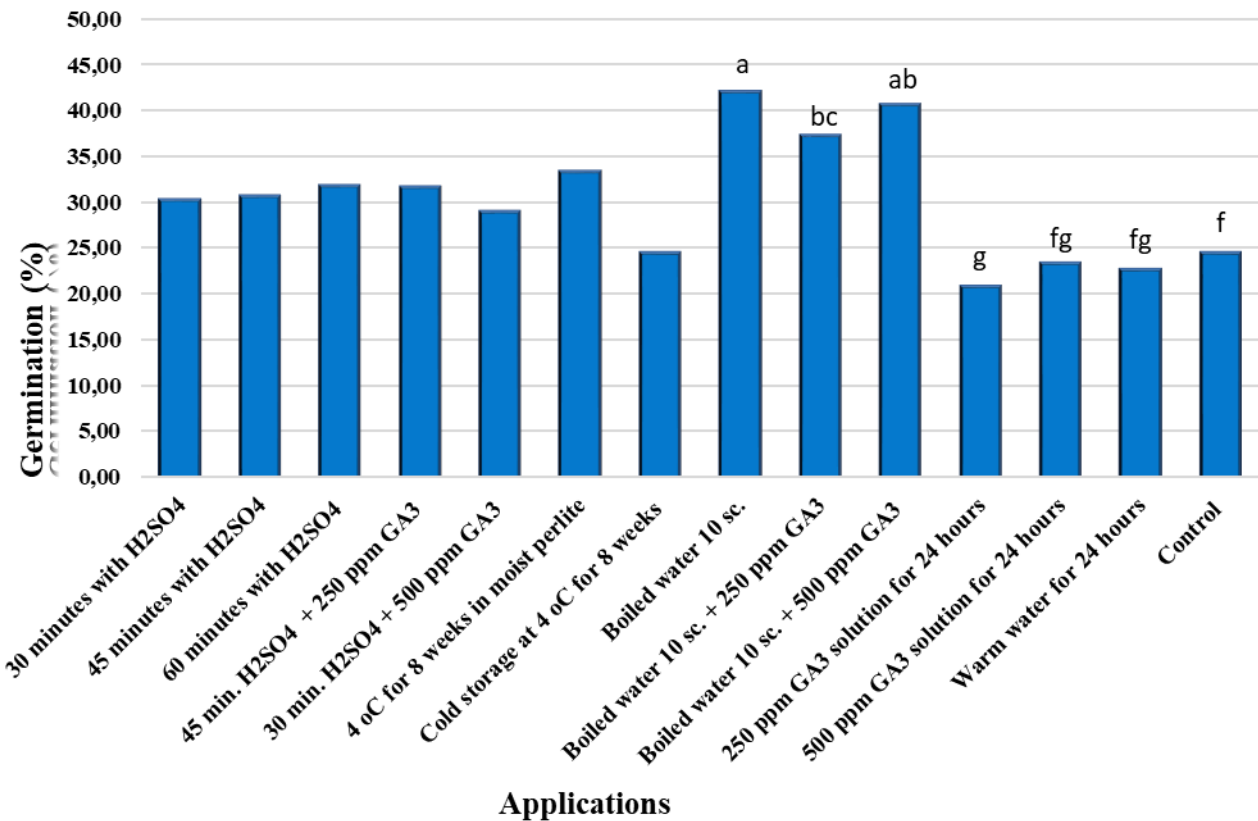


Figure 2. The average seed emergence has taken from different treatments (%).

4. Discussion and Conclusion

While the emergence in October and November increased, it decreased in February and March. It can be seen that the germination period is insufficient for seeds sowed in spring.

On the other hand, seeds sowed in autumn find more convenient periods and conditions for germination and emergence.

The results obtained from seed germination and emergence trials are parallel to literature and results reported in China

et al. (2006), Tilki (2004), Tansi (2006), Patane and Gresta (2006) and Travlos et al. (2007). In China et al. (2006)'s study about seeds of *Chamaecytisus palmensis* species, the best seed germination was obtained from 80 °C hot water application with 54% germination. Tilki (2004) reported that treatment of hot water, cold water, and acid would increase germination to overcome dormancy caused by a seed coat. In Tansi (2006) studied that folding and hot water treatments were implemented to overcome dormancy in the seeds of eighteen forest trees. The best germination of the seeds of four species belonging to the family of legumes from 18 species (*Robinia pseudoacacia*, *Albizia julibrissin*, *Gleditsia triacanthos*, and *Diospyros lotus*) has been achieved through the hot water treatment. It has been concluded that these species have dormancy due to their seed coat.

Patane and Gresta (2006), in their study on *Astragalus hamosus*, achieved 91.7% germination through soaking in 80 °C water for 10 minutes to overcome the problem of dormancy caused by a hard seed coat. Travlos et al. (2007) state that soaking and immersion in water are very effective methods in increasing germination and emergence rates in hard-seed coat *Leguminosae* plants.

Sample groups for the worst germination and emergence observed are treatments of 250 ppm GA₃ solution for 24-hour, Warm water for 24-hour, 500 ppm GA₃ solution for 24-hour, Cold storage at 4 °C for 8-weeks in March and control treatment (Table 1 and Figure 1, Figure 2). Travlos et al. (2007) reported that the GA₃ treatment after the seed coat is softened through other treatments gave better results than direct GA₃ treatment; however, the GA₃ treatment is less effective when compared to other treatments.

Rehman (2000), in the study on the germination of *Koelreuteria paniculata* seeds, has not achieved any results on GA₃ treatments without mechanic abrasion. The best results have been taken from three different GA₃ doses applied to seeds with mechanic scarification + 30-day cold wet stratification. 60 and 90-day cold-wet stratification have adversely affected the germination in *Koelreuteria paniculata* seeds. Travlos et al. (2007) and Rehman (2000) stated that there is any statistically positive effects on germination and emergence between the control group and sample groups of GA₃+cold+24-hour water treatment.

As the average of all periods, better results were taken from the sulphuric acid treatment compared to the control. Even though it has not been in the first group of treatments, the sulphuric acid treatments had positively affected the germination and emergence of *C. hirsutus* seeds. In the China et al. (2006) study, the positive effects of sulphuric acid on the germination of *Chamaecytisus palmensis* seeds were underlined.

According to Travlos et al. (2007), sulfuric acid applications could cause different levels of damage in terms of seed coat thickness and application time. It may lead to different results from various studies. Patane and Gresta (2006) achieved 100% germination in three days through 60-minute sulphuric acid treatments on *Astragalus hamosus*. The highest level of germination (34.9%) for *M. orbicularis* was

reached through immersion for 60-minute in a 70% concentration. In this study, the results achieved through the sulphuric acid treatment were not good as much as Patane and Gresta (2006) on *A. hamosus*, but closer to results taken from *M. orbicularis* were obtained.

In the cold-wet stratification treatment through all periods, better emergencies were achieved compared to keeping in cold and immersion in water. Similar results were also achieved in the Zencirkiran et al. (2010) study on the germination of *Cercis siliquastrum* seeds. Zencirkiran et al. (2010) stated that the 4 and 8-week cold-wet stratification treatments increase germination.

Seeds with storage at 4 °C without a seed coat softening treatment, immersion in water for 24-hours, 250 and 500 ppm GA₃ treatments have lower germination and emergence rate than those of control group. However, seed coat softening treatments or combination of treatments give better results than the control. It shows that the germination dormancy of the *C. hirsutus* species is caused by the hardness of the seed coat. Also, short-term seed coat softening treatments such as immersion in water for 24 hours are insufficient to overcome the germination dormancy obstacle.

According to these results, the germination dormancy in *C. hirsutus* seeds is not based on cold treatment or embryo rest. The germination percentage can be increased through treatments that alleviate the hard seed coat problem.

Abdalla and Mc Kelvie (1980) stated that both the chilling and GA₃ treatments increased the germination of fresh seeds in all species, in stored seeds, while GA₃ increased the germination of 21 species, chilling increased the germination in 16 species.

As can be seen from the results, the treatments implemented to overcome the obstacle of dormancy in the germination of seeds differ between fresh seeds and stored seeds. They may vary according to the storage time.

C. hirsutus species can be germinated at a 59% rate in November, without using extra materials and chemicals, by the simple and practical method of soaking it in boiling water for 10 seconds.

References

- Abdalla, S.T., Mc Kelvie, A.D., 1980. The İnteraksiyon of chilling and gibberellic acid on the germination of seeds ornamental plants. *Seed Sci. and Technol*, 8: 139-144.
- Acar, M., Gizlenci Ş., 2006. Using JMP For Agricultural Researchers. The Black Sea Agricultural Research Institute, Samsun-Turkey: 69pp (in Turkish).
- Anonymous, 2003. Seed Propagation of Mediterranean Trees and Shrubs. Agency Fort the Protection of the Environment and For Tecnical Services, Roma, 120p.
- Bariş, M.E., 2002. Do we benefit from the natural vegetation enough green space applications? II. National Ornamental Plants Congress, 22-24 October, Antalya-Turkey, 91-95.

China, E., Barquin, E., Garcia-Ciudad, A., 2006. Methods of seed germination in four leguminous forage shrubs. *Grassland Science in Europe*, Vol. 1, 143-145.

Davis P.H., 1984. *Flora of Turkey and The East Aegean Island*. Volume III, Edinburgh University Press, London, 628p.

Eser, B., Saygılı, H., Gökçöl, A., İlker, E., 2005. *Seed Science and Technology*. Volume I, II, Ege University Seed Technology Application and Research Center Publication No. 3, Izmir-Turkey, 908p.

Hartman, T.H., Kester, E.D., Davies, T.F., 1990. *Plant Propagation Principles and Practices*. Fifth Edition, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 647p.

Kalaycı, M., 2005. Using Jump with Examples and Analysis of Variance Models for Agricultural Research. *Anatolia Agricultural Research Institute Publication No: 2*, Eskişehir-Turkey, 296 pp (In Turkish)

Kaynak, G., 1997. *Flora of Armutlu peninsula III*. *Lagascalía*, 20 (1), Sevilla, 63-98p.

Kostak, S., 1998. Conservation and evaluation of ornamental plant genetic resources. I. National Ornamental Plants Congress, 6-9 October, Yalova-Turkey, 31-36 pp

Köse, H., 1998. Seed germination studies on some native ornamental shrubs of the Aegean Region. I. National Ornamental Plants Congress, 6-9 October, Yalova-Turkey, 255-264 pp

Patane, C., Gresta F. (2006). Germination of *Astragalus hamosus* and *Medicago orbicularis* as affected by seed-coat dormancy breaking techniques. *Journal of Arid Environments* 67: 165-173.

Rehman, S., 2000. Effect of scarification GA and chilling on the germination of Goldenrain-tree (*Koeleruteria paniculata* Laxm.) seeds. *Scientia Horticulturae* 85: 319-324.

Sarıbaşı, M., 1998. The woody plants are grown naturally in the black sea district are used in the treatments of landscape architecture. I. National Ornamental Plants Congress, 6-9 October, Yalova-Turkey, 44-50

Tansi, F., 2006. Germination Capabilities of Some Plant Taxas Seeds Grown in Artvin Province. *Kafkas University, Institute of Natural Science, Department of Forest Engineering (MSc Thesis)* Kars, 65s

Tilki, F., 2004. Influence of pre-treatment and desiccation on the germination of *Laurus nobilis* L. seeds. *J. Environ Biol.* 25: 157-161.

Travlos, I.S., Economou, G., Karamanos, A.J., 2007. Germination and emergence of the hard seed coated *Tylosema esculentum* (Burch) A. Schreib in response to different pre-sowing seed treatments. *Journal of Arid Environments* 68: 501-507.

Yazgan, M.E., Korkut, A.B., Barış, E., Erkal, S., Yılmaz, R., Erken, K., Gürsan, K., Özyavuz, M., 2005. Developments in the production of ornamental plants. *Turkey Agricultural Engineering VI. Technical Congress*, January 3- 7, Volume I, Ankara-Turkey, 589-607pp.

Zencirkıran, M., 2005. Plant species used in the Bursa urban landscape and determination of local and foreign origin plants can be used for this purpose. *Uludag University Journal* 5 (18), Bursa-Turkey, 30-33pp.

Zencirkıran, M., Tümsavaş, Z., Ünal, H., 2010. The effects of different acid treatments and stratification duration on germination of *Cercis siliquastrum* L. seeds. *Notulea Botanica Hort. Agrobot. Cluj* 38 (1): 159-63.



Using GIS-based multi-criteria decision support system for developing storm damage risk map

CBS tabanlı çok kriterli karar destek sistemi kullanılarak fırtına risk haritasının geliştirilmesi

İnanç TAŞ^{1*}, Abdullah E. AKAY¹

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:

İnanç TAŞ

E-mail:

inanc.tas@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:

16/03/2023

Kabul Tarihi:

25/04/2023

Bu makaleye atıf vermek için:

Taş, İ., Akay A. E. 2023. Using GIS-based multi - criteria decision support system for developing storm damage risk map. Ağaç ve Orman, 4(1), 7-13.

Abstract

Winter storm damages have crucial effect on different tree species and cause significant losses in many regions in Turkey. In a winter storm, trees can break or be thrown if stem and root plates overturn. The most important factors affecting the severity of damage caused by storms on forest trees are tree species, tree age (stage), crown closure, topographic features (elevation, slope), and climate parameters (wind, precipitation). Coniferous species are more susceptible to storms than deciduous species. The storm damage impact on trees increases with tree age and the density of the stand. Although the storm damage is lower at low altitudes (<150 m), the damage increases up to a certain altitude (1000 m) and decreases again at higher elevations. The highest risk of storm damage is in the middle (20-30%) slope groups, while the damage is lower in the low and steep slope groups. Wind speed and direction are climate parameters affecting forest tree storm damage. Pre-storm precipitation causes the soil to loosen and especially contributes to the formation of storm overturns. In order to prevent or minimize storm damage, it is of great importance to develop storm damage maps based on the factors that impact the storm damage. In this study, a storm damage risk map was produced using a GIS-based multi-criteria (Analytical Hierarchy Process-AHP) decision support system considering, tree species, tree age, crown closure, elevation, slope, wind speed and direction, and precipitation. The study implemented in Karadağ Forest Enterprise Chief in Karacabey province of Bursa. The results indicated that the most effective risk factor was wind speed and wind direction, followed by the slope.

Key words: Winter storm damage, storm risk map, GIS, AHP.

Özet

Ağaç türleri üzerinde etkili olan fırtına zararları, Türkiye'nin birçok bölgesinde önemli kayıplara neden olmaktadır. Fırtınada, gövde ve kök devrilmesi durumunda ağaçlar kırılabilir veya devrilebilmektedir. Fırtınaların orman ağaçlarına verdiği zararın şiddetini etkileyen en önemli faktörler; ağaç türü, ağaç yaşı (çağı), kapalılık, topografik özellikler (yükseklik, eğim) ve iklim parametreleridir (rüzgâr, yağış). İğne yapraklı türler, yaprak döken türlere göre fırtınalara daha duyarlıdır. Ağaçların üzerindeki fırtına hasarı etkisi, ağaç yaşı ve meşcere yoğunluğu ile artış göstermektedir. Alçak rakımlarda (<150 m) fırtına hasarı düşük görünürken, belirli bir yüksekliğe (1000 m) kadar hasar artmakta, daha yüksek rakımlarda ise tekrar azalmaktadır. Fırtına hasarı riski orta eğim (%20-30) gruplarında çok yüksek, düşük ve dik eğim gruplarında ise hasar daha düşüktür. Rüzgâr hızı ve yönü, orman ağaçlarında fırtına hasarını etkileyen en önemli iklim parametreleridir. Fırtına öncesi yağışlar toprağın gevşemesine neden olup, özellikle fırtına devriklerinin oluşmasına neden olmaktadır. Fırtına hasarını önlemek veya en aza indirmek için, fırtına hasarına etkisi olan faktörleri dikkate alarak, fırtına riski haritaları geliştirmek büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, ağaç türleri, ağaç yaşı, kapalılık, yükseklik, eğim, rüzgâr hızı/yönü ve yağış dikkate alınarak, CBS tabanlı çok kriterli (Analitik Hiyerarşi Süreci-AHP) bir karar destek sistemi ile fırtına risk haritası üretilmiştir. Çalışma, Bursa ili Karacabey ilçesinde bulunan Karadağ Orman İşletme Şefliğinde uygulanmıştır. Sonuçlar, en etkili fırtına risk faktörünün rüzgâr hızı ve yönü olduğunu ve bunu eğimin takip ettiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Fırtına zararı, fırtına riski haritası, CBS, AHP.

* This work has been partially presented in International Scientific Research Congress 2022

1. Introduction

Storm damages are common occurrences in many countries worldwide, including Turkey. Storm damages result in significant amounts in timber volume losses. Failure to remove the products quickly in the area damaged by the storm and strong wind causes quality loss and insect damage to the product. In addition, erosion occurs due to the delay of afforestation in the area where there is no soil and root connection due to storm damage. As a result of strong winds or storms, the root systems of the trees partially or entirely come to the surface of the soil, then cracks, breaks, and bending occur in the tree trunks. Tree species, tree age, crown closure, topographic characteristics, and climate parameters are the most important factors affecting the severity of the damage caused by storms on forest trees. Coniferous species are more susceptible to storms than deciduous species. The resistance to storm damage is higher than coniferous mixed stands such as pine-spruce. Oak is the most resistant tree against storm damage (Taş, 2017).

The danger of storm damage increases with tree age and is more severe in stands over 50 years old. Also, older trees with root rot and other stem defects are more susceptible to storm damage (Moore, 2000). Since trees growing in closed and dense stands have limited space for crown and roots to develop, storm resistance is weaker than trees growing in sparse stands (Mitchell, 2000). Schmoeckel and Kottmeier (2008) stated that storm damage is lower at low altitudes (<150 m), the damage is seen up to a certain height (1000 m), and trees are more resistant to storms at higher altitudes because they grow under continuous storms and other environmental effects. Schütz et al. (2006) reported an inverse correlation between the increase in ground slope and storm damage. Similarly, storm damage was very low in very steep lands.

Wind direction and speed are the most vital climatic parameters affecting storm damage to forest trees. Loosening of the soil in areas that received continuous and heavy rainfall before the storm makes an outstanding contribution to the formation of storm overturns (Çanakçıoğlu, 1993). With the melting of the snow, the wet soil also contributes to the overturned formations. It is crucial to map the areas at risk of storms in the fight against storm damage, which is one of the leading abiotic damages affecting forests. GIS techniques, which are an effective tool in studies of different disciplines, can be used in storm damage risk analysis by integrating with empirical models (Lekes and Dandul, 2000). GIS-based mathematical models are frequently preferred for the most realistic solution to complex problems that require the evaluation of many different factors. Especially, multi-criteria decision analysis systems (Analytic Hierarchy Process-AHP, Regression Models and Fuzzy Logic) can be integrated with GIS and used effectively in producing risk maps. Within the scope of this study, it is aimed to develop the risk map of storm damages by using the AHP method integrated with GIS. Tree species, tree age, cover, elevation, slope, wind speed/direction, and precipitation were considered storm risk factors.

2. Material and methods

2.1. Study area

The study area is within the borders of Bursa Forestry Regional Directorate, Karacabey Forestry Enterprise Directorate, and Karadağ Forestry Enterprise Chief (FEC). In the study area, whose total forest area is approximately 9176 hectares, the average altitude from the sea is 360 m. The dominant tree species in the floodplain forest are Stone pine, Linden, Black pine, Beech, Chestnut, Brutian pine, Maquis, Oak, and Maritime pine.



Figure 1. Study area.

2.2. GIS Database

A GIS database was generated in the “ArcGIS 10.5” software environment to produce the numerical data layers of the variables determined as the storm damage risk factors. Using the digital stand map of the Karadağ FEC, data layers such as tree species, tree age, and crown closure of the forest

area that are the subject of the study were produced. DEM was developed by using the contours of the study area, and the height values were divided into height classes at 200 m intervals. Then, the aspect and land slope layers were developed using DEM, and the slope values were divided into slope classes with 10% intervals. Wind and precipitation data of the study area were adapted from

Karacabey Meteorology Station data. An aspect map-based wind data layer was developed from these data, especially considering the direction of the maximum wind speeds. Average rainfall was estimated using land elevation values.

2.3. AHP Application

In the AHP methodology, each set of components that comprise the hierarchical structure defines a different hierarchy level (Saaty, 1977). There is the main purpose at the top level of the structure; below it, the criteria and sub-criteria to achieve the goal, and the alternatives at the

bottom. This study evaluated tree species, tree age, crown closure, elevation, slope, wind speed/direction, and precipitation as the main criteria. Within the scope of the study, storm risk was divided into five alternative risk groups (very low, low, moderate, high, and very high) to determine the storm risk levels of forested areas. In pairwise comparisons, the relative importance scale is used to numerically express the importance of the criteria. In this study, 1-9 relative importance scales were preferred, which are widely used and give good results (Table 1). The AHP structure developed in the study is shown in Table 2.

Table 1. The relative importance values.

Importance Scale	
1	Equal importance
3	Weak importance of one over another
5	Essential or strong importance
7	Demonstrated importance
9	Absolute importance
2, 4, 6, 8	Intermediate values between the two adjacent judgments

Table 2. AHP model.

Main Criteria							
Tree Species	Tree age	Crown closure	Elevation (m)	Slope (%)	Wind Direction (m)	Precipitation (mm)	
Subcriteria							
Stone pine	Newly Planted	Bare-land	0 - 200	0 - 10	Flat	250 - 300	
Linden	Young	Sparse	200 - 400	10 - 20	N	300 - 350	
Black pine	Mature	Moderate	400 - 600	20 - 30	NE	350 - 400	
Beech		Dense	600 - 800	30 - 40	E	400 - 450	
Beech-Linden			> 800	40 - 50	SE	> 450	
Chestnut				50 - 60	S		
Brutian pine				60 - 70	SW		
Maquis				70 - 80	W		
Oak				80 - 90	NW		
Oak-Linden				> 90	N		
Oak-Beech							
Oak-Chestnut							
Maritime pine							
Alternatives							
Very Low Risk	Low Risk	Moderate Risk	High Risk	Very High Risk			

Pairwise comparisons are conducted by considering the viewpoints of an expert or individuals knowledgeable about the study subject. When multiple decision makers are involved, there are certain drawbacks to reaching a single decision that incorporates all preferences, primarily in terms of consistency. To ensure greater consistency, the study's results regarding the impact of criteria on storm risk were used to make pairwise comparisons by a single decision maker. The decision makers' adherence to realistic pairwise comparisons is evaluated by calculating the Consistency Ratio (CR). If the CR value is less than 0.10, it indicates that the decision maker maintains consistency. Lastly, in the Analytic Hierarchy Process (AHP), the relative importance values of the alternatives were determined with a focus on overall purpose. During the decision phase, the relative importance values of the alternatives were compared, and the level of storm risk was determined.

3. Results and conclusions

3.1. Digital maps of risk factors

The tree species data layer determined 13 stand types composed of pure and mixed species (Figure 2). Pure oak stands covered the largest area (39.91%), followed by pure beech stands (19.77%). The tree age data layer is given in Figure 3. The young trees covered the largest areas (69.47%), followed by the newly planted trees (23.66%). A map showing the degree of crown closure of the forest areas in the study area has been developed (Figure 4). Fully enclosed dense stands covered the largest area (74.64%).

DEM of the study area was developed, then DEM-based slope and aspect maps were produced. Figure 5 shows the DEM of the forested regions of the study area. Accordingly,

the average altitude in forest areas is 360 m, and varies between 40 m and 815 m. The forest area average slope was 25.45% (Figure 6). Within the scope of climate data, wind and precipitation data layers were produced. Using the aspect data layer, especially the maximum speeds of the winds blowing in the main and intermediate directions were

taken into account (Figure 7). The precipitation data of the forested areas were calculated depending on the altitude by using the average precipitation data (Average: 245.15 mm) obtained from the closest meteorology station and DEM. The precipitation data layer is given in Figure 8.

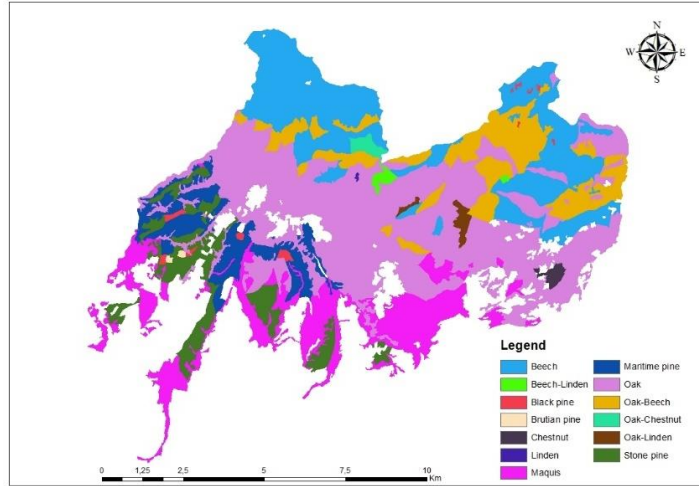


Figure 2. Species map.

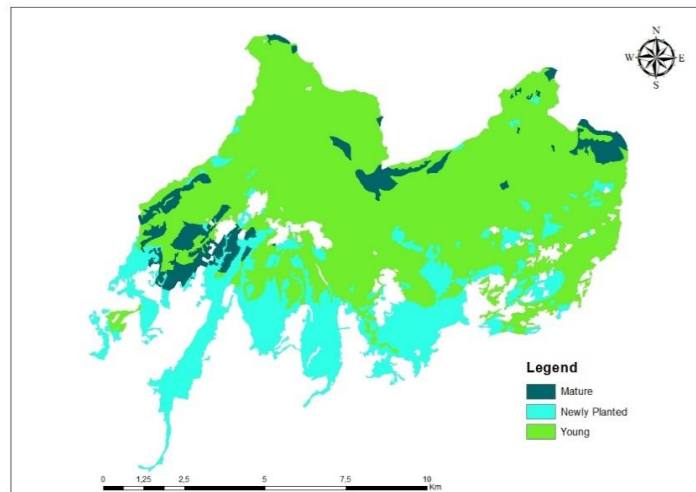


Figure 3. Tree stages map.

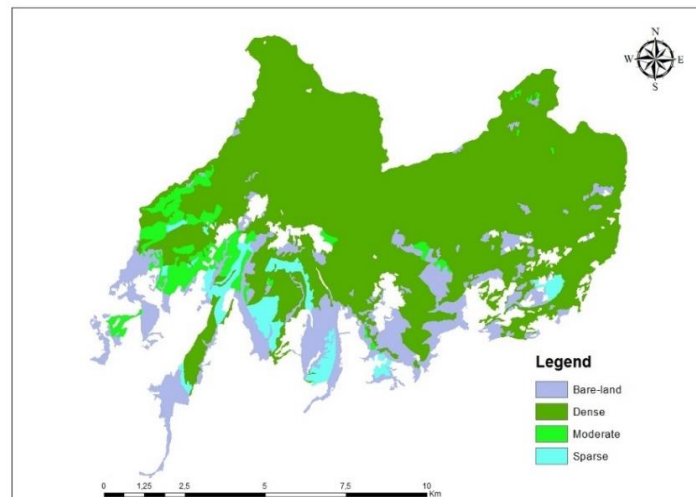


Figure 4. Crown closure map.

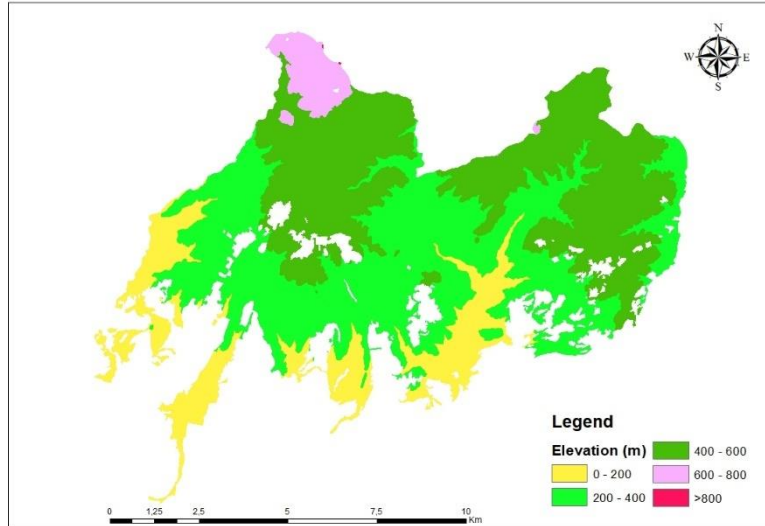


Figure 5. Elevation map.

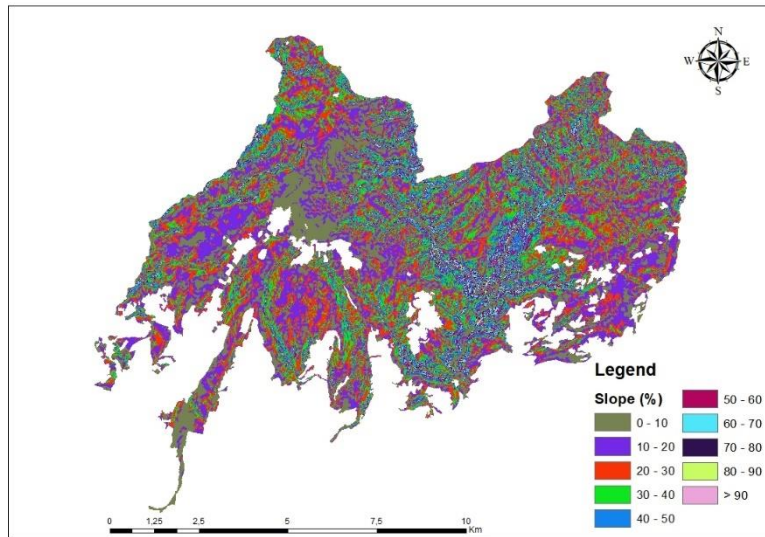


Figure 6. Slope map.

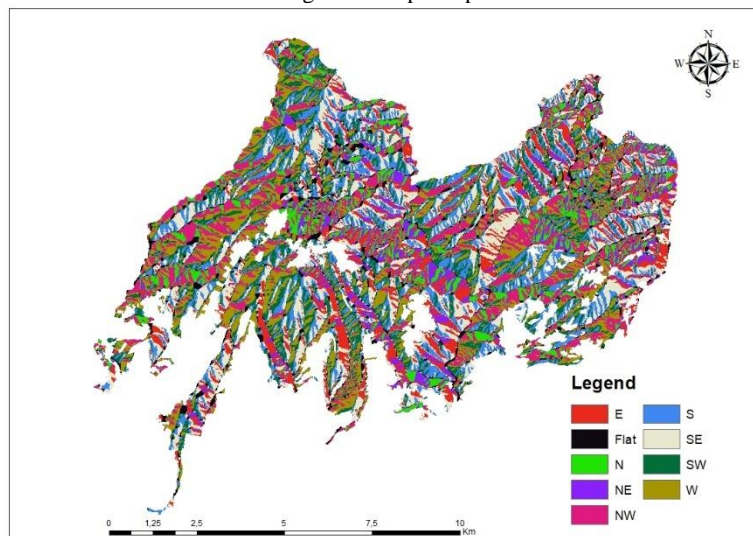


Figure 7. Wind direction map.

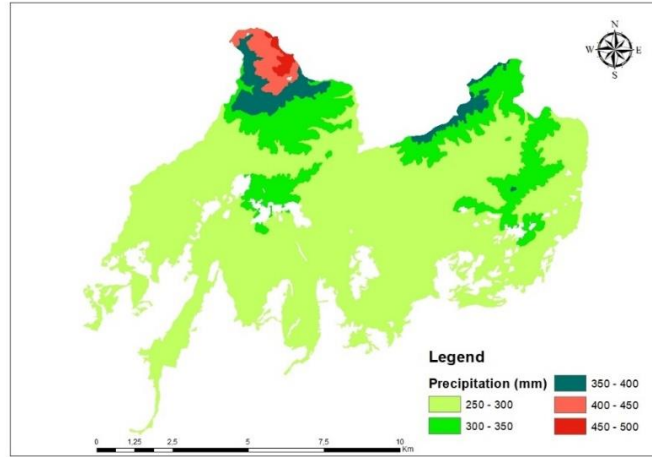


Figure 8. Precipitation map.

3.2. AHP results

After the data layers representing the storm damage risk factors were classified in the GIS environment, weighted importance degrees were assigned for each sub-criterion with a single decision-maker approach in line with the information obtained from the literature. The weighted values of the subcriteria are indicated in Table 3. The pure Stone pine, followed by the Maritime pine forest, had the highest weighted values (highest risk), while the Oak forest had the lowest weighted values (lowest risk). The mature stages had the highest weighted values, while newly planted trees had the lowest values. The forests with dense crown closure had the highest weighted values, followed by moderate crown closure. The weighted values increased as the elevation increased in the area. On the other hand, weighted values increased up to 40% slope, and then values were lower for the steep grounds. It was found that weighted values were higher in the northeast, followed by the north. Regarding the precipitation factor, weighted values increased as the precipitation amount increased.

Upon conducting the consistency analysis, the corresponding criteria were assigned weighted average values using the "Spatial Analyst" extension of ArcGIS 10.5. Subsequently, the "extAhp 2.0" plug-in was employed to combine these weighted averages and calculate the AHP scores. Based on the assigned weighted average values for

the storm damage risk map criteria, it was found that the most influential criterion was wind speed/direction, followed by slope and tree species. Tree ages and crown closure had a similar effect on storm damage risk, while elevation and precipitation had the lowest effect on storm damage risk (Table 4).

Table 4. The weighted values of the risk factors

Risk factors	Values
Species	0.1466
Tree Age	0.0881
Crown Closure	0.0881
Elevation	0.0521
Slope	0.2289
Wind	0.3440
Precipitation	0.0521

According to Figure 9, which illustrates the distribution of the storm damage risk map, the results show that approximately 46.86% of the forests in the study area were classified within the moderate-risk zone, while approximately 31.09% were within the high-risk zone. Moreover, about 11% of the forests were categorized as high and very high storm damage risk areas.

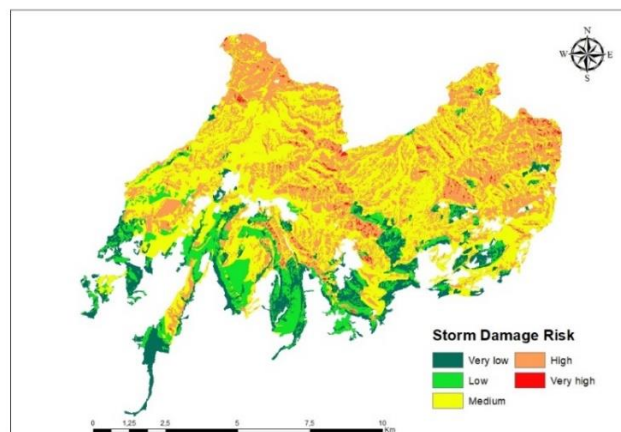


Figure 9. Storm damage risk map.

References

- Çanakçıoğlu, H. (1993) Forest protection. Istanbul University Faculty of Forestry Publication No: 3624/411 ISBN 975-404-199-7 İstanbul, 633 p (in Turkish)
- Lekes, V. & Dandul, I., (2000). Using airflow modeling and spatial analysis for defining wind damage risk classification (WINDARC). *For. Ecol. and Manage.*, 135, 331-344.
- Mitchell, S.J. (2000). Stem growth response in Douglas-fir and Sitka spruce following thinning: Implications for assessing wind-firmness. *For. Ecol. Manage.*, 135, 105-114.
- Moore, J.R. & Somerville, A. (1998). Assessing the risk of wind damage to plantation forests in New Zealand. *N.Z. For.* 43, 25-29.
- Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J Math Psychol.* 15: pp. 234-281.
- Schmoeckel, J. & Kottmeler, C. (2008). Storm damage in the Black Forest caused by winter storm “Lothar”-Part 1: Airborne damage assessment, *Hazards Earth Syst. Sci.*,8, 795-803.
- Schütz, J.-P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D. (2006). Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture, *Eur. J. Forest Res.*, 125, 291–302.
- Taş, İ. (2017). Developing the risk map of winter storm hazard using GIS based fuzzy logic method, MSc. Thesis, Bursa Technical University. Bursa. 79 p.



Orman işçiliğinin hane gelirlerine katkısı ve orman işçilerinin iş güvenliği hakkındaki görüşleri (Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüğü örneği)

Contribution of forestry work to household income and opinions of forest workers on work safety (A case study in Saimbeyli Forest Enterprise Directorate)

Edanur AYHAN^{1*}, Neşat ERKAN¹, İbrahim DEĞİRMENCİ¹

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:
Edanur AYHAN

E-mail:
edanur.ayhan@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:
27/03/2023

Kabul Tarihi:
16/05/2023

Bu makaleye atıf vermek için:

Ayhan, E., Erkan, N., Değirmenci, İ. 2023. Orman işçiliğinin hane gelirlerine katkısı ve orman işçilerinin iş güvenliği hakkındaki görüşleri (Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüğü örneği). Ağaç ve Orman, 4(1), 14-18.

Özet

Ormanlık sektörünün gelişmesi ve sanayileşmenin artması ile birlikte köyden kente göçler artmıştır. Bununla birlikte orman işçisine daha fazla ihtiyaç duyulan dönem başlamıştır. Orman işçiliği fiziki olarak güç gerektiren, iş kazası riskinin yüksek olduğu ve zahmetli bir iş koludur. Buna karşın orman işçiliği köylüler için önemli bir gelir kaynağıdır. Bu çalışmada Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüğü'nde çalışan köy kökenli işçilerin görüşleri ve ekonomik açıdan hanelere katkısı araştırılmıştır. Sonuçlar, orman işlerinde yoğun olarak erkeklerin ağırlıklı olarak çalıştıklarını, işçilerin eğitim düzeylerinin düşük olduğunu ve orman işçiliğinin hanelere aylık ortalama 11.016±186 TL (2022 asgari ücret net 5.500 TL) gelir sağladığını göstermiştir. Yapılan Wilcoxon eşleştirilmiş iki örneklem testine göre ormancılıktan kazandığı gelir ile hane diğer gelir kaynakları dahil hane toplam geliri arasında fark bulunmamaktadır. İşçilerin %84'ünün ek gelir kaynağı bulunmamaktadır ve yaklaşık %80'i ormancılıktan kazandığı maaştan memnundur ve ailesinin geçinmesi için yeterli olduğunu düşünmektedir. İşçiler, iş güvenliği konusunda yeterli bilgiye sahip olduklarını düşünse de %74'ü yaşanacak bir kaza varsa bu kazanın önüne geçilemeyeceğini, kader olduğunu düşünmektedir. Oysa iş kazaları ve meslek hastalıklarını koruyucu kişisel ekipman, ilk yardım bilgisi, eğitim ve iş organizasyonu sayesinde önlemek mümkündür. Bu nedenle öncelikli olarak işçilerin eğitime tabi olması ve eğitimlerin düzenli olarak ülke düzeyinde planlanması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Orman işçisi, hane geliri, orman köylüsü.

Abstract

With the development of the forestry sector and the increase in industrialization, migration from the village to the city has increased. Also, the period, in which the more forest workers are needed has begun. Forestry is a difficult job that requires physical strength and has a high risk of accidents. On the other hand, forestry work is an important source income for the villagers. In this study, the opinions of the workers working in the Saimbeyli Forest Enterprise Directorate on forestry work and their economic contribution to the households were investigated. The results showed that men mostly work intensively in forestry works, workers have low education level, and forestry labor provided an average monthly income of 11.016±186 TL to households (2022 minimum wage net 5.500 TL). According to the Wilcoxon Test (Two-Related-Samples Test), there was no difference between the income earned from forestry and the total household income including other income sources of the household. 84% of the workers do not have an additional source of income and around %80 think that they are satisfied the salary they earn from forestry and think that is enough for their livelihood. Although the workers think that they have sufficient knowledge about occupational safety, %74 of them think that if there is an accident, it cannot be prevented, it is destiny. However, it is possible to prevent work accidents and occupational diseases by means of protective personal equipment, first aid knowledge, training and work organization. For this reason, it is necessary for workers to be trained first, and trainings should be regularly planned at the country level.

Keywords: Forestry worker, household income, forest villager.

1. Giriş

Orman işçiliği, çalışma ortamının orman olması nedeniyle iş gücünün geniş, engebeli ve açık hava etkisinin bulunduğu alanlara taşınmasını gerekli kılmaktadır (Yıldırım, 1980; Şentürk ve Acar, 1997). Birçok sektörle karşılaştırıldığında ağır ve tehlikeli işleri barındırması nedeniyle iş kazası riski yüksektir (Menemencioglu, 2006; Akgül vd., 2021). Ormancılık faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan işgücünü, bedensel ve zihinsel emek harcıyarak karşılayan her bireye “orman işçisi” denilmektedir (Erdaş vd., 1995’e atfen Palaz ve Yıldız, 2017).

Orman işçiliği dünyada 19. yüzyılın başlangıcında tarımın ve yapı işlerinin yapılmadığı kış aylarında gerçekleştirildiğinden mevsimlik işçi niteliği taşımaktaydı. Orman işlerinin daha rasyonel ve profesyonel nitelik kazanması ormancılık sektörünün gelişmesine paralel olarak ilerleme kaydetmiştir. Üretim masraflarının artması, üretim tekniğinin makineleşmeye yönelmesi, ormanların korunma ihtiyacı ve ormanlar ile birinci temas halinde olan kırsal nüfusun şehirlere göçlerinin artması devamlı ve eğitilmiş orman işçisi ihtiyacını ortaya çıkartmıştır (Kalıpsız ve Tank, 1973; Yıldırım, 1980). Ülkemizde orman işçilerinin eğitimine yönelik faaliyetler ilk olarak 1954 yılında Orman Umum Müdürlüğü tarafından kesim, hasat, testere kullanımı vb. teknik konular ile ilgili eğitimlerle başlamıştır. 1961 yılında ise kalifiye orman işçisi yetiştirilmesi gayesiyle Orman Başmüdürlüklerinde eğitim kampları açılmıştır. 1961-1972 yılları arasında bu kamplarda 9705 kalifiye işçi yetiştirilmiştir (TOB, 2023).

Ormancılık hizmetleri ülkemizde “tarımsal nitelikli ormancılık hizmetleri” ve “tarımsal olmayan ormancılık hizmetleri” olarak ikiye ayrılmaktadır. Tarımsal nitelikte ormancılık hizmetleri, fidanlık ve ağaçlandırma faaliyetleri, orman koruma ve bakım işleri, tohum toplama gibi işlemlerini kapsamaktadır. Tarımsal nitelikte olmayan ormancılık faaliyetleri ise orman yol yapımı, bakım ve onarım faaliyetleri, damga, numaralama, istif, tasnif, depo hizmetler, taşıma, orman kadastro-haritalık gibi faaliyetleri kapsamaktadır (Acar ve Eroğlu, 2016). Bu bağlamda orman işçileri de devlet ormanlarında yaptırılan ağaçlandırma, bakım, yol yapımı, imar, kesme, toplama, taşıma gibi orman işlerinde çalışmaktadırlar. Ormancılık faaliyetlerinde çalışacak orman işçileri 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 40. maddesinde “işyerinin ve işyerinde çalışacakların hangi mülki hudut ve orman teşkilatı hudutları içerisinde kaldığına bakılmaksızın, öncelikle işyerinde veya civarındaki orman köylerini kalkındırma kooperatiflerine ve işyerindeki köylülere veya işyeri civarındaki orman işlerinde çalışan köylülere, işyerine olan mesafeleri ile iş güçleri dikkate alınarak yaptırılır” şeklinde açıklanmaktadır. İhtiyaç duyulan iş gücü orman ve civarında yaşayan köylülerden sağlandığı için, orman köylülerinin istihdam edilmesi ve ekonomik olarak desteklenmesi yasal mevzuat çerçevesinde korunmaktadır.

Orman işçileri çalışma sürelerine göre mevsimlik orman işçileri, sürekli orman işçileri ve geçici orman işçileri olarak üç gruba ayrılmaktadır (URL-1). Orman işini görev olarak

alın, geçimini bu işten sağlayan, orman işletmesinin devamlı elemanı olan işçilere “devamlı orman işçisi”, yılın belirli zamanlarında damga-numarataj gibi işlerde çalışan işçilere “mevsimlik orman işçisi”, devamlı ve mevsimlik orman işçilerin arasında kalan ve orman işletmesinin çok yoğun olduğu zamanlarda çalıştırılan işçilere ise “geçici orman işçisi” denmektedir (Acar ve Eroğlu, 2016). Orman Genel Müdürlüğü (OGM) bünyesinde merkez ve taşra birimlerinde 8.396 sürekli, 10.086 geçici işçi istihdam edilmektedir (OGM, 2022). Orman işlerinde öncelikli olarak istihdam edilen orman köylülerinin gelir kaynaklarında tarım, hayvancılık, orman ürünleri üretimi ve ormancılık faaliyetleri ön plana çıkmaktadır.

Diğer sektörlerle karşılaştırıldığında ormancılık sektörü iş kazası yönüyle en tehlikeli sektörlerden birisidir. Ormancılıkta açık alanda ve ekstrem havalarda, yoğun bitki örtüsü ile zorlu arazilerde çalışılması iş kazası riskini arttırmaktadır. Bölmeden çıkarma esnasında, motorlu testere kullanırken, taşıma ve nakliye gibi ormancılık işlerinde iş kazaları yaşanabilmektedir (Akgül vd., 2021).

Ülkemizde, orman işçiliğinde eğitimin gerekliliğini, işin zorluğunu, iş güvenliği ve sağlığı ve sosyo-ekonomik koşulları araştıran birçok çalışma bulunmaktadır (Acar ve Şentürk, 1997; Acar ve Şentürk, 1999; Karahan ve Gürbüz, 2014; Palaz ve Yıldız, 2017; Karasay, 2018). Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde iş güvenliği ve işçi sağlığı ile ilgili araştırmaların daha fazla ön plana çıktığı görülmektedir (Lilley vd., 2002; Melemez vd., 2012; Çığ, 2013; Tunay ve Emir, 2015; İnanç ve Ağyürek, 2019). Ancak coğrafik bölgelere göre değişen orman işçiliği koşullarının incelenmesine ihtiyaç vardır. Nitekim, değişik coğrafik bölgelerde orman işlerinde işçi istihdam eden OGM’nin bu konuda uygulayacağı politikalara esas olmak üzere bilgiye ihtiyacı olacaktır. Bu anlamda, kendine özgü koşulları bulunan Adana-Saimbeyli Bölgesi’ndeki orman işçiliği ve koşullarının incelenmesi benzer yapıdaki işletmeler ve orman işçilerine yönelik uygulanacak politikaların geliştirilmesine katkı sunacaktır.

Adana-Saimbeyli Orman İşletmesi bünyesinde 11 adet Orman Şefliği, 1 adet Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza Şefliği bulunmaktadır. İşletmenin genel alanı 187.940 hektar olup, alanının %56’sı (104.890) orman alanından oluşturmaktadır. Orman işçileri de yoğun olarak üretimde, ağaçlandırmada ve yangın çalışmalarında rol almaktadır. Bu çalışmanın amacı, Adana-Saimbeyli Orman İşletme Müdürlüğü’nde (OİM), orman işçilerinin sosyo-ekonomik durumunun belirlenmesi ve iş koşullarının değerlendirilmesidir. Orman işçilerinin ormancılık faaliyetlerinin zorluğu ve ekonomik katkısına yönelik görüşlerine ulaşmak çalışmanın ana hedefidir. Elde edilen sonuçların orman işçilerinin görüşlerini dikkate alarak çalışma şartlarının iyileştirilmesine yönelik geliştirilecek politikalara ışık tutması beklenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma Adana Orman Bölge Müdürlüğü’ne bağlı Doğu Akdeniz bölümünün kuzeyinde yer alan Saimbeyli OİM’nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ana kütlesini Saimbeyli

OİM’nde çalışan 33 sürekli ve 56 mevsimlik işçi olmak üzere 89 orman işçisi oluşturmaktadır. Basit rastgele örnekleme yöntemi ile 30 orman işçisiyle anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket sorularının yanlış anlaşılması ve boş bırakılması gibi durumları ortadan kaldırmak amacıyla yüz yüze görüşme tekniği öncelikli olarak tercih edilmiştir. Anket çalışması kış ayında yapıldığından yüz yüze ulaşılamayan orman işçileriyle telefon ile görüşme tekniği tercih edilerek ankete katılımları sağlanmıştır.

Anket formunda 18 adet “katılıyorum”, “emin değilim” ve “katılmıyorum” şıklarına sahip 3’lü likert ölçekli, 10 adet açık uçlu, 5 adet çoktan seçmeli olmak üzere nitel ve nicel soruları kapsayan toplam 33 soru yer almıştır. Araştırmanın amacı doğrultusunda anket formunda dört temel soruya cevap aranmıştır;

- (1) Orman işçilerinin sosyo-demografik özellikleri nelerdir?
- (2) Orman işçiliğinin hane ekonomisine katkısı var mıdır?, varsa ne kadardır?
- (3) Orman işçilerinin ormancılık faaliyetlerinin zorluğuna ve iş güvenliğine yönelik görüşleri nelerdir?
- (4) Orman işçileri elde ettikleri gelirlerden memnun mudur?

Çalışmada elde edilen veriler SPSS paket programında analiz edilmiştir. Örnekleme tanımlamak amacıyla tanımlayıcı istatistiklerden; minimum, maksimum, frekanslar, yüzde ve standart sapma gibi değerler hesaplanmıştır. Ormancılık faaliyetlerinin hanelerin gelirine olan katkısını belirlemek amacıyla hanelerin toplam geliri ve orman işlerinden elde ettikleri gelir kıyaslanmıştır. İstatistik analiz öncesinde verilerin normallik testi yapılmış ve elde edilen sonuca göre parametrik veya non-parametrik analiz yöntemi tercih edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Sosyo-ekonomik özellikler

Saimbeyli OİM’nde çalışan orman işçilerinin tamamının erkek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ankete katılım

sağlayan deneklerin tamamı erkektir. 30 denekğin yaş ortalaması $\bar{x}=46,5\pm 2,59$ ve yaş aralığı 22 ile 70 arasında değişmektedir. Eğitim durumu incelendiğinde %60’ı ilköğretim mezunu, %33’ü lise mezunu, %7’si üniversite mezunudur. Hane büyüklüğü ortalama $\bar{x}=4\pm 0,3$ kişi ve maksimum sekiz kişiden oluşmaktadır. Deneklerin %84’ünün sadece orman işçisi olarak hanesine gelir sağladığı görülmektedir. Ek olarak deneklerin %3’ü hayvancılık, %7’si tarım ve %3’ü hem tarım hem hayvancılık işiyle ilgilenerek hanelerine ek gelirler sağlamaktadırlar. Tarım işi ile ilgilenen haneler aylık ortalama $\bar{x}=2.116\pm 600$ TL ek gelir elde etmektedirler. Orman işçisi olarak çalışan deneklerin hanelerinin aylık ortalama geliri hesaplandığında $11.350\pm 270,32$ TL olduğu görülmektedir. Sadece orman işlerinden elde edilen gelir ise aylık ortalama $11.016\pm 186,44$ TL’dir (Çizelge 1). Ortalama dört kişiden oluşan hanelerde $\bar{x}=1,13\pm 0,79$ birey orman işçisi olarak çalışmaktadır. Hanelerin neredeyse tamamında (%90) orman işçisi olarak bir bireyin çalıştığı görülmektedir.

Ormancılık faaliyetlerinden elde edilen aylık gelirin hanelerin toplam aylık gelirini artırıp artırmadığının araştırması amacıyla her iki gelir karşılaştırılmıştır. Yapılan normallik testi sonucu verilerin normal dağılım göstermediği anlaşılmış ve bu karşılaştırma için Wilcoxon eşleştirilmiş iki örneklem testi uygulanmıştır. Test sonucunda işçilerin ormancılıktan elde ettikleri gelir ile toplam hane geliri arasında anlamlı fark bulunmadığı görülmüştür ($p<0,05$). Bu durum hanelerin ana gelir kaynağının ormancılıktan sağlanan gelir olduğunu göstermektedir. İşçilere “ormancılık faaliyetlerinde çalışma sebebiniz nedir” sorusu yöneltildiğinde %100 oranında “ana gelir kaynağım ormancılık işleridir” yanıtının alınması, bu hipotezi desteklemekte ve tarım ve hayvancılık işlerinden elde edilen gelirin ek gelir olarak hane bütçesine yansımada göstermektedir.

Çizelge 1. Orman işçilerine ait bazı özellikler ve istatistikleri.

Değişkenler (N=30)	$\bar{x}\pm SE$	Min	Max
Yaş	46,5±2,59 yaş	22 yaş	70 yaş
Hane büyüklüğü	4,06±0,3 kişi	1 kişi	8 kişi
Hanede çalışan orman işçisi sayısı	1,13±0,79 kişi	1 kişi	3 kişi
Orman işçisi olarak çalıştığı süre	18,8±2,49 yıl	1 yıl	47 yıl
Aylık hane geliri	11.350±270,32 TL	9.500 TL	15.000 TL
Aylık ormancılıktan sağlanan gelir	11.016±186,44 TL	9.500 TL	12.500 TL

3.2. Orman işçilerinin görüşleri

Ortalama $18,8\pm 2,49$ yıldır ormancılık ile ilgilenen orman işçilerinin %53’ünün daimi işçi, %47’sinin mevsimlik işçi olarak çalıştığı görülmektedir. Deneklerin %70’inin odun üretiminde, %10’unun odun deposunda, %10’unun operatör olarak, %30’unun yangında, %7’sinin yangın kulesinde,

%3’ünün ise şoför olarak çalıştığı belirlenmiştir. Haftalık çalışma süresi 40 ve 45 saat olarak değişim göstermekle birlikte %83’ü 45, %17’si 40 saat çalışmaktadır.

Üçlü likert sorular ile orman işçilerinin işin zorluğu ve şartları, iş güvenliği ve kazanılan maaş hakkındaki görüşlerine ulaşılmak istenmiştir. Deneklerin %90’ı

ormancılık faaliyetlerinin yoğun güç gerektiren ve riskli bir iş olduğu görüşüne katılmaktadır. Ormancılık işlerinin zor olduğu görüşüne deneklerin %84'ü katılmaktadır, %3'ü emin değildir, %13'ü ise bu görüşe katılmamaktadır. Deneklerin %100'ü ormancılık işleri için tecrübe gerektiğini ve bu konuda yeterli bilgi ve deneyime sahip olduklarını düşünmektedir.

Ormancılıkta üretim işlerinde, ağacın kesilip devrilmesinde ve dalların budanmasında kaza riski daha fazladır. İş kazalarının azaltılması, önlenmesi veya tehlikenin ortadan kaldırılması iş güvenliğinin sağlanması ile olanaklı hale gelmektedir. Denekler ile yapılan görüşmelerde, Saimbeyli OİM'nde işçilerin tamamının iş güvenliği konusunda eğitim aldıkları, iş sağlığı ve iş güvenliği kapsamında uygulamaların ve denetimlerin etkin bir şekilde yürütüldüğü görülmüştür. Deneklerin neredeyse tamamı (%97) "iş güvenliği konusunda yeterli bilgiye sahibim" görüşüne katılmaktadır. Ek olarak %74'ü "ormancılık faaliyetlerinde bir kazanın olacağı varsa bu kazanın önüne geçilmez" görüşüne katılmaktadır, %13'ü emin değildir ve %13'ü ise katılmamaktadır. Kazaların önlenmesinin şans eseri olduğunu görüşüne deneklerin %70'i katılmaktadır, %17'si bu konuda emin değilken %13'ü ise bu görüşe katılmamaktadır.

Saimbeyli OİM'nde haftanın 40-45 saatini ormancılık işlerinde geçiren işçilerin %73'ünün mesai saatleri dışında da çalıştığı, aynı zamanda tamamının sosyal güvencesinin karşılandığı görülmüştür. Deneklerin %84'ünün kazandığı maaştan memnun olduğu, %3'ünün bu konuda emin olmadığı ve %13'ünün ise memnun olmadığı görülmüştür. "Emeğimin karşılığını aylık maaş miktarı karşılamaktadır" görüşüne deneklerin %87'si katılmaktadır, %13'ü ise katılmamaktadır. %80'i kazanılan bu maaşın bir ailenin geçinmesi için yeterli olacağını, %13'ü yeterli olmayacağını düşünmektedir ve %17'si ise bu görüşten emin değildir. Deneklerin %90'ı "ormancılık faaliyetlerinde uzun yıllar çalışmak mümkündür" görüşüne katılmakta %7'si katılmamakta, %3'ü ise bu görüşte emin değildir. Deneklerin %86'sı ormancılık faaliyetlerinin işçiler tarafından öğrenilip, kavranılmasının uzun zaman alacağını düşünmektedir, %7'si bu görüşe katılmamaktadır, %7'si ise emin değildir.

4. Tartışma ve Sonuç

Orman işçiliği maratonda koşan bir atlet kadar enerji harcanması yönüyle fiziki olarak güç gerektiren, zahmetli ve riskli bir iştir (Kirk, 1996). Menemencioğlu (2006)'nin yaptığı çalışmaya göre orman işçilerinin %47'si koruyucu ekipmanların eksikliği, yorgunluk, dikkatsizlik, tecrübesizlik ve kötü çalışma koşulları nedeniyle en az bir defa iş kazası geçirmektedir. Ülkemizdeki mevcut orman işçileri orman köylülerinden oluşmaktadır ve eğitim şartı bulunmamaktadır. Orman işçileri işi deneyimli orman işçilerinden öğrenmekte ve zamanla sahada tecrübe edinerek ustalaşmaktadırlar. İş kazaları konusunda tecrübenin yeterli olmadığı göz önüne alındığında ormancılık kurumlarının bünyelerinde çalıştırdığı orman işçilerine yönelik düzenli bilgilendirme eğitimleri sağlamaları ve sertifikalı vasıflı işçi konumuna getirilmeleri önemlidir (Menemencioğlu, 2012).

Saimbeyli OİM'nün iş güvenliği konusunda eğitimler düzenlediği ve kaza risklerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yürüttüğü söylenebilir. Denekler iş güvenliği konusunda yeterli bilgiye sahip olduklarını düşünse de %74'ü yaşanacak bir kaza varsa bu kazanın önüne geçilemeyeceğini, kader olduğunu düşünmektedir. Oysa iş kazaları ve meslek hastalıklarını koruyucu kişisel ekipman, ilk yardım bilgisi, eğitim ve iş organizasyonu sayesinde önlemek mümkündür (Şentürk ve Acar, 1997; Acar ve Şentürk, 1999; Menemencioğlu, 2006).

Orman işçiliğinde kadınlar daha az istihdam edilmektedir ve işçilerin çoğunlukla ilkökul mezunu olduğu birçok çalışmada görülmektedir (Acar ve Şentürk, 1999; Menemencioğlu, 2006; Gümüş ve Türk, 2011; Karahan ve Gürbüz, 2014; Kaçmaz, 2017). Bu çalışmada da orman işçilerinin ilkökul mezunu erkek bireylerden oluşması bu durumu desteklemektedir. Ortalama 46 yaşında ve yaklaşık 20 yıldır çalışan orman işçileri yıllar itibari ile tecrübe kazanmaktadır. İşe yeni başlayan işçilerin yeterli eğitime sahip olmamalarından önemli hammadde kayıplarını ortaya çıkarmaktadır ve iş kazalarını arttırmaktadır (Menemencioğlu, 2006). Orman işçilerinin zamanla tecrübe kazanmalarından işe başladıklarında öncelikli olarak eğitim almaları ve eğitimlerin düzenli olarak ülke düzeyinde planlanması gerekmektedir.

Orman kaynakları ile doğrudan ilişki içerisinde bulunan orman köylüsünün en önemli geçim kaynaklarından biri ormancılık faaliyetleridir. Saimbeyli OİM'nde çalışan işçilerin hane büyüklüğü ortalama dört kişiden oluşmaktadır ve orman işçiliğinden aylık ortalama 11.016±186,44 TL kazanmaktadırlar. Ormancılıktan kazandığı gelir ile hanenin diğer gelir kaynakları dahil hane toplam geliri arasında fark bulunmadığı görülmektedir. Bu sonuç hanelerin ana gelir kaynağının ormancılık faaliyetleri olduğunu kanıtlamaktadır. Aynı zamanda işçilerin tamamı da ana gelir kaynağının ormancılık faaliyetleri olduğunu, %80'i bir ailenin geçinmesi için kazanılan miktarın yeterli olduğunu ve uzun yıllar çalışmanın mümkün olduğunu düşünmektedir. Gümüş ve Türk (2011)'ün Saimbeyli OİM'nü de kapsayan çalışmalarında genel olarak yangın işçilerinin maaşlarından memnun oldukları, düşük bir oranda (%18,6) memnun olmadıkları görülmektedir. Karasay (2018)'in yaptığı çalışmada orman işçileri %88'i 1000-3000 TL arasında gelir sağlamak ve ormancılık işini bir meslek olarak görmektedir. Kaçmaz (2017)'in çalışmasında ise Kıbrısçık Orman İşletme Müdürlüğü'nde çalışan işçilerin %63'ü ormancılık dışında bir gelire sahip değildir. Çalışmalar orman işçiliğinin hanelerin geçinmesi için önemli bir gelir kaynağı olduğunu göstermektedir.

Not:

Bu çalışmanın verileri, BTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü öğrencisi İbrahim Değirmenci'nin Bitirme Çalışması kapsamında toplanmıştır.

Kaynaklar

Acar, H., Şentürk, N., 1997. Yusufeli ve İskenderun yöresindeki orman işçilerinde işçi sağlığı üzerine bir araştırma. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 47(2), 95-110.

- Acar, H., Şentürk, N., 1999. Artvin yöresindeki orman işçilerinde işçi sağlığı üzerine bir araştırma. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 49(1), 25-40.
- Acar, H., Eroğlu, H., 2016. Ormanlık İş Bilgisi ve İş Güvenliği. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 41, Trabzon
- Akgül, M., Akay, A. O, Şentürk, N., Esin, A. İ, Acar, H. H., 2021. Türkiye'de ormanlık sektöründe meydana gelen iş kazalarının değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23(2), 614-623.
- Çığ, F., 2013. Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Orman İşçi Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Gümüş, S., Türk, Y., 2011. Orman yangın işçilerinde işçi sağlığı ve güvenlik verilerinin tespitine yönelik araştırma, Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi, 7 (1): 1-9.
- İnanç, S., Ağyürek, C., 2019. Orman fidanlık işçilerinin iş sağlığı ve güvenliği bilgi düzeyi (Erzurum Orman Fidanlık Müdürlüğü örneği). Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 4(2), 64-69.
- Kaçmaz, S., S., S., 2017. Orman üretim işlerinde iş güvenliği koşullarının teknik açıdan değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kalıpsız, A., Tank, T., 1973. Ormanlık araştırmalarının lüzumu, önemi, temel unsurları, tarihçesi ve bugünkü durumu. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 55-74.
- Karahan, H., Gürbüz, İ. B., 2014. Orman köylerinde tarımsal faaliyette bulunan aile işletmelerinin sosyo-ekonomik yapısı. Ulusal Aile Çiftliği Sempozyumu Bildiri Metinleri, 30-31 Ekim 2014, 120-125, Ankara.
- Karasay, G., 2018. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğünde orman işçiliğinin durumu ve değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa, İstanbul.
- Kirk, P., 1996. Reducing the impacts of fatigue on forest workers. LIRO Brief Report, 21(3), 1-6.
- Lilley, R., Feyer, A. M., Kirk, P., Gander, P., 2002. A survey of forest workers in New Zealand: Do hours of work, rest, and recovery play a role in accidents and injury?. Journal of safety research, 33(1), 53-71.
- Melemez K., Tunay M., Çığ F., Emir T., 2012. Ormanlık üretim işlerinde orman işçilerinin sağlık muayenelerine ilişkin örnek olay incelemesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14(21), 37-46.
- Menemencioglu, K., 2006. Ormanlıkta üretim işlerinde çalışma koşulları ve iş kazaları üzerine bir araştırma. Turkish Journal of Forestry, 7(2), 1-12.
- Menemencioglu, K., 2012. Tarım ve orman işçiliğinde çalışma yeri koşulları ve karşılaşılan sorunlar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (2), 72-76.
- OGM., 2022. 2022 Yılı Performans Programı, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Palaz, S., Yıldız, K., 2017. Gezici orman işçilerinin çalışma şartları ve karşılaştıkları iş problemlerinin ölçeği: İnegöl örneği. Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi, (64), 544-560.
- Şentürk, N., Acar, H. H., 1997. Orman işçiliği ve Doğu Karadeniz bölgesindeki durumu. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 47(1-2-3-4), 39-48.
- TOB., 2023. Cumhuriyetimizin 50.yılında ormancılığımız. Orman Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara. <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/6970> (Erişim: Nisan, 2023)
- Tunay, M., Emir, T., 2015. Ormanlık üretim işlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin yasal çerçevede değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 16(2), 195-202.
- URL-1, Karadeniz Teknik Üniversitesi ormanlık iş bilgisi ve güvenliği ders notu, https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormaninsaati_1d08e.pdf (Erişim: Mart, 2023).
- Yıldırım, M., 1980. Orman işçilerinin eğitimi ve Türkiye için önemi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 30 (2), 152-173.



Tarım arazileri ve farklı yaşlardaki sarıçam meşcerelerinde (*Pinus sylvestris* L.) toprak organik karbon ve azot stoklarının değişimi

Variation in soil organic carbon and total nitrogen stocks under agricultural fields and different stand age of scots pine (*Pinus sylvestris* L.)

Gamze SAVACI^{1*}, Temel SARIYILDIZ²

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye.

²Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:
Gamze SAVACI

E-mail:
gsavaci@kastamonu.edu.tr

Gönderim Tarihi:
04/04/2023

Kabul Tarihi:
05/06/2023

Bu makaleye atf vermek için:

Savacı, G., Sarıyıldız, T. 2023. Tarım arazileri ve farklı yaşlardaki sarıçam meşcerelerinde (*Pinus sylvestris* L.) toprak organik karbon ve azot stoklarının değişimi. Ağaç ve Orman, 4(1), 19-26.

Özet

Bu çalışmada, Kastamonu ili İnebolu ilçesinde yayılış gösteren sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri ve bitişliği tarım arazilerinde ölü örtü miktarı, toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) stokları üzerinde farklı arazi kullanım şeklinin etkisi araştırılmıştır. Farklı yaşlardaki sarıçam meşcereleri (18- ve 30-yaş) ile en az 40 yıldır orman arazisinden tarım arazisine dönüştürülmüş alanlardan örnekleme yapılmıştır. Toprak örnekleri 5 farklı toprak derinlik kademesinden alınmış ve toprak örneklerinin pH'ı, hacim ağırlığı, alınabilir fosfor, yararışlı potasyum, organik madde, toprak tekstürü, TOK ve TA miktarları belirlenmiştir. Toplam TOK ve TA stokları ise toprak derinliği, hacim ağırlığı, karbon ve azot miktarı çarpılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, farklı yaşlarda sarıçam meşcereleri ve tarım arazileri arasında ölü örtü miktarı, TOK ve TA stokları arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Genel olarak, 30 yaşındaki sarıçam meşceresinde TOK stoku en düşük belirlenirken (86.60 t C ha⁻¹), bunu sırasıyla tarım alanı (93.70 t ha⁻¹), ve 18 yaşındaki sarıçam meşceresi (115.0 t ha⁻¹) takip etmiştir. Benzer şekilde, TA stoku ise en fazla 18 yaşındaki sarıçam meşceresinde (7.86 t ha⁻¹), en düşük 30 yaşındaki sarıçam meşceresinde (5.74 t ha⁻¹) tespit edilmiştir. Tarım arazilerinde ölü miktarı en düşük iken, sarıçam meşcerelerinde yaşa bağlı olarak orman katmanında biriken ölü örtü miktarı artış göstermiştir. Sonuç olarak, ölü örtü miktarı, TOK ve TA stokları üzerinde farklı arazi kullanım durumu ile toprak derinlik kademelerinin önemli derecede etkisi olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, ölü örtü miktarı, TOK ve TA stokları ile ilgili gelecekteki araştırmalarda arazi kullanım türü de dikkate alınmalı ve daha detaylı çalışmalar yürütülmelidir.

Anahtar kelimeler: Ölü örtü, organik karbon, azot stoku, arazi kullanımı, sarıçam.

Abstract

In this study, the effect of different land use patterns on the amount of litter, soil organic carbon (SOC), and total nitrogen (TN) stocks in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands and adjacent agricultural lands in the İnebolu district of Kastamonu were investigated. Samplings were carried out from Scots pine stands of different ages (18- and 30-) and agricultural lands converted from the forest at least 40 years ago. Soil samples were taken from 5 different soil depths and analyzed for pH, bulk density, phosphorus, potassium, texture, organic matter, and carbon and nitrogen contents. Total SOC and TN stocks were calculated by multiplying soil depth, bulk density, and carbon and nitrogen contents. The results showed significant differences in the litter, SOC, and TN stocks between Scots pine and agricultural lands. In general, the lowest SOC was found in the 30-year-old Scots pine stand (86.60 t ha⁻¹), followed by the agricultural land (93.70 t ha⁻¹) and 18-year-old Scots pine stand (115.0 t ha⁻¹). Similarly, TA stock was highest in the 18-year-old Scots pine stand (7.86 t ha⁻¹) and the lowest in the 30-year-old Scots pine (5.74 t ha⁻¹). The litter content was the lowest in agricultural lands and increased with increasing stand age. As a result, it has been shown that different land use types and soil depths can significantly affect litter, SOC, and TN stocks. Hence, land use types should also be considered in the future studies to determine litter content, SOC, and TN stocks; more detailed studies are needed.

Keywords: Litter, organic carbon, nitrogen stocks, land use, Scots pine

1. Giriş

Ormanlar, karasal ekosistemlerde vejetasyondaki karbonun yaklaşık %80-%90'ını, orman topraklarında ise mevcut karbonun %30-40'ını depolamaktadır (Landsberg ve Gower, 1997). Karasal ekosistemlerde, arazi kullanım şekline bağlı olarak, organik karbon toprak altı ve toprak üstü olmak üzere farklı kısımda depolanmaktadır. Orman topraklarında organik madde genellikle yıllık döküntü (çoğunlukla yaprak ya da ibreler), bitki kökleri, doğal dal budanması ve toprak organizmalarından oluşurmaktadır (Çepel, 1996). Orman topraklarında organik maddeyi genellikle ağaçların dökülen yaprak/ibre, meyve, kabuk, kozalak, meyve, tohum ve tohum karpelleri, dal, gövde gibi kısımları teşkil eder (Kantarci, 2000). Arazi kullanımında meydana gelen değişimler, toprak organik karbon (TOK) miktarının azalmasındaki en önemli nedenler arasında yer almaktadır (Tolunay ve Çömez, 2007; Sariyildiz vd., 2015).

IPCC raporuna göre (2013 yılı), antropojen kaynaklı yıllık sera gazı emisyonlarının salınımında; elektrik ve ısı üretiminden sonra gelen, %24'lük dilime sahip olan faktör tarım, ormancılık ve arazi kullanım değişikliğidir. FAO (2015)'ya göre, orman arazileri son 10 yıl içerisinde her yıl ~5.2 milyon ha azalmaktadır (Tolunay, 2015). Arazi kullanım değişikliğine bağlı olarak, yılda ~0.9 milyar ton karbon atmosfere salınmaktadır (IPCC, 2013). Ülkemizde ormanların başka arazi kullanım şekline dönüşmesi sonucunda kümülatif karbon kaybının 3.33 milyon tona ulaştığı bildirilmiştir (Tolunay, 2015). Arazi kullanım değişikliği, TOK stokunu kontrol eden en önemli faktörlerden birisidir. Çünkü bu değişiklik, organik maddenin ayrışma sürecini ve miktarını önemli derecede etkilemektedir (John vd., 2005). Ayrıca bitki örtüsünün cinsi, kapalılığı, miktarı ve arazi kullanımı değişikliği topraktaki organik karbonun ve azotun geçişini (Bolin ve Sukumar, 2000) ve toprak solunumunu büyük oranda etkileyerek, karbonun ve azotun açığa çıkmasına neden olmaktadır (Post ve Kwon, 2000). Arazi kullanım değişikliği, özellikle topraktaki organik karbonun azalmasına ve buna bağlı olarak atmosferdeki CO₂ miktarının artmasına sebep olmaktadır (Houghton, 1999). Ayrıca arazi örtüsünün değişmesine neden olmaktadır (Bolin ve Sukumar, 2000). Bu nedenle arazi kullanımının tarihi geçmişini bilmek, karasal karbon depolama ve orman arazi örtüsü değişimini belirlemede en önemli göstergelerden biridir. Ek olarak, yapılan çalışmalar göstermektedir ki; orman ve diğer arazi kullanım şekillerinde, tüm toprak katmanlarındaki organik C ile N arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır (Grünzweig vd., 2004). Ormandan tarıma dönüşmüş alanlarda, TOK stoku genelde daha düşüktür. Bazı bilimsel çalışmalar, ormandan tarıma dönüşmüş alanlarda organik C miktarının azaldığını ortaya koymuştur (Poeplau vd., 2011; Bruun vd., 2015; Deng vd., 2016; Soleimani vd., 2019). Arazi kullanım değişikliği sonucunda, topraktaki azot kaybı, karbon kaybına kıyasla daha düşük orandadır (%34). Bu durumda boreal ormanlarının sürekli tarım arazisine dönüşmesi sonucunda, küresel olarak ısınmanın artmasıyla karasal ekosistemde ~%51 oranında karbon kaybı yaşanması söz konusudur (Grünzweig vd., 2004).

Bu çalışmada birbirine bitişik farklı arazi kullanım durumundaki; genç sarıçam meşcerelerinin ve tarım arazisinin, toprak yüzeyi ölü örtü, TOK ve toplam azot (TA) stokları üzerindeki etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bunun için 18 ve 30 yaşlarında sarıçam meşcereleri ile bitişiginde yer alan tarım topraklarında çalışma yürütülmüş ve 0-5 cm, 5- 10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-30 cm olmak üzere 5 farklı toprak derinlik kademesinin pH, hacim ağırlığı, yarayışlı potasyum, alınabilir fosfor, organik madde, toprak tekstürü, TOK, TA miktarları ve stokları belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanlarının genel tanımı ve örnekleme

Bu çalışma, Kastamonu iline 80 km uzaklıkta ve coğrafi bölge olarak Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde 41° 51' 23" kuzey enlemleri ile 33° 45' 36" doğu boylamları arasında yer alan İnebolu ilçe sınırları içinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanı ortalama yükseltisi 1030 m, kuzeydoğu bakılı ve ortalama eğimi %20 ila %30 arasında değişmektedir.

Çalışma alanının iklimi ise; çalışma alanına ortalama yıllık 1551 mm yağış düşmekte ve ortalama sıcaklık 9.3°C'dir (DMİ, 2016). Thornthwaite yöntemine göre, çalışma alanı çok nemli, orta sıcaklıkta, su noksanı olmayan, denizsel iklimine sahiptir (Thornthwaite, 1948). 1/250 000 ölçekli Akbaş vd. (2011) tarafından hazırlanmış jeoloji haritasına göre, sarıçam meşcereleri ile bitişigindeki tarım alanları şist kayaçları ihtiva etmektedir. Bu tür anayakaların toprakları, baz doygunluğu %50'den az ve killi B horizonuna sahip topraklardır (Atalay, 2006). Çalışma alanının toprakları, IUSS Çalışma Grupları (2014) raporlarına göre, Akrisol topraklardır ve genellikle kil bakımından zengindir (FAO, 1998). Organik katmanında bulunan humus tipi, çürüntülü humus formundadır. Türkiye'deki sarıçam ağaçları, toplam orman örtüsünün % 6.15'ini oluşturan 1.410.177 hektarlık bir yüzey alanına dağılmıştır (OGM, 2020). Özellikle ekili olmayan Tarım-1 arazisinde kuşburnu (*Rosa canina* L.), yabani erik (*Prunus divaricata* var. *divaricata*) ve otsu bitkiler hâkimdir.

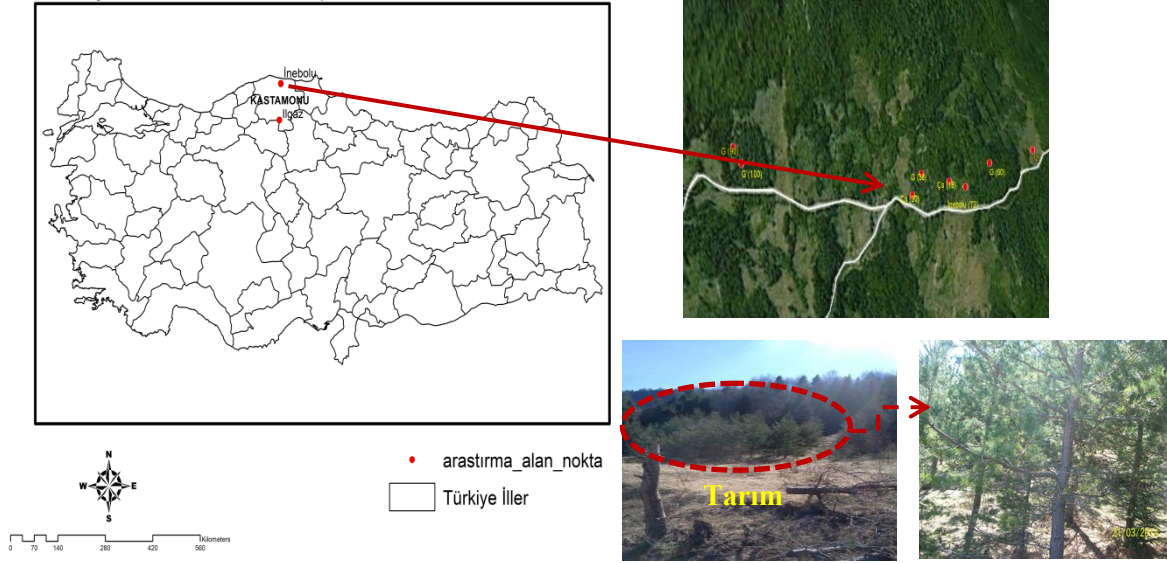
Çalışma alanında farklı yaş grubuna sahip sarıçam (18 ve 30 yaşında) meşcereleri ile bitişigindeki orman arazisinden açılarak en az 40 yıldır tarım alanı olarak kullanıldığı bilinen sahadan örnek alanlar seçilmiştir. Her sarıçam meşcere yaş sınıfında ve tarım arazisinde 20 x 20 m=400 m² oluşturulan deneme alanlarına ait koordinat, eğim, bakı ve yükselti ölçülmüştür. Ayrıca her deneme alanı altından 50 cm x 50 cm (0.25 m²) olacak şekilde 3 tekrarlı ve rastgele mineral toprak üzerindeki ölü örtü örnekleme yapılmıştır. Deneme alanı içerisinde bulunan sarıçam ağaçlarının ortalama yaşı ve çapı ölçülmüştür. Ortalama ağaç yaşını hesaplamada en az 3 ağaçtan olacak şekilde artım burgusu kullanılmış; ağaçların göğüs yüzeyindeki (d₁₃₀) çapı ise kumpas yardımıyla belirlenmiştir.

Toprak örnekleme, farklı yaştaki sarıçam meşcereleri (Ç_{S18} ve Ç_{S30}) ile tarım arazilerinden (Tarım-1 ve Tarım-2) doğal yapısı bozulmamış ve bozulmuş olacak şekilde yapılmıştır.

Bozulmamış toprak örnekleri, beş farklı toprak derinliğinden (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-30 cm) silindir

yardımlarıyla alınmıştır ve 2 tekrarlı yapılmıştır.

Araştırma Alanlarının Türkiye Haritasındaki Konumu



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye haritasındaki yeri ve konumu.
Figure 1. Location of the study field on the map of Türkiye

2.2. Ölü örtü ve topraklarda analizler

Farklı arazi kullanım şekli altındaki ölü örtü örnekleri laboratuvara getirilmiş ve etüvde 70°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Ölü örtü örneklerinin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak toprak üstündeki ölü örtünün kuru ağırlıkları belirlenmiş ve hektara çevirme katsayısı (25) ile çarpılarak $t\ ha^{-1}$ biriminde ölü örtü miktarı hesaplanmıştır (Makineci, 1999).

Toprak örneklerinde pH 1:2.5 toprak+distile su çözeltisinde pH metre ile ölçülmüştür (Jackson, 1962). Toprağın hacim ağırlığı; toprağın fırın kurusu ağırlığının silindir örneğinin hacmine oranı ile hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986). Topraklarda fosfor tayini, Bray ve Kurtz (1945) yöntemine göre ekstrakte edilerek ve spektrofotometrede belirlenmiştir. Toprakta amonyum asetat ile ekstrakte edilebilir yarıyıllı potasyum miktarı belirlenmiştir (Knudsen vd., 1982; Thomas, 1982). Toprakların organik madde miktarı, Walkley ve Black (1934) yöntemine göre yapılmıştır. Toprak tekstürü (kil toz ve kum), Bouyoucos'un (1962) Hidrometre yöntemine göre yapılmıştır. Toprak örneklerinde azot (N) ve karbon (C) miktarı; kuru yakma yöntemine göre Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan Eurovector markalı cihazda CNH-S elemental analiz yöntemiyle tayin edilmiştir. TOK ve TA stokları, toprak kütlesi, hacim ağırlığı ve toplam karbon veya azot miktarları dikkate alınarak hesaplanmıştır (Lee vd., 2009). Her bir toprak derinlik kademesinin toprak kütlesi; hacim ağırlığı ve dönüşüm katsayıları çarpılmış ve aşağıdaki Denklem 1'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toprak Kütlesi (Tk}_i\text{)} (t\ ha^{-1}) = (HA \times T_i \times 10^4) \quad (\text{Denklem 1})$$

Bu denklemde;

HA: hacim ağırlığı, T_i : i toprak derinliği (m) ve 10^4 ise dönüşüm katsayısı ($m^2\ ha^{-1}$).

TOK veya TA miktarı ise Denklem 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{TOK \& TA stoku: \%TOK \& \%TA} \times T_k_i (t\ ha^{-1}) \quad (\text{Denklem 2})$$

Bu denklemde;

T_k_i , i toprak derinliğinde kuru toprağın kütlesidir (Sariyildiz vd., 2015).

2.3. İstatistiksel analizler

Farklı yaşlardaki sarıçam meşcereleri ile tarım arazilerinin toprak özellikleri, TOK ve TA stoklarının karşılaştırılmasında varyans analizi kullanılmıştır. Varyans analizi sonucunda karşılaştırılmış gruplar arasındaki farklılıklar Tukey's testi ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizler, IBM SPSS programı kullanılarak elde edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Meşcere ve toprak özellikleri

Farklı yaşlardaki sarıçam türlerine ait meşcere özellikleri Çizelge 1'de gösterilmektedir. Bununla birlikte tarım ve sarıçam meşcereleri altındaki bazı toprak özellikleri de Çizelge 2'de verilmiştir. Sarıçam meşcere yaşlarının artmasına bağlı olarak ortalama çap ve boyları artmaktadır. Farklı yaşlardaki sarıçam meşcere kapalılığı aynı olup, %41- %70 arasında değişmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sarıçam meşcerelerine ait silvikültürel özellikler.
Table 1. Silvicultural characteristics of Scotch pine stands

Meşcere Yaşı (yıl)	Çalışma Alanı	Ortalama Çap (cm)	Meşcere Kapalılığı (%)
18	İnebolu	13.5	41-70
30	İnebolu	31.5	41-70

0-30 cm derinlik kademesinde bazı toprak özellikleri arazi kullanım şekilleri (orman ve tarım) arasında önemli bir farklılık göstermiştir (Çizelge 2). En yüksek pH (6.61), fosfor (10.02 kg/da), organik madde (%3.39) ve kum miktarı (%47.67) Tarım-1 topraklarında, en yüksek hacim ağırlığı (1.72 g cm⁻³) ve yarayıslı potasyum konsantrasyonu (46.29 kg/da) 30 yaşındaki sarıçam meşcereleri altındaki topraklarda

tespit edilmiştir. Tezat olarak, en düşük pH (4.90), fosfor (2.00 kg/da) ve kum miktarı (%29.99) Tarım-2 topraklarında, en düşük hacim ağırlığı ise 1.50 g cm⁻³ ile 18 yaşındaki sarıçam topraklarında belirlenmiştir (Çizelge 2). Orman altındaki topraklar genellikle killi balçık olup, Tarım-2 arazisinde killi topraklar ve Tarım-1 arazisinde kumlu killi topraklar hâkimdir.

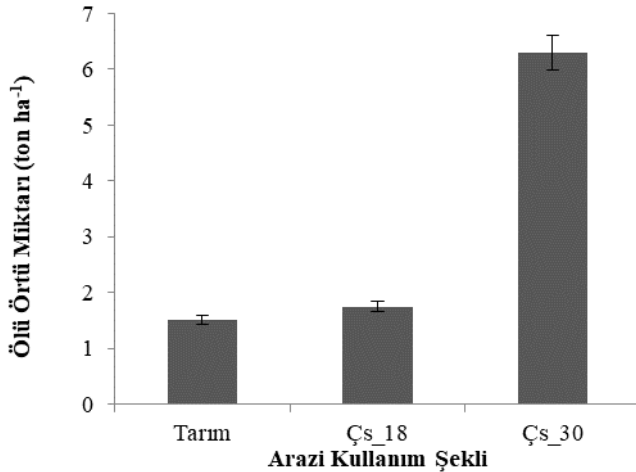
Çizelge 2. Çalışma alanlarına ait bazı toprak özellikleri (30 cm toprak derinliği).
Table 2. Some soil characteristics of study fields (Soil depth of 30 cm).

Arazi Kullanımı	pH (H ₂ O)	Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	P (kg/da)	K (kg/da)	Organik Madde (%)	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Toprak Türü
Tarım-1	6.61d	1.55b	10.02d	33.0a	3.39c	47.67d	16.81a	35.52b	Kumlu Kil
Tarım-2	4.90a	1.56c	2.00a	41.34c	3.39c	29.99a	28.39b	41.62d	Kil
Orman (Çs ₁₈)	5.58b	1.50a	2.86b	38.04b	3.15b	31.24b	33.12d	35.64c	Killi Balçık
Orman (Çs ₃₀)	5.65c	1.72d	2.92c	46.29d	2.90a	40.75c	30.45c	28.8a	Killi Balçık

*Farklı küçük harfler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır ($p < 0.05$)

3.2. Farklı arazi kullanım şekilleri altındaki ölü örtü miktarının değişimi

Genel olarak, farklı yaşlardaki sarıçam ve tarım alanlarındaki ölü örtü miktarları Şekil 2'de verilmiştir. Tarım alanlarında ölü örtü miktarı 1.51 ton ha⁻¹ ile en düşüktür; bunu sırasıyla 18 yaşındaki sarıçam meşcereleri (1.75 ton ha⁻¹) ve en yüksek değer ile 30 yaşındaki sarıçam meşcereleri (6.5 ton ha⁻¹) takip etmiştir. Meşcere yaşının artmasına bağlı olarak orman katmanında biriken ölü örtü miktarı artış göstermiştir.



Şekil 2. Farklı arazi kullanım durumuna göre ölü örtü miktarının değişimi.

Figure 2. Variation in amount of the litter according to different land use conditions

3.3. Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarlarının Değişimi

Ortalama TOK ve TA miktarları farklı arazi kullanım şekli ve toprak derinliklerine göre Çizelge 3'te verilmiştir. Toprak organik karbon stokları, toprak derinliklerine bağlı olarak artan-azalan ya da azalan-artan bir şekilde eğilim göstermiştir ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. 18 yaşındaki sarıçam meşcereleri altındaki topraklarda (%4.56) ve tarım topraklarında (%4.52) en fazla organik karbon miktarı, toprağın ilk 5 cm'lik kısmında iken, en düşük organik karbon miktarı 20-30 cm toprak derinlik kademesinde sırasıyla %2.2 ve %2.3 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). 30 yaşındaki sarıçam meşcerelerinin topraklarında organik karbon miktarı en fazla 5-10 cm (%3.19), 15-20 cm (%3.14) ile 20-30 cm (%3.5) toprak derinlik kademelerinde birikmiştir. Her üç alanda da ortalama 0-30 cm toprak derinliğinde, organik karbon miktarları hemen hemen aynı miktara sahiptirler (Çizelge 3).

TA miktarında ise, toprak derinliklerine bağlı olarak önemli bir şekilde anlamlı istatistiksel farklılık bulunmaktadır (Çizelge 3). En yüksek TA stoku, 0-5 cm derinlikteki 18 yaşındaki sarıçam meşcereleri altındaki topraklarda (%0.31) ve tarım topraklarında (%0.32) iken, en düşük TA stokuna 20-30 cm derinlikteki 18 yaşındaki sarıçam meşcereleri (%0.14) ile tarım topraklarında (%0.2) rastlanılmıştır. Her üç alanda da ortalama 0-30 cm toprak derinliğinde, TA miktarları hemen hemen aynı değerdedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı arazi kullanım şekli ve farklı toprak derinliklerindeki organik karbon ve toplam azot miktarları.
Table 3. Amount of organic carbon and total nitrogen in different land use patterns and different soil depths

Arazi Kullanım Şekli	Toprak Organik Karbon (%)					Toplam Azot (%)						
	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	Mean 0-30 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-30 cm	Mean 0-30 cm
Orman (Çs18)	4.56n	2.6f	2.38d	2.74g	2.2b	2.9	0.31g	0.17c	0.15b	0.23f	0.14a	0.2
Orman (Çs30)	2.8h	3.19k	1.99a	3.14j	3.5l	2.92	0.2d	0.23f	0.17c	0.22e	0.22e	0.21
Tarım	4.52m	2.98ı	2.76g	2.42e	2.3c	2.99	0.32h	0.23f	0.23f	0.22e	0.2d	0.24

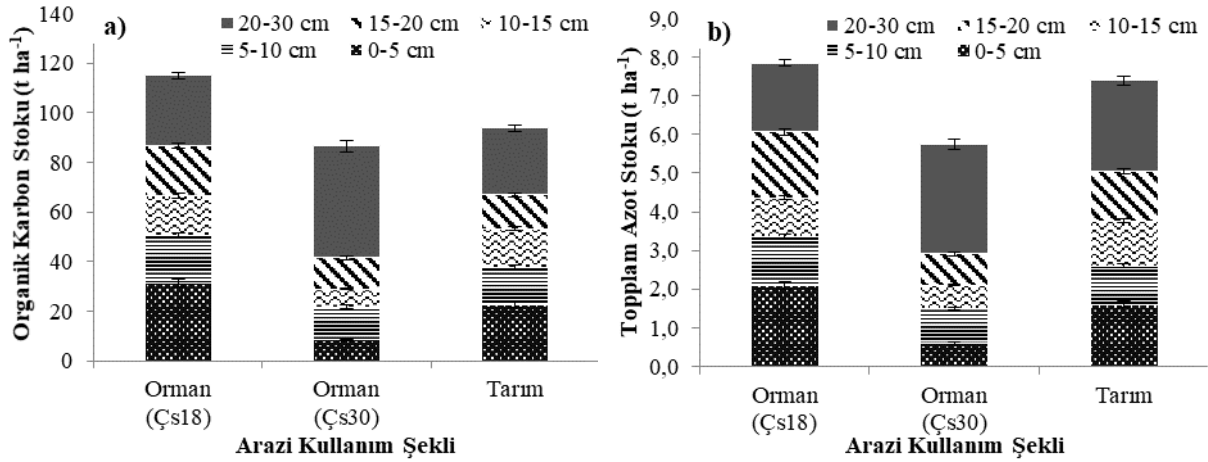
*Farklı küçük harfler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark vardır ($p < 0.05$)

3.4. Toprak organik karbon ve toplam azot stoklarının değişimi

Farklı toprak derinlik kademelerinde ve arazi kullanım şekillerine göre, ortalama TOK ve TA stokları Şekil 3'te verilmiştir. Toprak organik karbon stokları, toprak derinliklerine bağlı olarak artan-azalan bir şekilde eğilim göstermiştir (30 yaşındaki sarıçam meşçeresi hariç). Ortalama 0-30 cm derinlikteki topraklarda en fazla organik karbon 18 yaşındaki sarıçam meşçerelerinde ($115 \text{ ton C ha}^{-1}$) tespit edilmiş, bunu sırasıyla tarım arazileri ($93.7 \text{ ton C ha}^{-1}$) izlemiş ve en düşük organik karbonun 30 yaşındaki sarıçam meşçeresi topraklarında ($86.6 \text{ ton C ha}^{-1}$) depolandığı görülmüştür. 18 yaşındaki sarıçam meşçeresinin ilk 5 cm derinliğinde en fazla organik karbon ($31.2 \text{ ton C ha}^{-1}$) depolanırken, 30 yaşındaki sarıçam meşçeresi topraklarında en düşük organik karbon stoku ($8.4 \text{ ton C ha}^{-1}$)

bulunmaktadır (Şekil 3a). Bunun yanı sıra, 20-30 cm toprak derinliğinde en fazla organik karbon stoku 30 yaşındaki sarıçam meşçereleri ($45.1 \text{ ton C ha}^{-1}$) ile tarım topraklarında ($26.9 \text{ ton C ha}^{-1}$) depolanmıştır (Şekil 3a).

TA stokları ilk 5 cm toprak derinliğinde, en yüksek 18 yaşındaki sarıçam meşçereleri altındaki topraklardadır ($2.1 \text{ ton N ha}^{-1}$). 20-30 cm toprak derinliğindeki tarım arazileri ($2.34 \text{ ton N ha}^{-1}$) ve 30 yaşındaki sarıçam meşçereleri altındaki topraklarda ($2.83 \text{ ton N ha}^{-1}$) en yüksek TA stoklarına rastlanılmıştır (Şekil 3b). Genel olarak, ortalama 0-30 cm toprak derinlik kademesinde en yüksek TA stoku 18 yaşındaki sarıçam meşçereleri altındaki topraklarda tespit edilmiş ($7.86 \text{ ton N ha}^{-1}$) ve bunu sırasıyla tarım toprakları ($7.39 \text{ ton N ha}^{-1}$) ve en düşük olarak da 30 yaşındaki sarıçam meşçereleri altındaki topraklar ($5.74 \text{ ton N ha}^{-1}$) takip etmiştir (Şekil 3b).



Şekil 3. Farklı arazi kullanım şekilleri altındaki TOK (a) ve TA (b) stoklarının derinliğe bağlı olarak değişimi.
Figure 3. Variation in SOC (a) and TN (b) stocks depending on depth under different land use patterns

4. Tartışma ve Sonuç

Burada sunulan çalışmanın sonuçları, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşçereleri ile tarım arazisi altındaki ölü örtü, toprak özellikleri, TOK ve TA stokları üzerinde arazi kullanım şeklinin ve toprak derinliğinin önemli bir etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte sarıçam meşçerelerinin yaşına bağlı olarak artma-azalma şeklinde dalgalanmalar gösterebildiği görülmektedir.

Genel olarak, farklı arazi kullanım durumu (tarım ve orman) altında bazı toprak özelliklerinin önemli ölçüde farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Tarım-1 arazisinde pH, potasyum, organik madde miktarının en yüksek değerde olmasında, üzerinde yetişen kuşburnu (*Rosa canina* L.),

yabani erik (*Prunus divaricata* var. *divaricata*) gibi farklı çalılar ve meyve ağaçları ile otsu legume bitkilerinin etkisi olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte meşçere yaşına bağlı olarak, sarıçam altındaki toprak özelliklerinde önemli derecede farklılıklar gözlemlenmiştir. Yani toprak pH değerleri sarıçam ağaçlarında yaşa bağlı olarak artış göstermiştir. Orta ya da olgun yaşlardaki ağaçların topraklarında pH'ın yüksek olmasında hem pedojenik hem de besin emiliminin fazla olması etkili olmaktadır (de Moraes vd., 1996). Topraklarda alüminyum çökmesine bağlı olarak, hidrojen+alüminyum azalmasına neden olan karbonat girdisinin artışı topraklarda pH değerini yükseltmektedir (Perin vd., 2003). Sarıçam türlerinde meşçere yaşının artmasıyla kum miktarında bir artış gözlemlenirken; toz ve

kil miktarlarında ise bir azalma gözlemlenmiştir. 30 yaşındaki sarıçam meşcereleri altındaki topraklarda organik madde miktarının düşük olmasında toprak yüzeyine dökülen iğne yaprak dökülmesinden ziyade dal dökülmesinin fazla olması ve buna bağlı olarak ölü örtü ayrışmasının yavaş olması etkili olabilir. Bununla birlikte 30 yaşındaki sarıçam meşcere topraklarında düşük kil içeriğine sahip olması (%28.8) hacim ağırlığının artmasına neden olabilir. Benzer şekilde Koolen ve Kuipers (1983), kumlu topraklarda yüksek hacim ağırlığını mikro gözeneklerin olmaması ile açıklamıştır.

Mineral üst toprak yüzeyinde biriken ölü örtü miktarı, aynı yetiştirme ortamında bulunan sarıçam meşcereleri için yaşa bağlı olarak (18 ve 30 yaşlarında) artma eğilimi göstermiştir ve en düşük tarım toprakları üzerinde ölü örtü birikmiştir (Şekil 2). Tarım topraklarında ölü örtü miktarının düşük olmasında, tarım bitkilerinin artıklarının etkisi olabilir. Genellikle orman topraklarında organik madde birikimi fazladır (Murty vd., 2002). Benzer şekilde, Augusto vd. (2010) ile Díaz-Pinés vd. (2011) çalışmalarında orman topraklarında organik madde birikiminin fazla olduğunu belirtmişlerdir. Albrektson (1988) çalışmasında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde, Ranger vd. (2003) Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) meşcereleri altındaki ölü örtü miktarının, artan meşcere yaşıyla birlikte azaldığını belirtmişlerdir. Ancak, Çepel vd. (1988) *Pinus brutia* meşceresinde ve Köhler vd. (2008) *Quercus kopeyensis* meşcereleri altında ölü örtü miktarının orta meşcere gelişme çağına en yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda meşcere yaşı ile birlikte orman ölü örtü miktarında önemli bir artış gözlemlenmiştir (Şekil 2). Orta ve genç meşcereler arasında toprak yüzeyindeki orman altı ölü örtü miktarındaki farkın nedeni, pek çok çalışmada gösterildiği gibi, ölü örtü düşen malzemedeki varyasyona bağlanabilir. Örneğin, meşcerede erken yaşlarda toprak yüzeyine düşen ölü örtü miktarında çoğunlukla iğne yaprak dökülmesi daha etkili olurken, daha sonrasında dal ya da sürgünler daha baskın olmaktadır (Binkley, 1986). Bunun yanı sıra, toprak organizmalarının ölümü, bitki kökleri, mikroorganizmaların besin kaynağı sırasında açığa çıkardıkları solunum olayları da toprak organik maddesini ihtiva etmektedir.

18 yaşında sarıçam meşcereleri altındaki topraklarda TOK stokları en yüksek iken, 30 yaşında ise en düşüktür. Bunun aksine, Tahmaz (2016) çalışmalarında yaşlı ormanlara müdahalenin daha az olması nedeniyle topraklarda C'nun zaman içerisinde birikmesinden kaynaklı yaşlı ağaç altındaki topraklarda daha fazla TOK depolandığını belirtmiştir. Sarıçam meşcerelerine bitişik olan ve tarımsal amaçlı kullanılan arazilerde ortalama TOK (93.70 t C ha⁻¹) TA (2.34 t N ha⁻¹) stokları genel toplamda (0-30 cm), 18 yaşındaki sarıçam meşcerelerinden daha düşük ve 30 yaşındaki sarıçam meşcere topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Özellikle Tarım-2 topraklarının oldukça killi olması, tüm tarım topraklarında organik maddenin fazla olması, 30 yaşındaki sarıçam meşcereleri altında daha çok dal ve sürgün ölü örtüsünün dökülmüş olmasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Desjardins vd. (2004) ile Walker ve Desanker (2004) killi toprakların kumlu

topraklara kıyasla, toprakta karbonu üç katı daha fazla bulundurduğunu belirtmişlerdir. Yani topraklarda karbonun artması, doğrusal bir şekilde kil miktarının artmasına bağlanabilir. Bu durum karbonun kil yüzeyindeki küçük gözeneklerde tutulmasından kaynaklanmaktadır (Paul, 1984). Meşcere yaşına bağlı olarak, TOK ve TA miktarı ile stoklarında farklılık görülmesi ve bu farklılığın artış yönünde olduğu birçok bilimsel çalışmada da ifade edilmiştir (Erickson vd., 2001; Rhoades vd., 2000). TOK stokları üzerinde iklim, kil miktarı, arazi kullanım değişikliği, ormancılık yönetim uygulamaları gibi faktörler etkili olmaktadır (Neill vd., 1997a; Parfitt vd., 1997; Fearnside ve Barbosa, 1998; Jobbagy ve Jackson, 2000). Ülkemizde, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türünün TOK stokları Çepel (1977), Tolunay (1992) ve Güner (2006) tarafından 18.3 t C ha⁻¹ ile 448 t C ha⁻¹ arasında bulunmuş ve bizim çalışmamızda da sarıçam meşcerelerinde TOK stokları, diğer çalışmalarla ifade edilen aralık bandı arasında bulunmuştur.

Sarıçam meşcerelerinde ise genç yaşta (18 yaşında) en yüksek TOK stokları tespit edilirken, bunu sırasıyla tarım toprakları izlemiş ve 30 yaşında sarıçam meşcerelerinde en düşük olarak belirlenmiştir. Bu durum, farklı arazi kullanım durumu altındaki topraklarda yüksek organik madde, yüksek kil içeriği ve düşük hacim ağırlığına sahip olması, TA stokları üzerinde olumlu bir yönde etkisi olabilir. McGrath vd., (2001) çalışmasında topraktaki karbon, azot ve fosfor içeriğinin kil miktarıyla güçlü bir ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Orman topraklarında en yüksek net N mineralizasyonu; ince bünyeli topraklarda ve organik maddenin yüksek olmasına bağlı olarak değişmektedir (Neill vd., 1997b). Bu çalışmada TOK miktarı, genellikle toprak derinliğinin artmasına bağlı olarak azalmaktadır. Durán Zuazo vd. (2014) sarıçam altındaki topraklarda TOK miktarının toprak derinliğine bağlı olarak azaldığını belirtmişlerdir. İğne yapraklı ağaç türleri altındaki topraklarda C ve N stokları en fazladır ve özellikle sarıçam ve halep çamı türleri için çok fazla ibre (ölü örtü) dökülmesi ve birikmesinin etkili olduğu söylenebilir (Johnson ve Curtis, 2001).

Çalışma sonuçları özellikle toprak derinliği, farklı arazi kullanım durumu ve meşcere yaşına bağlı olarak toprak özelliklerinin (toprak tekstürü, hacim ağırlığı), TOK ve TA stoklarının değişiklik göstermesinde önemli rol oynadığını göstermiştir. Orman topraklarında TOK ve TA stokları, toprak yüzeyinde ve toprak içerisindeki organik madde miktarı ile yakından ilişkilidir. Orman ekosistemlerindeki organik madde miktarı ve kalitesi beşeri faktörlere ve doğal olarak gelişen ekolojik faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, orman ekosistemleri TOK ve TA stokları açısından önem arz etmekte ve orman arazilerinin artırılması, TOK ve TA stokunun artırılmasıyla, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonlarını azaltmak için etkili bir yol olarak görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Temel SARIYILDIZ danışmanlığında Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2012-2017 yılları arasında Gamze SAVACI tarafından hazırlanmış olup, doktora tezinin

bir bölümünü içermektedir (Savacı, 2017). Bununla birlikte, bu çalışma Kastamonu Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından KUBAP03/2015-1 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ.E., ...&... Yurtsever, A. vd., 2011. 1:1.250 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara-Türkiye.

Albrektson, A., 1988. Needle litterfall in stands of *Pinus sylvestris* L. in Sweden, in relation to site quality, stand age and latitude. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3(1-4), 333-342.

Atalay, İ., 2006. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası. 3. Baskı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını.

Augusto, L., Bakker, M.R., Morel, C., Meredieu, C., Trichet, P., Badeau, V., ... & Ranger, J. 2010. Is 'grey literature' a reliable source of data to characterize soils at the scale of a region? A case study in a maritime pine forest in southwestern France. *European Journal of Soil Science*, 61(6), 807-822.

Binkley, D., 1986. Forest Nutrition Management. *John Wiley & Sons*.

Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density 1. Methods of soil analysis: part 1-physical and mineralogical methods, (*methodsofsoilan1*), 363-375.

Bolin, B., Sukumar, R., 2000. Global Perspective. In: Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J., Dokken, D.J. (Eds.), Land use, Land-use Change, and Forestry. Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, Pp. 23-51.

Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy Journal*, 54(5):464-465.

Bray, R.H., Kurtz, L.T., 1945. Determination of total, organic and available forms phosphorus in soils. *Soil Science*, 59:45-49.

Bruun, T.B., Elberling, B., de Neergaard, A., Magid, J., 2015. Organic carbon dynamics in different soil types after conversion of forest to agriculture. *Land Degradation & Development*, 26(3):272-283.

Çepel, N., 1977. Türkiye'nin önemli yetişme bölgelerindeki saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etkenler arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26(2):25-64.

Çepel, N., 1996. Toprak İlimi Ders Kitabı -Orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşumu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Yayın No, 3945, Orman Fakültesi Yayın No, 438, İstanbul.

Çepel, N., Dündar, M., Özdemir, T., Neyişçi, T., 1988. Kızılcıçam (*Pinus brutia* Ten.) ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa verilen besin maddeleri miktarları, *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları*.

de Moraes, J.F.L., Volkoff, B., Cerri, C.C., Bernoux, M., 1996. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondonia, Brazil. *Geoderma* 70: 63-81.

Deng, L., Zhu, G.Y., Tang, Z.S., Shangguan, Z.P., 2016. Global patterns of the effects of land-use changes on soil carbon stocks. *Global Ecology and Conservation*, 5: 127-138.

Desjardins, T., Barros, E., Sarrazin, M., Girardin, C., Mariotti, A.,

2004. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(2):365-373.

Díaz-Pinés, E., Rubio, A., Van Miegroet, H., Montes, F., Benito, M., 2011. Does tree species composition control soil organic carbon pools in Mediterranean mountain forests?. *Forest Ecology and Management*, 262(10):1895-1904.

DMİ, 2016. Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md., Kastamonu Meteoroloji İl Müdürlüğü, Kastamonu ve İnebolu Meteoroloji İstasyonu Verileri, 1960- 2015. Kastamonu.

Durán Zuazo, V.H., Rodríguez Pleguezuelo, C.R., Cuadros Tavira, S., Francia Martínez, J.R., 2014. Linking soil organic carbon stocks to land-use types in a mediterranean agroforestry landscape. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(3):667-679.

Erickson, H., Keller, M., Davidson, E.A., 2001. Nitrogen oxide fluxes and nitrogen cycling during postagricultural succession and forest fertilization in the humid tropics. *Ecosystems*, 4:64-84.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015. Major Soil Groups of the World (FGGD) (GeoLayer).

FAO 1998. World Reference Base for Soil Resources, by ISSS-ISRIC-FAO.

Fearnside, P.M., Barbosa, R.I., 1998. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 108 (1-2):147-166.

Grünzweig, J.M., Sparrow, S.D., Yakır, D., Chapin, F.S., 2004. Impact of agricultural land-use change on carbon storage in Boreal Alaska. *Global Change Biology* 10(4):452-472.

Güner, Ş.T., 2006. Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (*Pinus sylvestris* ssp. *hamata*) ormanlarının yükseltiyeye bağlı büyüme beslenme ilişkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Eskişehir.

Houghton, R.A., 1999. The Annual Net Flux of Carbon to the Atmosphere from Changes in Land Use 1850-1990. *Tellus*, 51B:298-313.

IPCC, 2013. Summary for Policymakers. in: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

IUSS Working Group, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014 International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. FAO, Rome.

Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. (Constable and Company, Ltd: London).

John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., Flessa, H., 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128:63-79.

Johnson, D.W., Curtis, P.S., 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140(2):227-238.

Kantarci, M., 2000. Toprak İlimi. İstanbul Ün. Orman Fak. Yayınları No:462, s:420, İstanbul.

Knudsen, D., Peterson, G.A., Pratt, P.F. 1982. Lithium, Sodium, and Potassium. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (*methodsofsoilan2*), Pp. 225-246.

Köhler, L., Hölscher, D., Leuschner, C., 2008. High litterfall in old-

growth and secondary upper montane forest of Costa Rica. *Plant Ecology*, 199(2):163-173.

Koolen, A. J., & Kuipers, H., (1983). *Agricultural soil mechanics*. Springer.

Landsberg, J.J., Gower, S.T., 1997. *Applications of Physiological Ecology to Forest Management*. Elsevier.

Lee, J., Hopmans, J.W., Rolston, D.E., Baer, S.G., Six, J., 2009. Determining soil carbon stock changes: simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(3-4):251-256.

Makineci, E., 1999. Araştırma ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 213s.

McGrath, D.A., Smith, C.K., Gholz, H.L., de Assis Oliveira, F., 2001. Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. *Ecosystems*, 4(7):625-645.

Murty, D., Kirschbaum, M.U., Mcmurtrie, R.E., MCGILVAY, H., 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology*, 8(2):105-123.

Neill, C., Melillo, J.M., Steudler, P.A., Cerri, C.C., de Moraes, J.F.L., Piccolo, M.C., Brito, M., 1997a. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Eco Appl.*, 7(4):1216-25.

Neill, C., Piccolo, M.C., Cerri, C.C., Steudler, P.A., Melillo, J. M., Brito, M., 1997b. Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. *Oecologia*, 110:243-52.

OGM 2020. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Parfitt, R.L., Theng, B.K.G., Whitton, J.S., Shepherd, T.G., 1997. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma*, 75(1-2):1-12.

Paul, E.A., 1984. Dynamics of soil organic matter. *Plant Soil*, 76:275-285.

Perin, E., Ceretta, C.A., Klamt, E., 2003. Time of agricultural use and chemical properties of two Ferralsols in the Planalto Médio region of the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:665-674.

Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., van Wesemael, B., Schumacher, J., Gensior, A., 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone-carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*, 17(7):2415-2427.

Post, W.M., Kwon, K.C., 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*,

6(3):317-327.

Ranger, J., Gerard, F., Lindemann, M., Gelhaye, D., Gelhaye, L., 2003. Dynamics of litterfall in a chronosequence of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) stands in the Beaujolais mounts (France). *Annals of Forest Science*, 60(6):475-488.

Rhoades, C.C., Eckert, G.E., Coleman, D.C., 2000. Soil carbon differences among forest, agriculture and secondary vegetation in lower Montane Ecuador. *Ecological Applications*, 10-2:497-505.

Sariyildiz, T., Savaci, G., Kravkaz, I.S., 2015. Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1):165.

Savacı, G., 2017. Farklı arazi kullanım türleri ve ağaç yaşının bazı toprak özellikleri, karbon ve azot depolamasına etkileri. Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s.179. Kastamonu, Türkiye.

Soleimani, A., Hosseini, S.M., Bavani, A.R.M., Jafari, M., Francaviglia, R., 2019. Influence of land use and land cover change on soil organic carbon and microbial activity in the forests of northern Iran. *Catena*, 177:227-237.

Tahmaz, C., 2016. Mineral toprak ve orman yüzeyindeki (ölü örtü) depolanan karbona ağaç türlerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu, Türkiye.

Thomas, G.W., 1982. Exchangeable Cations. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (methodsofsoilan2)*, Pp.159-165.

Thornthwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1):55-94.

Tolunay, D., 1992. Aladağ (Bolu) Kartalkaya bölgesinde Büyüksaha siperinde yetiştirilmiş sarıçam meşcerelerinin toprak özellikleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. 142 s., İstanbul.

Tolunay, D., 2015. Türkiye’de ormansızlaşma ile kaybedilen karbon miktarları. 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 7-9 Ekim, pp:441-452, İzmir.

Tolunay, D., Çömez, A., 2007. Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye’deki durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 13-14 Aralık, İstanbul.

Walker, S.M., Desanker, P.V., 2004. The impact of land use on soil carbon in Miombo Woodlands of Malawi. *Forest Ecology and Management*, 203(1-3):345-360.

Walkley, A., Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.



Effects of pre-commercial thinning on soil respiration and some soil properties in black pine (*Pinus nigra* Arnold) stands

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) meşcerelerinde ayıklama kesimlerinin toprak solunumuna ve bazı toprak özelliklerine etkisi

Aydın ÇÖMEZ^{1*}, Aliye Sepken KAPTANOĞLU²

¹Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir, Türkiye.

²Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye.

Sorumlu yazar:
Aydın ÇÖMEZ

E-mail:
acomez@hotmail.com

Gönderim Tarihi:
01/06/2023

Kabul Tarihi:
16/06/2023

Bu makaleye atıf vermek için:
Çömez, A., Kaptanoğlu, A. S. 2023. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) meşcerelerinde ayıklama kesimlerinin toprak solunumuna ve bazı toprak özelliklerine etkisi. Ağaç ve Orman, 4(1), 27-33.

Abstract

Forestry practices may cause significant changes in soil characteristics related to their properties and size. However, chemical attributes of the soil respond to the applications in the mid- or long-term while changes in soil respiration can react rapidly to forestry practices. Therefore, determining changes in soil attributes is needed to identify how the management practices would affect forest ecosystem function. Although there is much information on the effect of thinning practices on tree growth, there is a lack of knowledge on the impacts of pre-commercial thinning on soil properties, especially soil respiration. We aimed to determine pre-commercial thinning effects on some soil attributes in black pine sites. Four treatments with different intensities were applied to the stands studied. These practices were control (no pre-commercial thinning), 2000 (heavy), 4000 (moderate), and 6000 (light) individuals per hectare left. Measurements of soil respiration and soil temperature were carried out between 2014 and 2017 in the spring, summer, autumn, and winter months. Soil characteristics, including pH, organic matter, nitrogen, and phosphorus content, were measured just after and three years after the thinning. As a result, thinning increased soil respiration rate and soil temperature while decreasing soil pH values. Results of the study showed that carbon balance in the ecosystem was significantly affected by thinnings, and adjusting the thinning intensity may be an efficient carbon management tool for reducing carbon emissions from the soil.

Key words: Carbon dioxide, emission, thinning, organic matter, nitrogen, phosphorus.

Özet

Ormanlarda gerçekleştirilen teknik müdahaleler, özelliklerine ve boyutlarına bağlı olarak toprak özelliklerinde önemli değişikliklere neden olabilmektedir. Toprağın kimyasal özellikleri yapılan uygulamalara daha uzun sürede tepki gösterirken toprak solunumundaki değişim daha belirgin ve kısa sürede görülebilmektedir. Bu sebeple orman yönetim uygulamalarının orman ekosisteminin işlevlerini nasıl etkilediğinin ortaya konulması için toprak özelliklerindeki değişimin belirlenmesi gerekmektedir. Sözü edilen teknik müdahalelerden bakım kesimlerinin ağaç büyümesi üzerine etkisi konusunda çok fazla bilgi olmasına rağmen, toprak parametreleri, özellikle toprak solunumu üzerindeki etkileri hakkında bilgiler kısıtlıdır. Bu çalışma ile karaçam ormanlarında ayıklama kesimlerinin toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır, 4 farklı şiddette ayıklama müdahalesi yapılmıştır. Bu müdahaleler sırasıyla kontrol (kesim yok), 2000 (kuvvetli), 4000 (orta) ve 6000 (zayıf) fert ha⁻¹ kalacak şekilde uygulanmıştır. 2014-2017 yılları arasında örnekleme yapılmış ve ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında her parselde toprak solunumu ve toprak sıcaklığı için 9 ölçüm yapılmıştır. Toprak özelliklerinden pH, organik madde, azot ve fosfor içerikleri ayıklamadan hemen sonra ve 3 yıl sonra ölçülmüştür. Çalışma sonucunda ayıklama kesiminin toprak solunumunu (Rs) ve toprak sıcaklığını arttırdığı, pH değerlerini ise azalttığı belirlenmiştir. Çalışma sonuçları orman ekosistemindeki karbon bilançosunun ayıklama kesimlerinden etkilendiğini ve topraktan meydana gelen karbon emisyonunun azaltılmasında ayıklama şiddetinin ayarlanmasının karbon yönetimi için önemli bir araç olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Karbon dioksit, emisyon, sıklık bakımı, organik madde, azot, fosfor.

1. Introduction

Soil respiration (Rs) is one of the main sources which emits CO₂ to the atmosphere and is responsible for 25% of global CO₂ emissions (Schimel, 1995). Rs, which includes autotrophic and heterotrophic components and plays an essential role in the global carbon cycle (Schlesinger and Andrews, 2000), is the integrated result of underground processes and has been widely used to assess the effects of contribution to soil carbon pools (Keith et al., 1997; Concilio et al., 2005). Respiration of microorganisms, also called basal respiration, and plant roots living in the soil and the decomposition of organic substances cause the soil air to be enriched with CO₂ (Kantarci, 2000). Rs is the release of carbon dioxide from plant roots and microbial activities into the atmosphere by changing under temporal and spatial factors (Akburak and Makineci, 2013). In many studies, the effects of soil environmental variables such as soil temperature and moisture, texture, pH, total carbon, and total nitrogen on soil CO₂ output have been well documented (Gough and Seiler, 2004). However, the effects of silvicultural treatments, such as thinning, are poorly understood.

Silvicultural interventions can significantly affect the forest ecosystem, changing the matter and energy flows. Therefore, Rs can be a valuable indicator of how forest management and practices affect forest ecosystem function (Bolat, 2019). Silvicultural thinnings increase throughfall, light, and temperature, affecting nutrient cycling in the forest ecosystem (Tolunay, 2003).

Rs rate varies among ecosystems and is often the dominant component of ecosystem respiration (Raich and Schlesinger, 1992). However, in arid and semi-arid ecosystems, it has been studied much less than in other ecosystems (Raich and Potter, 1995; Subke et al., 2006; Bond-Lamberty and Thomson, 2010), and therefore temporal and spatial Rs differences in these regions are less known. Irregular and low precipitation in arid and semi-arid regions has significant effects on Rs concerning seasonal and autotrophic-heterotrophic ecosystem processes, causing fluctuations in CO₂ release from soil to the atmosphere (Davidson et al., 1998; Rey et al., 2002, 2005; Jarvis et al., 2007). Other characteristics of arid and semi-arid regions are the wide spatial diversity and irregular distribution of resources, environmental conditions, roots, and microorganisms responsible for the decomposition of organic matter. All soil properties, such as rock fragments, earthworms, other micro and macro fauna, and biological residues, have significant effects on carbon dynamics (Rey et al., 2011).

The effects of tree harvesting from the ecosystem on Rs are inconsistent in the literature. Many authors reported that Rs increased as a result of thinning (Kaye and Hart, 1998; Selig and Seiler, 2004; Selmants et al., 2008), while others stated that it decreased (Kaye and Hart, 1998; Tang et al., 2005), or does not change (Toland and Zak, 1994). The inconsistency in Rs's response to thinning may be due to the nonsteady-state conditions of autotrophic and heterotrophic

components (Yuste et al., 2007). For example, Rs may be decreased by thinning due to the death of respiratory tree roots (Pypker and Fredeen, 2003; Tang et al., 2005; Wiseman and Seiler, 2004) or increased with the rapid breakdown of these roots by soil microorganisms (Yuste et al., 2007) as well as the rapid root growth of new plants (Campbell et al., 2009). The decrease of stand density by thinning can affect the decomposition rate of organic matter and plant debris (Zhang and Zak, 1995, 1998) via changes in the microclimate conditions (Pang et al., 2013).

Massive carbon exchange occurs between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Forests can mainly serve as pools for anthropogenic CO₂ emissions (Schimel, 1995). Much extensive research has been attempting to understand the carbon cycle and come up with the rising CO₂ level of the atmosphere. Several experiments on free-air CO₂ enrichment have been carried out over a wide range of ecosystems for more than 20 years. These researchers reported the increase in the carbon distribution in the underground depends on fine root growth (Matamala and Schlesinger, 2000; Zak et al., 2000), the increase in soil carbon inputs (Lichter et al., 2008), and the increase in Rs (Pregitzer et al., 2008).

Carbon accumulation in forest soils can potentially balance the CO₂ concentration in the atmosphere. Soil organic carbon typically represents 50% of the total ecosystem carbon in forests (IPCC, 2001) and, in some cases, reaches three times the carbon stored above ground (Eswaran et al., 1993). As a result, soil organic carbon plays a crucial role in the natural global carbon cycle.

In this study, the effects of pre-commercial thinning on Rs and some soil attributes were investigated, and pre-commercial thinnings of different intensities were hypothesized to affect soil differently.

2. Material and Method

This study was conducted in a black pine stand, which was in the sapling stage with a mean diameter of 4 cm and a mean height of 3 m in 2014 in Kütahya province of Turkey (39°23'24"-39°23'40"N; 29°03'40"- 29°03'58"E), and with an altitude of 1240 m and an average slope of 25%. The aspect of the study area is north. The study area has a continental climate, with hot, dry summers and cold, wet winters. It receives an annual average of 820 mm of precipitation, according to the data of the nearest meteorology station in Simav-Kütahya. The mean temperature ranges from 2.4 °C in the winter to 21.8 °C in the summer (Table 1). Soil is a non-calcerous luvisol, according to IUSS Working Group WRB (2015), which developed from granite with well-drained, moderately deep sandy loam and loamy sand (Table 2) and covered by mull-type humus.

The dimensions of the plots were 10×10 m and 15×15 m, including a minimum of 40 individuals, with a 5 m buffer zone. The measurements were conducted on 12 plots with (4 treatments x 3 replications). The treatments included control (no thinning), 2000 (heavy), 4000 (moderate), and 6000 (light) individuals left per hectare, respectively. Field measurements and sample collection were carried out

between 2014 and 2017, in 3-6 months interval, due to the restriction of reaching the study site by snow cover. During the data collection campaign, a portable thermometer was used to measure soil temperature (Ts) in 10 cm soil depth.

Soil samples were collected to determine the soil properties from the Ah and Ael horizons of the soil profile by a steel cylinder with a 100 cm³ in volume. Particle size distribution of the soil was determined by the hydrometer method, EC, and pH by the electrometric method by an EC meter and pH meter following the standards of TS ISO 11265 and TS ISO 10390, respectively. The organic carbon content of the soil was determined by Walkley-Black wet digestion method, organic matter content was calculated by multiplying

organic carbon by 1.72, while nitrogen was by Kjeldahl using a Tekafos N analyzer and phosphor by Bray and Kurtz No 1 method using a spectrophotometer (Kacar 2012).

Soil respiration was determined by the gravimetric soda-lime method (Monteith et al., 1964; Grogan, 1998, Tüfekçioğlu and Küçük., 2004). Three chambers were installed on each plot just after placing the soda-lime specimen. The soda-lime specimens were recollected 24 hours after the installation from May 2014 to November 2017, with a total of 9 occasions, 3-6 months intervals considering the reaching conditions to the study field due to snow cover.

Table 1. The average precipitation (Pr, mm) and temperature (T, °C) in the study area.

Years	Parameters	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total Pr Mean T
1937-2017	Pr	126.5	106.9	86.6	71.7	48.3	28.1	15.2	10.7	24.5	49.2	94.3	157.6	819.6
	T	2.4	3.3	6.3	10.7	15.1	19.0	21.8	21.5	17.5	12.6	8.0	4.4	11.9
2014	Pr	38.8	18.2	23.4	56.2	62.6	90.8	2.2	1.2	57.0	57.0	37.6	93.2	538.2
	T	6.2	6.6	7.9	11.9	15.0	18.7	22.9	23.6	17.7	13.3	8.8	7.6	13.4
2015	Pr	99.0	65.8	60.2	41.8	54.1	60.6	20.5	45.6	15.0	32.6	49.0	1.8	546.0
	T	2.3	4.0	7.0	8.9	16.7	17.5	22.7	22.5	20.6	14.1	9.7	2.6	12.4
2016	Pr	149.2	34.8	75.2	16.2	42.0	15.8	0.0	52.4	29.6	5.0	75.4	4.8	500.4
	T	2.0	8.5	8.5	14.4	14.7	21.1	23.4	23.0	18.2	13.2	7.8	1.1	13.0
2017	Pr	113.6	30.2	36.2	69.4	67.8	77.8	1.4	35.4	3.4	44.8	53.8	66.8	600.6
	T	0.0	4.8	8.2	10.8	14.9	19.1	22.9	21.9	19.4	12.2	7.9	6.7	12.4

Table 2. Some soil characteristics of the study site in 2017.

Horizon	Bulk		pH	Organic Matter (%)	EC (mS cm ⁻¹)	Nitrogen (%)	Phosphor (mg kg ⁻¹)
	Density (g cm ⁻³)	Texture					
Ah	1.00 ±0.20	Sandy loam- Loamy sand	5.71±0.14	5.44 ±1.55	0.04 ±0.01	0.18 ±0.04	52.54 ±29.10
Ael	1.14 ±0.14	Sandy loam- Loamy sand	5.68 ±0.12	3.62 ±1.16	0.03 ±0.01	0.13 ±0.04	66.42 ±44.27

The effects of pre-commercial thinning applied at the different intensities on respiration and the time-dependent changes was evaluated by repeated measure ANOVA. Treatments were evaluated as a between-subject factor in repeated measures ANOVA to determine the differences within the thinning intensity. The mean annual respiration rates of the treatments were calculated by the mean of the periods. The mean respiration rates of the treatments for each year were evaluated by one-way ANOVA. All respiration data showed normal distribution. Therefore, no data transformation was needed. According to ANOVA results, the means separation test of the Duncan test was used for variables that were found to have a treatment effect, and the results were evaluated differently at the $\alpha = 0.05$ level (Özdamar, 2002).

3. Results

The highest Rs were observed in moderate thinning, except for November, September and November in 2015 and September in November 2017. Soil respiration changed from 0.35 g C m⁻² d⁻¹ in moderate thinning in September 2017 to 4.43 g C m⁻² d⁻¹ in June 2015. Variation in Rs among the measurement terms and treatment was significant at a level of $P < 0.001$ and $P < 0.05$, respectively. A decreasing trend was observed for Rs along the study period (Figure 1). Rs in the spring (in May or June) were higher

than in the autumn and winter (in November and February) (Table 3). Soil temperature increased with thinning with a significant increase in May 2016, September 2016, and May 2017, with the lowest values in control (Table 3). The mean annual soil respiration rate changed between 4.85 and 6.02 t C ha⁻² year⁻¹.

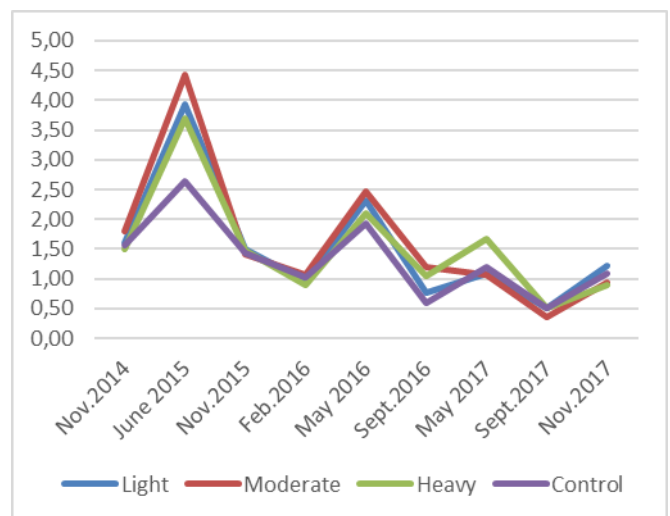


Figure 1. Soil respiration rates of the treatments. Changes in soil respiration (g C m⁻² day⁻¹) among the measurement terms is significant at a level of $P < 0.001$.

No significant variation in soil chemical parameters measured was found among the treatments, except the pH of

Ael horizon. Lower pH values were measured in the treatment parcels compared to the control (Figure 2).

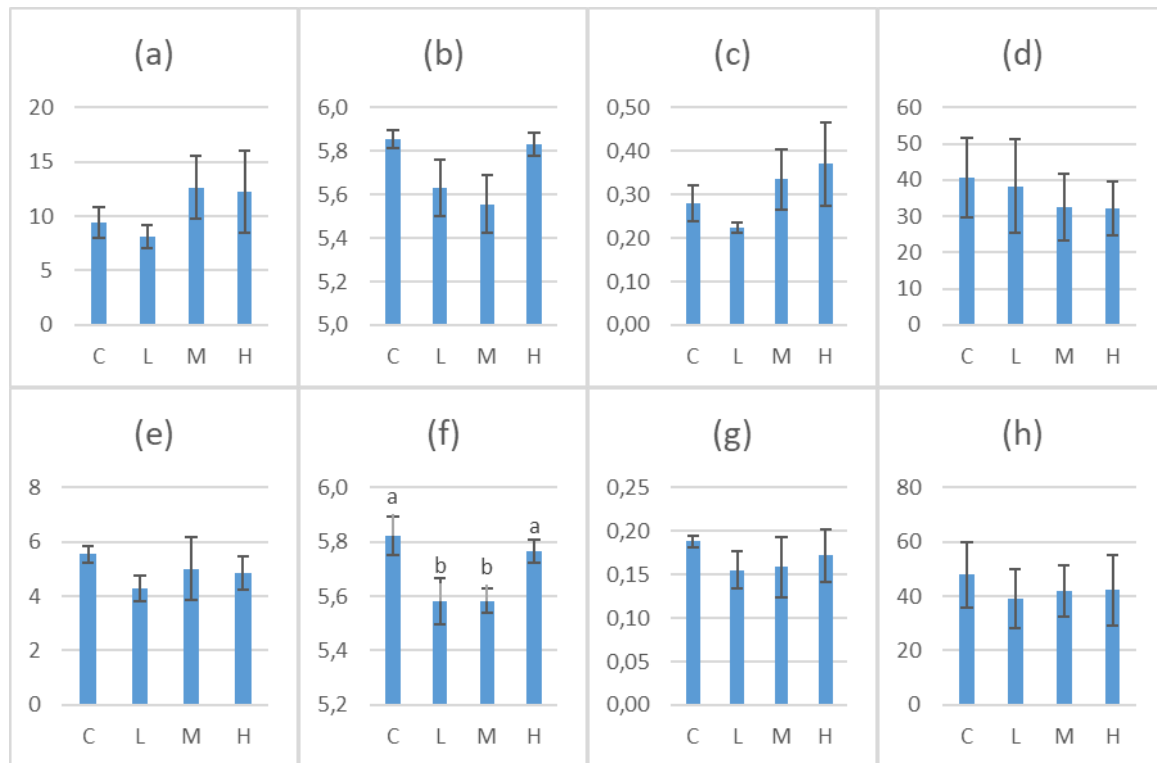


Figure 2. Some soil chemical attributes of the treatments. C, L, M, and H in the X-axis donate control, light thinning, medium thinning, and heavy thinning, respectively. (a) Organic matter content of Ah horizon (%), (b) pH of Ah horizon, (c) Nitrogen content of Ah horizon (%), (d) Phosphor content of Ah horizon (mg kg^{-1}), (e) Organic matter content of Ael horizon (%), (f) pH of Ael horizon, (g) Nitrogen content of Ael horizon, (%) Phosphor content of Ael horizon (mg kg^{-1}). The difference in pH of the Ael horizon was significant at a level of 0.05 and different groups were shown with different letters. Error bars indicate the standard error of the mean.

Table 3. ANOVA results for the thinning effects on soil respiration rate (Rs) and soil temperature (Ts) (Means \pm se).

Parameters	Practices	Nov 2014	Jun 2015	Nov 2015	Feb 2016	May 2016	Sep 2016	May 2017	Sep 2017	Nov 2017
Rs $\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$	Control	1.57 \pm 0.06a	2.64 \pm 0.06b	1.44 \pm 0.13a	1.03 \pm 0.03a	1.92 \pm 0.13a	0.59 \pm 0.02c	1.19 \pm 0.08b	0.51 \pm 0.04a	1.10 \pm 0.09a
	Light	1.61 \pm 0.08a	3.93 \pm 0.06a	1.49 \pm 0.08a	0.95 \pm 0.07a	2.31 \pm 0.25a	0.78 \pm 0.01b	1.08 \pm 0.04b	0.52 \pm 0.04a	1.23 \pm 0.20a
	Moderate	1.80 \pm 0.21a	4.43 \pm 0.66a	1.40 \pm 0.05a	1.08 \pm 0.12a	2.47 \pm 0.18a	1.19 \pm 0.10a	1.68 \pm 0.04a	0.35 \pm 0.03b	0.95 \pm 0.29a
	Heavy	1.50 \pm 0.07a	3.70 \pm 0.12ab	1.48 \pm 0.07a	0.90 \pm 0.02a	2.11 \pm 0.08a	1.04 \pm 0.03a	1.08 \pm 0.10b	0.51 \pm 0.05a	0.89 \pm 0.04a
	P	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.001	<0.001	<0.05	>0.05
Ts $^{\circ}\text{C}$	Control	2.87 \pm 0.19a	11.93 \pm 1.68a	6.87 \pm 0.15a	4.80 \pm 0.26a	9.27 \pm 0.13b	15.40 \pm 0.21b	10.13 \pm 0.26b	20.70 \pm 0.60a	2.30 \pm 0.15a
	Light	3.12 \pm 0.30a	13.80 \pm 0.17a	6.93 \pm 0.09a	4.77 \pm 0.12a	10.17 \pm 0.12a	15.33 \pm 0.23b	10.57 \pm 0.09ab	21.00 \pm 0.17a	2.33 \pm 0.18a
	Moderate	3.10 \pm 0.21a	13.97 \pm 0.24a	6.60 \pm 0.30a	4.53 \pm 0.48a	10.50 \pm 0.62bb	16.23 \pm 0.52ab	11.20 \pm 0.46a	20.40 \pm 0.31a	2.57 \pm 0.27a
	Heavy	2.87 \pm 0.32a	14.50 \pm 0.23a	6.63 \pm 0.03a	4.80 \pm 0.20a	11.50 \pm 0.25a	17.00 \pm 0.40a	11.40 \pm 0.06a	21.40 \pm 0.15a	2.33 \pm 0.30a
	P	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

*Different letters on same columns show different groups

4. Discussion and Conclusions

Soil respiration results of the present study are comparable with the results reported by Akburak and Makineci (2013), who found a range of Rs of 0.39-2.24 m^2d^{-1} for a *Pinus nigra* plantation in İstanbul. On the other hand, Tüfekçioğlu and Küçük (2004) reported a relatively lower Rs in May for *Picea orientalis* stands in a humid region, with a range of 0.59 to 1.13 $\text{g C m}^{-2}\text{d}^{-1}$. However, their Rs values in August were similar to our results in November, likely due to the effect of climatic conditions. On the other hand, thinning resulted in an increase in Rs in June 2015 and September 2016 in the present study, as reported by Yang et al. (2022), who found soil respiration between 0.63 and 6.72 $\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ which is in line with the results found in the current study. In addition, Zhang et al. (2022) reported that thinning

increased Rs by 32% in a *Cunninghamia lanceolata* plantation in southeastern China, which is lower than the present study, with a mean increase of 66% in June 2015 as a result of medium thinning compared to the control.

Higher Rs in the treatments than the control might be attributed to the accelerated litter decomposition rate due to increased moisture and temperature in a forest stand. Thinning decreases the interception capacity of the tree canopy while increasing rainfall reaches the forest floor (Cheng et al., 2020). In a variety of development stages (young, pole, mature) of forests, maintenance treatments such as thinnings lead to an increase in rainfall, light, and the temperature reaching the ground, a decrease in water consumption, and thus a change in the humidity-temperature relationship in the soil (Tolunay, 2003). According to the findings of this study, heavy thinning was observed to be

beneficial in keeping the CO₂ emission caused by soil respiration at the lowest level. A reduced live plant root due to thinning will lead to decreased root respiration in heavily thinned areas (Yuste et al., 2007), and soil respiration levels will close to the control site. It was reported that CO₂ emissions from the soil might be reduced by thinning due to the reduction in subsurface autotrophic respiration, which is greater than heterotrophic respiration (Sullivan et al., 2008; Ryu et al., 2009). In the present study, moderate and light treatments might encourage the formation of new plants, and their respiration levels that increase with root respiration were higher than those in control (Campbell et al., 2009).

Akburak and Makineci (2016) found that thinning had an effect only in the first year on soil respiration in a hornbeam forest in Istanbul. This change is in the direction of increasing soil respiration by removing trees from the system, as in our study. Thus, high respiration levels in the thinned plots might follow a decreasing trend over the years in this study. With an increase in thinning intensity, soil respiration may decrease with the death of breathing tree roots (Yuste et al., 2007). Still, it may increase with the rapid breakdown of these roots by soil microorganisms or the respiration of the fast-growing small roots of new plants (Campbell et al., 2009; Yang et al., 2022). On the other hand, as the stand canopy grows more rainfall and sunlight would be captured by the tree crown, which in turn, causes to decrease in microbial activity, one of the main sources of soil respiration, due to less temperature and moisture.

Global soil respiration rates correlate positively with annual temperature and precipitation (Raich and Schlesinger, 1992). The results of the present study confirmed that relationship. The increase in the soil temperature with thinning is likely because of the canopy reduction, thus more energy and rainfall reaching the forest floor, notably in the spring and autumn months (del Campo et al., 2022).

The minimum levels of Ts were observed in control areas. As the litter layer acts as a buffer in control areas, soils in the release cut area will likely not have warmer and drier conditions than those under control (Callahan et al., 2004; Epron et al., 2004). The respiration rate correlation with soil temperature was consistent with the literature (Yilmaz and Bilgili 2018).

Again, it is possible to make some generalizations about annual soil respiration. When evaluating the study results annually, the highest emission levels were produced from moderate (6.02 t C ha⁻¹ year⁻¹) thinning, while the heavy thinning had the lowest emission after control plots (5.6 t C ha⁻¹ year⁻¹). Although Zhang et al. (2022) reported a higher soil respiration rate with a mean of 13.9 t C ha⁻¹ year⁻¹ for an unthinned conifer forest in China, our results were close to global soil respiration data of 6.8 t C ha⁻¹ year⁻¹ for temperate conifer forests, reported by Raich and Schlesinger (1992).

Thinning affected only the pH of mineral soil significantly in the current study. Other chemical properties were not affected evidently in a three-year period. However, differences in the organic matter, nitrogen, and phosphorus content indicated that the effects of thinning on soil

chemical properties would become more evident in the longer term. Soil pH of the Ael horizon was decreased significantly by thinning, which may be related to the increase in rainfall reaching the floor resulting in the leaching of cations from the soil (Kantarci, 2000). Heavy thinning increased pH compared to light and moderate thinning, likely due to higher organic matter mineralization. Similarly, Lin et al. (2022) reported that soil pH value increased with an increase in forest canopy openness in *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) plantations in China.

As a result, to minimize CO₂ emissions from soil respiration, heavy pre-commercial thinning may be an effective tool for forest sites in ecological conditions similar to our study site for carbon-focused forest management. However, heavy thinning may reduce aboveground biomass, decreasing total carbon stock in the ecosystem. Although a decline in biomass carbon pool occurs just after the cutting, logging residues left at the site and growing trees may somewhat compensate for this decline. Nevertheless, there is a need for further research on the loss and gain in carbon stock.

In this study, Rs measurements were carried out for extended periods due to climate limitations. Shorter sampling intervals along the year would likely reduce the uncertainty of the annual CO₂ emission. Furthermore, the role of the soil microbial community on Rs remained unclear in this study. Therefore, the effects of temperature rise due to thinning on soil enzymes, microbial carbon, and fauna diversity should be investigated to understand better the factors behind the changes in CO₂ flows in the ecosystem. On the other hand, this study was carried out in a sapling stage forest. Therefore, the results might not be generalized to further stages of the stands, indicating another research need for future changes in Rs and other soil properties.

Acknowledgement: This study was supported by the General Directorate of Forestry, Research Institute for Forest Soil and Ecology within the project numbered ESK-22(6317)/2014-2017/2018.

References

- Akburak, S., Makineci, E., 2013. Temporal changes of soil respiration under different tree species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 : 3349–3358.
- Akburak, S., Makineci, E., 2016. Thinning effects on soil and microbial respiration in a coppiceoriginated *Carpinus betulus* L. stand in Turkey. *iForest -Biogeosciences and Forestry*, 9, 783–790.
- Bolat., İ., 2019. Microbial biomass, basal respiration, and microbial indices of soil in diverse croplands in a region of northwestern Turkey (Bartın). *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (11) : 1–13
- Bond-Lamberty, B., Thomson, A., 2010. A global database of soil respiration data. *Biogeosciences*, 7 : 1915–1926.
- Callahan, M.A., Anderson, J.P.H., Waldrop, T.A., Lione, D.J., Shelburne, V.B., 2004. Litter decomposition and soil

- respiration responses to fuelreduction treatments in piedmont loblolly pine forests. In Connor, K.F. (Ed.), Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference. USDA Forest Service, Southern Research Station, Asheville. North Carolina.
- Campbell, J., Alberti, G., Martin, J., Law, B.E., 2009. Carbon dynamics of a ponderosa pine plantation following a thinning treatment in the northern Sierra Nevada. *Forest Ecology and Management*, 257 (2) : 453–463.
- Cheng, X., Bai, Y., Zhu, J., Han, H., 2020. Effects of forest thinning on interception and surface runoff in *Larix principis-rupprechtii* plantation during the growing season. *Journal of Arid Environments*, 181 : 104222.
- Concilio, A., Ma, S., Li, Q., LeMoine, J., Chen, J., North, M., Moorhead D., Jensen R., 2005. Soil respiration response to prescribed burning and thinning in mixed-conifer and hardwood forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 : 1581–1591. doi: 10.1139/X05-091
- Davidson, E.A., Beck, E., Boone, R.D., 1998. Soil water content and temperature as independent or confound factors controlling soil respiration in a temperature mixed hardwood forest. *Global Change Biology*, 4 : 217-227.
- del Campo, A.D., Otsuki, K., Serengil, Y., Blanco, J.A., Yousefpour, R., Wei, X., 2022. A global synthesis on the effects of thinning on hydrological processes: Implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 519: 120324.
- Epron, D., Ngao, J., Granier, A., 2004. Interannual variation of soil respiration in a beech forest ecosystem over a six-year study. *Annals of Forest Science*, 61 : 499–505. doi: 10.1051/forest:2004044
- Eswaran H., Berg E., Reich, P., 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America*, 57 : 192-194.
- Gough, C.M., Seiler, J.R., 2004. The influence of environmental, soil carbon, root, and stand characteristics on soil CO₂ efflux in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations located on the South Carolina Coastal Plain. *Forest Ecology and Management*, 191, 353–363.
- Grogan, P., 1998. CO₂ flux measurement using soda lime : correction for water formed during CO₂ adsorption. *Ecology*, 79 (4), 1467–1468.
- IPCC, 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change (ipss.ch). Climate Change (2001) In T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (Eds.). IPCC, Cambridge, UK.
- IUSS, 2015. IUSS, 2015. International Union of Soil Science (iuss.org). Working Group WRB. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf; 28.12.2022
- Jarvis, P. G., Rey, A., Petsikos, C., Wingate, L., Rayment, M., Pereira, J., Banza, J., David, J., Miglietta, F., Borghetti, M., Manca, G., Valentini, R., 2007. Drying and wetting of soils stimulates decomposition and carbon dioxide emission: the “Birch effect“. *Tree Physiology*, 27 : 929–940.
- Kacar, B., 2012. Toprak Analizleri. Yayın no : 484-043, Nobel Yayınları, 466p, Ankara
- Kantarci, M. D., 2000, Toprak İlimi. İstanbul Üniversitesi yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, İstanbul.
- Kaye, J. P., Hart, S. C., 1998. Restoration and canopy-type effects on soil respiration in a ponderosa pine-bunchgrass ecosystem. *Soil Science Society of America Journal*, 62 (4) : 1062–1072.
- Keith, H., Jacobsen, K. L., Raison, R. J., 1997. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in *Eucalyptus pauciflora* forest. *Plant and Soil*, 190 (1) : 127–141.
- Lichter J., Billings S.A., Ziegler S.E., Gaindh D., Ryals R., Finzi A.C., Jackson R.B., Stemmler E.A., Schlesinger W.H., 2008. Soil carbon sequestration in a pine forest after 9 years of atmospheric CO₂ enrichment. *Global Change Biology*, 14(12) : 2910–2922.
- Lin, N., Deng, N., Lu, D., Xie, H., Feng, M., Chen, S., 2022. Short-term effects of thinning on tree growth and soil nutrients in the middle-aged Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) plantations. *Forests* 14, 74. <https://doi.org/10.3390/f14010074>
- Matamala R., Schlesinger W.H., 2000. Effects of elevated atmospheric CO₂ on fine root production and activity in an intact temperate forest ecosystem. *Global Change Biology*, 6 (8) : 967-979.
- Monteith, J., Szeicz, G., Yabuki, K., 1964. Crop photosynthesis and flux of carbon dioxide below the canopy. *Applied Ecology*, 1 (2) :321-337.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programları İle İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler). Kaan Kitabevi, Eskişehir.
- Pang X., Bao W., Zhu B., Cheng W., 2013. Responses of soil respiration and its temperature sensitivity to thinning in a pine plantation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 171–172 : 57–64
- Pregitzer K.S., Burton A.J., King J.S., Zak D.R., 2008. Soil respiration, root biomass, and root turnover following long-term exposure of northern forests to elevated atmospheric CO₂ and tropospheric O₃. *New Phytologist*, 180(1) : 153–161.
- Pypker, T.G., Fredeen, A.L., 2003. Below ground CO₂ efflux from cut blocks of varying ages in sub-boreal British Columbia. *Forest Ecology and Management*, 172 (2/3) : 249–259
- Raich, J.W., Schlesinger, W.H., 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44B : 81-99.
- Raich, J.W., Potter, C.S., 1995. Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 9 : 23-36.

- Rey, A., Pegoraro, E., Tedeschi, V., Di Parri, I., Jarvis, P.G., Valentini, R., 2002. Annual variation in soil respiration and its components in a coppice oak forest in Central Italy. *Global Change Biology*, 8 : 1-8.
- Rey, A., Pepsikos, C., Jarvis, P.G., Grace, J., 2005. The effect of soil temperature and soil moisture on carbon mineralisation rates in a Mediterranean forest soil. *European Journal of Soil Science*, 56 : 589-599.
- Rey A., Pegoraro E., Oyonarte C., Were A., Escribano P., Raimundo J., 2011. Impact of land degradation on soil respiration in a steppe (*Stipa tenacissima* L.) semi-arid ecosystem in the SE of Spain. *Soil Biology and Biochemistry*, 43 : 393-403.
- Ryu SR, Concilio A, Chen J, North M, Mae S, 2009. Prescribed burning and mechanical thinning effects on belowground conditions and soil respiration in a mixed-conifer forest, California, *Forest Ecology and Management*, 257 : 1324–1332. doi:10.1016/j.foreco.2008.11.033
- Schlesinger, W.H., Andrews J.A., 2000. Soil respiration and global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48 : 7-20.
- Schimel, D.S., 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology*, 1 : 77-91.
- Selig, M.F., Seiler, J.R., 2004. Soil CO₂ Efflux Trends Following the Thinning of a 22-Year-Old Loblolly Pine Plantation on the Piedmont of Virginia. General Technical Report. Southern Research Station, USDA Forest Service (SRS-71).
- Selmants, P.C., Hart, S.C., Boyle, S.I., Gehring, C.A., Hungate, B.A., 2008. Restoration of a ponderosa pine forest increases soil CO₂ efflux more than either water or nitrogen additions. *Journal of Applied Ecology*, 45 (3) : 913–920.
- Subke, J.A., Inghima, I., Cotrufo, M.F., 2006. Trends and methodological impacts in soil CO₂ partitioning: a meta-analytical review. *Global Change Biology*, 12 : 921–943.
- Sullivan BW, Kolb TE, Hart SC, Kaye JP, Dore S, Montes-Helu M, 2008. Thinning reduces soil carbon dioxide but not methane flux from southwestern USA ponderosa pine forests, *Forest Ecology and Management*, 255 : 4047–4055.
- Tang, J., Qi, Y., Xu, M., Misson, L., Goldstein, A.H., 2005. Forest thinning and soil respiration in a ponderosa pine plantation in the Sierra Nevada. *Tree Physiology*, 25 (1) : 57–66.
- Toland, D.E., Zak, D.R., 1994. Seasonal patterns of soil respiration in intact and clearcut northern hardwood forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 24 (8) : 1711–1716.
- Tolunay D., 2003. Aladağ (Bolu) Sıklık Çağındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A (53) 1 : 47-73.
- TS 8336. Topraklar - Organik Madde Tayini.
- TS ISO 10390. Toprak Kalitesi - pH Tayini.
- TS ISO 11265. Toprak Kalitesi - Elektriksel Öziletkenlik Tayini.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., 2004. Soil respiration in young and old oriental spruce stands and in adjacent grasslands in Artvin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28 : 429-434.
- Wiseman, P.E., Seiler, J.R., 2004. Soil CO₂ efflux across four age classes of plantation loblolly pine (*Pinus taeda* L.) on the Virginia Piedmont. *Forest Ecology and Management*, 192 (2/3) : 297–311.
- Yang L, Qin J, Geng Y, Zhang C, Pan J, Niu S, Tian D, Zhao X, Wang J, 2022. Long-term effects of forest thinning on soil respiration and its components in a pine plantation. *Journal of Forest Ecology and Management*, 513, 120189
- Yılmaz, G, Bilgili A.V., 2018. Modeling seasonal variations of long-term soil CO₂ emissions in an orchard plantation in a semi-arid area, SE Turkey. *Environmental Monitoring Assessment*, 190 (486) : 3–14. doi: org/10.1007/s10661-018-6861-6
- Yuste, J.C., Baldocchi, D.D., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S., 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Global Change Biology*, 13 (9) : 2018–2035.
- Zak, D.R., Pregitzer, K.S., Curtis, P.S., Holmes, W.E., 2000. Atmospheric CO₂ and the composition and function of soil microbial communities. *Ecological Applications*, by the *Ecological Society of America*, 10(1) : 47–59.
- Zhang, Q.H., Zak, J.C., 1995. Effects of gap size on litter decomposition and microbial activity in a subtropical forest. *Ecology*, 76 (7) : 2196–2204.
- Zhang, Q., Zak, J.C., 1998. Potential physiological activities of fungi and bacteria in relation to plant litter decomposition along a gap size gradient in a natural subtropical forest. *Microbial Ecology*, 35 (2) : 172–179.
- Zhang, X., Guan, D., Li, W., Sun, D., Jin, C., Yuan, F., Wang, A., Wu, J., 2018. The effects of forest thinning on soil carbon stocks and dynamics: a meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 429 : 36–43.
- Zhang, H., Ying, B., Hu, Y., Wang, Y., Yu, X., Tang, C., 2022. Response of soil respiration to thinning is altered by thinning residue treatment in *Cunninghamia lanceolata* plantations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 324: 109089.