T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ARAZİ HAZIRLAMA TEKNİKLERİNİN ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve SARIÇAM (*Pinus silvestris* L.) DOĞAL GENÇLEŞTİRMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

KANİ ÖZDARÇIN

DOKTORA TEZİ

PROF. DR. AHMET SIVACIOĞLU

HAZİRAN - 2026
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Kani ÖZDARÇIN tarafından hazırlanan "**ARAZİ HAZIRLAMA TEKNİKLERİNİN ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arnold *subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmgboe) ve SARIÇAM (*Pinus silvestris* L.) DOĞAL GENÇLEŞTİRMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **26.06.2026** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Erol KIRDAR Bartın Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. M. Nuri ÖNER Çankırı Karatekin Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Osman TOPAÇOĞLU Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ercan OKTAN Karadeniz Teknik Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Selahattin KAYMAKCI .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Kani ÖZDARÇIN

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ARAZİ HAZIRLAMA TEKNİKLERİNİN ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve SARIÇAM (*Pinus silvestris* L.) DOĞAL GENÇLEŞTİRMESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

KANİ ÖZDARÇIN

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. AHMET SIVACIOĞLU

Bu çalışmanın amacı, arazi hazırlama tekniklerinin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam *(Pinus silvestris* L.*)* doğal gençleştirme üzerine etkilerini belirlemek, gençliğin oluşumu ve gençliğin gelişimi üzerine etkisini ortaya koymaktır. İhsangazi Orman İşletme Şefliği Silvikültür planında doğal gençleştirmeye ayrılan 73 nolu saf Karaçam ve Kirazlıtepe Orman İşletme Şefliği Silvikültür planında doğal gençleştirmeye ayrılan 62 nolu saf Sarıçam meşcerelerinde çalışmalar yapılmıştır. Araştırmada Karaçam sahası için mekanik toprak işleme (Ekskavatör kova, Ekskavatör tırmık, Rotavatör), iş gücü ile toprak işleme (elle çapa, elle tırmık) ve kontrol parselleri olmak üzere 6 farklı arazi hazırlığı yöntemi ile tohum takviyesinin kombine edildiği, Sarıçam sahası için için mekanik toprak işleme (Ekskavatör kova, Ekskavatör yatay tırmık, Ekskavatör dikey tırmık, Rotavatör), iş gücü ile toprak işleme (elle çapa, elle tırmık) ve kontrol parselleri olmak üzere 7 farklı arazi hazırlığı yöntemi ile tohum takviyesinin kombine edildiği yöntem uygulanmıştır. Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre tesis edilmiştir. Birim zaman maliyet analizi yapılmış olup aynı zamanda sahadaki yabanlaşma durumu ve yabanlaşmanın gençlikler üzerindeki etkisi de irdelenmiştir. Araştırma kapsamında, her iki türün gençleştirme çalışmalarında doğal tohum kaynakları ile civar bölmelerden toplanan tohumlar kullanılmıştır. Ekonomik açıdan yapılan değerlendirmede, hem Karaçam hem de Sarıçam sahaları için birim maliyet yönünden en avantajlı toprak işleme yöntemi elle tırmık işlemi olduğu tespit edilmiştir. Tür bazında yürütülen başarı analizlerinde; Karaçam sahalarında tohum takviyesi uygulamasının fidan başarı oranını ve birim alandaki fidan sayısını anlamlı derecede artırdığı belirlenmiştir. Buna karşın Sarıçam sahalarında tohum takviyesinin parseller üzerinde anlamlı bir etkisi gözlenmemiş olup bu alanlarda en yüksek başarı oranı ve en yüksek birim alandaki fidan sayısı Rotavatör ile toprak işleme yapılan parsellerde gözlemlenmiştir. Fidanların boy, çap, biyokütle ve dengeli kök yapısı gibi morfolojik kalite parametreleri üzerindeki en yüksek etkinlik, Karaçamda toprağı homojen kırıntılı hale getiren Rotavatör uygulamasından, Sarıçamda ise toprağın sertlik direncini kırarak derinlemesine gevşetme sağlayan Ekskavatör kova ve kombinasyonlarından elde edilmiştir. İnsan gücüne dayalı geleneksel yöntemler (elle tırmık, elle çapa) ile kontrol parselleri ise her iki türde de fidan kalitesini düşürmüştür. Bu bulgular ışığında, %40 eğime kadar olan karaçam sahalarında Rotavatör toprak işleme tekniklerin öncelikle tercih edilmesi, %40 üzeri eğimlerde ise Ekskavatör tırmık aparatına öncelik verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Sarıçam sahalarında ana yöntem olarak Ekskavatör kova ve kombinasyonları öne çıkmakla

birlikte, eğimi %40'ın altındaki sarıçam alanlarında fidan yoğunluğunu artırmak amacıyla Rotavatör uygulamasından da yararlanılabileceği gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: *Pinus nigra*, *Pinus silvestris*, Doğal gençleştirme, Arazi hazırlığı, Fidan morfolojisi

Haziran 2026, 219 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

EFFECTS OF LAND PREPARATION TECHNIQUES ON NATURAL REGENERATION OF ANATOLIAN BLACK PINE (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) AND SCOTS PINE *(Pinus sylvestris* L.)

KANİ ÖZDARÇIN

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: PROF. DR. AHMET SIVACIOĞLU

The objective of this study was to determine the effects of various site preparation techniques on the natural regeneration of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) and Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), and to reveal their impacts on seedling establishment and subsequent development. The field experiments were conducted in pure Black Pine stand no. 73, designated for natural regeneration within the silvicultural plan of the İhsangazi Forest Management Unit, and pure Scots Pine stand no. 62, designated for natural regeneration within the silvicultural plan of the Kirazlıtepe Forest Management Unit. In the Black Pine site, a combination of seed supplementation and six different site preparation methods was applied, including mechanical soil tillage (excavator bucket, excavator rake, rotavator), manual soil tillage (manual hoeing, manual raking), and control plots. For the Scots Pine site, a combination of seed supplementation and seven different site preparation methods was implemented, comprising mechanical soil tillage (excavator bucket, excavator horizontal rake, excavator vertical rake, rotavator), manual soil tillage (manual hoeing, manual raking), and control plots. The research was established based on a Randomized Complete Block Design. In addition to a unit-time cost analysis, the vegetation competition status in the field and its effects on young seedlings were also evaluated. Within the scope of the study, natural seed sources within the stands as well as seeds collected from adjacent compartments were utilized for the regeneration activities of both species. Economic evaluations revealed that manual raking was the most advantageous soil tillage method in terms of unit cost for both Black Pine and Scots Pine sites. Species-specific success analyses indicated that seed supplementation significantly increased the seedling survival rate and the number of seedlings per unit area in the Black Pine sites. Conversely, seed supplementation did not exhibit a statistically significant effect on the plots in the Scots Pine sites, where the highest survival rate and seedling density per unit area were observed in plots treated with the rotavator. Regarding seedling morphological quality parameters such as seedling height, root collar diameter, biomass accumulation, and balanced root architecture; the highest efficiency was achieved with the rotavator application which homogenously pulverizes the soil in Black Pine, and with the excavator bucket and its combinations which break soil penetration resistance to provide deep ripping and loosening in Scots Pine. On the other hand, traditional labor-intensive methods (manual raking, manual hoeing) and control plots led to a decrease in seedling quality for both species. In light of these findings, it is determined that rotavator soil tillage techniques should be primarily preferred in Black Pine sites with slopes up to 40%where topographical conditions and stoniness are suitable, whereas the excavator rake

attachment stands out as a secondary alternative on slopes exceeding 40%. Although the excavator bucket and its combinations emerge as the primary soil tillage method in Scots Pine sites, it was observed that rotavator application could also be utilized to increase seedling density in Scots Pine areas with slopes below 40%.

KEYWORDS: *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, Natural regeneration, Site preparation, Seedling morphology

June 2026, 219 Page

TEŞEKKÜR

"Arazi Hazırlama Tekniklerinin Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam *(Pinus silvestris* L.*)* Doğal Gençleştirmesi Üzerine Etkileri" isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Akademik çalışmalarımda bana her zaman destek olan, yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Ahmet SIVACIOĞLU'na,

Tez izleme komitemde yer alarak yapıcı eleştirileriyle çalışmamın gelişmesine katkı sağlayan sayın Prof. Dr. Nuri ÖNER ve Doç. Dr. Osman TOPAÇOĞLU'na, akademik hayatım boyunca benden desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Erol KIRDAR hocama teşekkürü borç bilirim.

Görev yapmakta olduğum kurumum Orman Genel Müdürlüğü'ne, İhsangazi Orman İşletme Müdürlerim Dr. Nihat ERTÜRK ve Sadık TIĞLIOĞLU'na, arazi hazırlığı aşamasında ve tespitlerde yardımcı olan birlikte görev yaptığım Kirazlıtepe Orman İşletme Şefliği Muhafaza Memurları İlker ÇAKIR, Zekeriya MANTAŞOĞLU ve Tayfun AYDIN'a, İhsangazi Orman İşletme Şefliği Muhafaza Memurları Abdullah YÖNTEM, Oğuzcan KAYA ve Ufuk GÜCÜKBERGEN'e, İhsangazi Orman İşletme Müdürlüğünde görevli Orman İşletme Şefleri Gençay YILDIZ, Ferhat ÇONKAR, Osman ÖZBEY, Ömer Ali BULUT, Ahmet SARUHAN ve özellikle arazi çalışmalarının her aşamasında destek veren İhsangazi Orman İşletme Şefi Hasan KAFŞAKOĞLU'na, İhsangazi Orman İşletme Müdürlüğünde görev yapan emekçilere (işçilere), laboratuvar çalışmalarına destek veren meslektaşlarım Orman Mühendisleri Muhammed ESKİÖMER, Bedirhan YILMAZ ve Seçil UZUNHASAN'a teşekkür ederim.

Son olarak, akademik çalışmalarımın en yoğun ve yorucu dönemlerinde sabırları, fedakarlıkları ve sonsuz destekleriyle her zaman yanımda olan, varlıklarıyla bana güç veren değerli eşime ve sevgili çocuklarıma; bu sürecin her anını benimle paylaştıkları ve hayatımı güzelleştirdikleri için en kalbi şükranlarımı sunarım.

KANİ ÖZDARÇIN

Kastamonu, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xiii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xviii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **4**
2.1 Dünya Ormancılığında Gençleştirme Çalışmaları 4
2.1.1 Dünya'da Karaçam Gençleştirme Çalışmaları 5
2.1.2 Dünya'da Sarıçam Gençleştirme Çalışmaları 6
2.2 Türkiye Ormancılığında Karaçam ve Sarıçam Türlerinde Gençleştirme Çalışmaları 7
2.2.1 Türkiye'de Karaçam Gençleştirme Çalışmaları 9
2.2.2 Türkiye'de Sarıçam Gençleştirme Çalışmaları 10
2.3 Dünya'da Gençleştirme Çalışmalarında Mekanizasyon Kullanımı 11
2.4 Türkiye'de Gençleştirme Çalışmalarında Mekanizasyon Kullanımı 13
2.4.1 Arazi Hazırlığı ve Toprak İşlemede Kullanılan Ekipmanların Teknik Özellikleri ve Kullanım Alanları 16
2.4.1.1 Diri örtü temizleme ve kök sökme ekipmanları 17
2.4.1.1.1 Çalı kesici ve parçalayıcılar 17
2.4.1.1.2 Diri örtü tırmıkları 18
2.4.1.2 Toprak işleme ve teraslama makineleri 19
2.4.1.2.1 Alt toprak patlatıcılar 19
2.4.1.2.2 Ormancılık pullukları 19
2.4.1.2.3 Hidrolik ekskavatörler 20
2.4.1.2.4 Rotavatör 21
2.4.1.3 Geleneksel el aletleri ve manuel toprak işleme 22
2.4.1.3.1 Motorlu çukur açma burguları 22
2.4.1.3.2 Ormancılık çapaları 23
2.4.1.3.3 Kürekler 24
2.4.1.3.4 El tırmıkları 24
2.5 Karaçam ve Sarıçam'da Tohum Verimine İlişkin Çalışmalar 25
2.5.1 Karaçam'da Tohum Verimi Çalışmaları 26
2.5.2 Sarıçam'da Tohum Verimi Çalışmaları 27
2.6 Karaçam ve Sarıçam'da Gençlik Başarısına İlişkin Çalışmalar 29
2.6.1 Karaçam'da Gençlik Başarısına İlişkin Çalışmalar 29
2.6.2 Sarıçam'da Gençlik Başarısına İlişkin Çalışmalar 30
2.7 Doğal Gençleştirme Alanlarında Diri Örtü Oluşumuna İlişkin Çalışmalar 31
2.7.1 Karaçam Doğal Gençleştirme Alanlarında Diri Örtü Oluşumu 32

2.7.2 Sarıçam Doğal Gençleştirme Alanlarında Diri Örtü Oluşumu 32
2.8 Materyal Ağaç Türlerinin Biyolojisi ve Silvikültürü 33
2.8.1 Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana*) 33
2.8.2 Sarıçam (Pinus silvestris L.) 34
3. MATERYAL VE METOT 37
3.1 Materyal 37
3.1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı 37
3.1.1.1 Çalışma alanı iklim özellikleri 37
3.1.1.2 Çalışma alanı jeolojik yapı ve toprak özellikleri 39
3.1.1.3 Karaçam çalışma alanının tanıtımı 39
3.1.1.4 Sarıçam çalışma alanının tanıtımı 40
3.2 Metot 42
3.2.1 Çalışma Alanlarında Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi 42
3.2.1.1 Toprak profili açılması ve numune alınması 42
3.2.1.2 Toprak numunelerinin analizlerinin yapılması 43
3.2.2 Çalışma Alanlarında Arazi Hazırlama 44
3.2.2.1 Karaçam'da arazi hazırlama 44
3.2.2.2 Sarıçam'da arazi hazırlama 51
3.2.2.3 Birim zaman ve maliyet analizi 59
3.2.2.3.1 Karaçam'da birim zaman ve maliyet analizi 59
3.2.2.3.2 Sarıçam'da birim zaman ve maliyet analizi 59
3.2.3 Çalışma Alanlarında Tohum Veriminin Belirlenmesi 60
3.2.3.1 Karaçam'da tohum verimi 60
3.2.3.2 Karaçam'da tohum hasadı ve tohum takviyesi 61
3.2.3.3 Sarıçam'da tohum verimi 63
3.2.3.4 Sarıçam'da tohum hasadı ve tohum takviyesi 64
3.2.4 Çalışma Alanlarında Gençlik Başarısının Belirlenmesi 65
3.2.4.1 Karaçam'da gençlik başarısı 65
3.2.4.2 Sarıçam'da gençlik başarısı 67
3.2.5 Çalışma Alanlarında Yabanlaşma Durumu 69
3.2.5.1 Karaçam'da yabanlaşma durumu 69
3.2.5.2 Sarıçam'da yabanlaşma durumu 70
3.2.6 Çalışma Alanlarında Fidan Parametrelerinin Belirlenmesi 72
3.2.6.1 Karaçam ve Sarıçam'da tespit edilecek parametreler 72
3.2.6.2 Karaçam'da fidan parametrelerinin belirlenmesi 74
3.2.6.3 Sarıçam'da fidan parametrelerinin belirlenmesi 78
3.2.7 Fidan Parametrelerinin İstatiksel Analizleri 80
4. BULGULAR 82
4.1 Karaçam ve Sarıçam'da Toprak Numunelerine İlişkin Bulgular 82
4.1.1 Karaçam'da Toprak Numunelerine İlişkin Bulgular 82
4.1.1.1 Toprak tekstürü ve fiziksel yapı 83
4.1.1.2 Toprak reaksiyonu (pH) 83
4.1.1.3 Elektriksel iletkenlik (EC) 83
4.1.1.4 Kireç içeriği (CaCO3) 84
4.1.1.5 Organik madde (OM) 84
4.1.2 Sarıçam'da Toprak Numunelerine İlişkin Bulgular 84
4.1.2.1 Toprak tekstürü ve fiziksel yapı 85
4.1.2.2 Toprak reaksiyonu (pH) 85
4.1.2.3 Elektriksel iletkenlik (EC) 85

4.1.2.4 Kireç içeriği (CaCO3) 86
4.1.2.5 Organik madde 86
4.2 Karaçam ve Sarıçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi 86
4.2.1 Karaçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi 86
4.2.2 Sarıçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi 88
4.3 Karaçam ve Sarıçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizleri Üzerine Bulgular 90
4.3.1 Karaçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizleri Üzerine Bulgular 91
4.3.1.1 Manuel toprak işleme yöntemleri 91
4.3.1.2 Mekanize toprak işleme yöntemleri 91
4.3.2 Sarıçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizleri Üzerine Bulgular 93
4.3.2.1 Manuel toprak işleme yöntemleri 93
4.3.2.2 Mekanize toprak işleme yöntemleri 94
4.3.3 Karaçam ve Sarıçam Birim Zaman Analizleri Genel Değerlendirme 95
4.4 Karaçam ve Sarıçam'da Tohum Verimi Bulguları 96
4.4.1 Karaçam'da Tohum Verimi Bulguları 96
4.4.2 Sarıçam'da Tohum Verimi Bulguları 100
4.5 Gençlik Başarısı Bulguları 104
4.5.1 Karaçam'da Gençlik Başarısı Bulguları 104
4.5.2 Sarıçam'da Gençlik Başarısı Bulguları 111
4.6 Yabanlaşma Durumu Bulguları 117
4.6.1 Karaçam'da Yabanlaşma Durumu Bulguları 117
4.6.2 Sarıçam'da Yabanlaşma Durumu Bulguları 123
4.7 Fidan Parametrelerine İlişkin Bulgular 127
4.7.1 Karaçam'da Fidan Parametrelerine İlişkin Bulgular 127
4.7.1.1 Karaçam'da kök boğaz çapına (KBÇ) ait bulgular 128
4.7.1.2 Karaçam'da kök uzunluğuna (KU) ait bulgular 129
4.7.1.3 Karaçam'da kök adedine (KA) ait bulgular 131
4.7.1.4 Karaçam'da fidan boyuna (FB) ait bulgular 132
4.7.1.5 Karaçam'da kök taze ağırlığına (KTA) ait bulgular 133
4.7.1.6 Karaçam'da gövde taze ağırlığına (GTA) ait bulgular 135
4.7.1.7 Karaçam'da kök kuru ağırlığı (KKA)'na ait bulgular 136
4.7.1.8 Karaçam'da gövde kuru ağırlığı (GKA) 138
4.7.1.9 Karaçam'da ibre kuru ağırlığı (İKA) 139
4.7.1.10 Karaçam'da fidan taze ağırlığı (FTA) 141
4.7.1.11 Karaçam'da fidan kuru ağırlığı (FKA) 142
4.7.1.12 Karaçam'da kuru kök yüzdesi (KKY) 144
4.7.1.13 Karaçam'da katlılık (K) 145
4.7.1.14 Karaçam'da gürbüzlük indeksi (Gİ) 147
4.7.2 Sarıçam'da Fidan Parametrelerine İlişkin Bulgular 148
4.7.2.1 Sarıçam'da kök boğaz çapı (KBC)'na ait bulgular 149
4.7.2.2 Sarıçam'da kök uzunluk (KU) değerlerine ait bulgular 150
4.7.2.3 Sarıçam'da kök adedi (KA)'ne ait bulgular 152
4.7.2.4 Sarıçam'da fidan boyu (FB)'na ait bulgular 153
4.7.2.5 Sarıçam'da kök taze ağırlığı (KTA)'na ait bulgular 155
4.7.2.6 Sarıçam'da gövde taze ağırlığı (GTA)'na ait bulgular 157
4.7.2.7 Sarıçam'da kök kuru ağırlığı (KKA)'na ait bulgular 158

4.7.2.8 Sarıçam'da gövde kuru ağırlığı (GKA)'na ait bulgular 160
4.7.2.9 Sarıçam'da ibre kuru ağırlığı (İKA)'na ait bulgular 162
4.7.2.10 Sarıçam'da fidan taze ağırlığı (FTA)'na ait bulgular..... 163
4.7.2.11 Sarıçam'da fidan kuru ağırlığı (FKA)'na ait bulgular 164
4.7.2.12 Sarıçam'da kuru kök yüzdesi (KKY)'ne ait bulgular 166
4.7.2.13 Sarıçam'da katlılık (K) ile ilgili bulgular..... 167
4.7.2.14 Sarıçam'da gürbüzlük indeksi (Gİ)'ne ait bulgular 169
4.7.3 Karaçam ve Sarıçam'da Fidan Parametrelerine İlişkin Korelasyon ve UPGMA Analizlerine Ait Bulgular 171
4.7.3.1 Karaçam ve Sarıçam'da korelasyon analizleri..... 171
4.7.3.1.1 Karaçam'da korelasyon analizlerine ait bulgular 171
4.7.3.1.2 Sarıçam'da korelasyon analizlerine ait bulgular..... 173
4.7.3.2 Karaçam ve Sarıçam'da UPGMA analizleri..... 176
4.7.3.2.1 Karaçam'da UPGMA analizleri..... 176
4.7.3.2.2 Sarıçam'da UPGMA analizleri..... 183
5. TARTIŞMA 190
5.1 Karaçam ve Sarıçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi..... 190
5.2 Karaçam ve Sarıçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analiz..... 191
5.3 Karaçam ve Sarıçam'da Tohum Verimi 192
5.4 Karaçam ve Sarıçam'da Yabanlaşma 193
5.5 Karaçam ve Sarıçam'da Gençlik Başarısı..... 195
5.6 Karaçam ve Sarıçam'da Fidan Parametreleri 198
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 207
KAYNAKLAR 210
ÖZGEÇMİŞ..... 219

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Karaçam sahası meşcere haritası 39
Şekil 3.2 Karaçam sahası Google Earth görüntüsü 40
Şekil 3.3 Sarıçam sahası meşcere haritası 41
Şekil 3.4 Sarıçam sahası Google Earth görüntüsü 41
Şekil 3.5 Toprak profili görüntüsü 42
Şekil 3.6 Karaçam sahasında ekskavatör + tırmık toprak işleme 48
Şekil 3.7 Karaçam sahasında ekskavatör + kova toprak işleme 48
Şekil 3.8 Karaçam sahasında tarktör + rotavatör toprak işleme 50
Şekil 3.9 Karaçam sahasında el tırmığı ile toprak İşlenmesi 50
Şekil 3.10 Karaçam sahasında çapa ile toprak işlenmesi 51
Şekil 3.11 Sarıçam sahasında ekskavatör + yatay tırmık ve ekskavatör+kova işlemi 55
Şekil 3.12 Sarıçam sahasında ekskavatör + dikey tırmık toprak işleme 56
Şekil 3.13 Sarıçam sahasında traktör + rotavatör toprak işleme 57
Şekil 3.14 Sarıçam sahasında el tırmığı ile toprak işleme 58
Şekil 3.15 Sarıçam sahasında çapa ile toprak işleme 58
Şekil 3.16 Karaçam sahasında tohum kapan 61
Şekil 3.17 Karaçam kozalaklardan tohum çıkarılması 62
Şekil 3.18 Karaçam sahasında gençlik başarısı tespiti 66
Şekil 3.19 Sarıçam sahasında gençlik başarısı tespiti 68
Şekil 3.20 Karaçam sahasında yabanlaşma tespiti 70
Şekil 3.21 Sarıçam sahasında yabanlaşma tespiti 72
Şekil 3.22 Karaçam sahasında fidan sökülmesi 75
Şekil 3.23 Karaçam'da fidan parametreleri ölçümü 76
Şekil 3.24 Karaçam'da fidan kurusu parametreleri ölçümü 77
Şekil 3.25 Sarıçam sahasında fidan sökülmesi 78
Şekil 3.26 Sarıçam'da fidan parametreleri ölçümü 79
Şekil 4.1 Karaçam 73 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2022) 87
Şekil 4.2 Sarıçam 62 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2023) 89
Şekil 4.3 Karaçam'da tohum kapanlarda tohum kontrolü 96
Şekil 4.4 Karaçam'da tohum kapanlarda tohum tespiti 97
Şekil 4.5 Sarıçam'da tohum kapanlarda genel olarak tespit edilen tohum miktarları (adet) 101
Şekil 4.6 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre fidan başarısı (%) 106
Şekil 4.7 Karaçam'da tohum takviyesi yapılan ve yapılmayan parsellerde yıllara göre elde edilen fidan başarı durumları (%) 108
Şekil 4.8 Karaçam'da 2023 İlkbahar-2025 Sonbaharında uygulanan işlemlere göre elde edilen fidan sayıları (adet) 109
Şekil 4.9 Sarıçam'da 2024 İlkbahar-2025 Sonbaharında uygulanan işlemlere göre elde edilen fidan başarı yüzdeleri (%) 112
Şekil 4.10 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ait fidan varlıklarının (adet) 2024 İlkbahar ve 2025 Sonbahar dönemleri arasındaki değişimleri 115
Şekil 4.11 Sarıçam'da 2024 İlkbahar-2025 Sonbahar dönemi fidan varlığı azalma oranları (%) 116

Şekil 4.12 Karaçam'da 19.10.2023 tarihli yabanlaşma tespiti (12 nolu rotavatör parseli) 119
Şekil 4.13 Karaçam'da 09.07.2025 tarihli yabanlaşma tespiti (12 nolu rotavatör parseli) 119
Şekil 4.14 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre yabanlaşma durumu (%) 120
Şekil 4.15 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre 2023, 2024 ve 2025 yılları yabanlaşma durumların (%) karşılaştırılması 121
Şekil 4.16 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre 2023-2025 yıllarına ait yabanlaşma artış oranları (%) 122
Şekil 4.17 Sarıçam'da 27.06.2024 ve 16.11.2025 tarihli yabanlaşma tespiti *(sol 3-6 Kontrol Parseli) (sağ 2-6 Rotavatör Parseli)* 124
Şekil 4.18 Sarıçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre 2024 ve 2025 yıllarına ait yabanlaşma durumlarının (%) karşılaştırılması 125
Şekil 4.19 Sarıçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre genel yabanlaşma durumu 126
Şekil 4.20 Sarıçam'da arazi hazırlama yöntemlerinde 2024-2025 yıllarına ait genel yabanlaşma artış oranları (%) 127
Şekil 4.21 Karaçam'da korelasyon analizi 172
Şekil 4.22 Sarıçam'da korelasyon analizi 175
Şekil 4.23 Karaçam'da Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) parametreleri ile UPGM analizleri 177
Şekil 4.24 Karaçam'da Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) parametreleri ile UPGM analizleri 179
Şekil 4.25 Karaçam'da Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) parametreleri ile UPGM analizleri 181
Şekil 4.26 Sarıçam'da Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) parametreleri ile UPGM analizleri 183
Şekil 4.27 Sarıçam'da Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) parametreleri ile UPGMA analizleri 185
Şekil 4.28 Sarıçam'da Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) parametreleri ile sarıçamda yapılan UPGM analizleri 188

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Kastamonu iklim verileri (1930-2024) 38
Tablo 3.2 Karaçam sahası deneme deseni 46
Tablo 3.3 Karaçam sahasında uygulanan işlemler 47
Tablo 3.4 Sarıçam sahası deneme deseni 53
Tablo 3.5 Sarıçam sahasında uygulanan işlemler 53
Tablo 3.6 Karaçam sahası tohum takviyesi yapılan parseller 63
Tablo 3.7 Sarıçam sahası tohum takviyesi yapılan parseller 64
Tablo 4.1 Karaçam sahası toprak analiz sonuçları 82
Tablo 4.2 Sarıçam sahası toprak analiz sonuçları 84
Tablo 4.3 Karaçam 73 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2022) 87
Tablo 4.4 Sarıçam 62 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2023) 89
Tablo 4.5 Karaçam birim maliyet analiz verileri 92
Tablo 4.6 Sarıçam birim maliyet analiz verileri 95
Tablo 4.7 Karaçam sahası tohum kapanlarda tespit edilen tohum miktarları 97
Tablo 4.8 Karaçam parsellerinde tohum miktarları 98
Tablo 4.9 Karaçam tohumlarının 1000 dane ağırlığı 99
Tablo 4.10 Sarıçam sahasında uygulanan işlemlere göre parsellerde tohum kapanlarda tespit edilen tohum miktarları 100
Tablo 4.11 Sarıçam parsellerinde uygulanan işlemlere ait 1 hektarda tespit edilen tohum miktarları (Adet) 102
Tablo 4.12 Sarıçam tohumlarının 1000 dane ağırlığı 103
Tablo 4.13 Karaçam parsellerinde 2023-2025 yılları arasında tespit edilen fidan sayıları (Adet) 104
Tablo 4.14 Karaçam'da uygulanan işlemlere ve sayım noktalarına göre elde edilen fidan başarı durumları (%) 107
Tablo 4.15 Karaçam'da tohum takviyesi yapılan (TT) ve yapılmayan parsellerde uygulanan işlemlere ve yıllara göre elde edilen fidan sayıları (Adet) ve fidan kayıp oranları (%) 109
Tablo 4.16 Karaçam'da 2025 yılı sonbaharında birim alana düşen fidan sayıları 110
Tablo 4.17 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ve yıllara göre parsellerde elde edilen fidan sayıları (Adet) 111
Tablo 4.18 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ait parsellerdeki sayım noktalarına göre fidan varlığı 113
Tablo 4.19 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ait parsellerdeki fidan varlığının 2024 İlkbahar-2025 Sonbahar dönemleri arasındaki değişimleri 114
Tablo 4.20 Sarıçam'da uygulanan işlemlere göre tohum takviyeli ve takviyesiz parsellerdeki birim alanlardaki fidan sayıları (adet) 117
Tablo 4.21 Karaçam parsellerinde yabanlaşma durumu (%) 118
Tablo 4.22 Karaçam parsellerinde 2023-2025 yılları arasında yabanlaşma oranları (%) 120
Tablo 4.23 Karaçam parsellerinde yabanlaşma artış yüzdesi 122
Tablo 4.24 Sarıçam parsellerinde yabanlaşma durumu (%) 123
Tablo 4.25 Sarıçam parsellerinde yabanlaşma yüzdesi (%) 124

Tablo 4.26 Sarıçam'da uygulanan toprak işleme şekillerine ait parsellerde yabanlaşma oranları (%)..... 126
Tablo 4.27 Karaçamda kök boğaz çapının (KBC) ortalama verileri 128
Tablo 4.28 Karaçamda kök boğaz çapının (KBC) ANOVA analiz sonuçları 128
Tablo 4.29 Karaçamda kök boğaz çapının (KBC) TUKEY analiz sonuçları 129
Tablo 4.30 Karaçamda kök uzunluğu (KU) ortalama verileri 129
Tablo 4.31 Karaçamda kök uzunluğu (KU) ANOVA analiz sonuçları 130
Tablo 4.32 Karaçamda kök uzunluğu (KU) TUKEY analiz sonuçları 130
Tablo 4.33 Karaçamda kök adedi (KA) ortalama verileri..... 131
Tablo 4.34 Karaçamda kök adedi (KA) ANOVA analiz sonuçları 131
Tablo 4.35 Karaçamda kök adedi (KA) TUKEY analiz sonuçları 132
Tablo 4.36 Karaçamda fidan boyu (FB) ortalama verileri..... 132
Tablo 4.37 Karaçamda fidan boyu (FB) ANOVA analiz sonuçları..... 133
Tablo 4.38 Karaçamda fidan boyu (FB) TUKEY analiz sonuçları..... 133
Tablo 4.39 Karaçamda kök taze ağırlığı (KTA) ortalama verileri..... 134
Tablo 4.40 Karaçamda kök taze ağırlığı (KTA) ANOVA analiz sonuçları..... 134
Tablo 4.41 Karaçamda kök taze ağırlığı (KTA) TUKEY analiz sonuçları..... 135
Tablo 4.42 Karaçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ortalama verileri..... 135
Tablo 4.43 Karaçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ANOVA analiz sonuçları..... 136
Tablo 4.44 Karaçamda gövde taze ağırlığı (GTA) TUKEY analiz sonuçları..... 136
Tablo 4.45 Karaçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ortalama verileri 137
Tablo 4.46 Karaçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ANOVA analiz sonuçları 137
Tablo 4.47 Karaçamda kök kuru ağırlığı (KKA) TUKEY analiz sonuçları 138
Tablo 4.48 Karaçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ortalama verileri..... 138
Tablo 4.49 Karaçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ANOVA analiz sonuçları 139
Tablo 4.50 Karaçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) TUKEY analiz sonuçları 139
Tablo 4.51 Karaçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ortalama verileri..... 140
Tablo 4.52 Karaçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ANOVA analiz sonuçları..... 140
Tablo 4.53 Karaçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) TUKEY analiz sonuçları..... 141
Tablo 4.54 Karaçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ortalama verileri 141
Tablo 4.55 Karaçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ANOVA analiz sonuçları 142
Tablo 4.56 Karaçamda fidan taze ağırlığı (FTA) TUKEY analiz sonuçları 142
Tablo 4.57 Karaçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ortalama verileri..... 143
Tablo 4.58 Karaçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ANOVA analiz sonuçları..... 143
Tablo 4.59 Karaçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) TUKEY analiz sonuçları..... 144
Tablo 4.60 Karaçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ortalama verileri..... 144
Tablo 4.61 Karaçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ANOVA analiz sonuçları..... 145
Tablo 4.62 Karaçamda kök kuru yüzdesi (KKY) TUKEY analiz sonuçları..... 145
Tablo 4.63 Karaçamda katlılık (K) ortalama verileri..... 146
Tablo 4.64 Karaçamda katlılık (K) ANOVA analiz sonuçları..... 146
Tablo 4.65 Karaçamda katlılık (K) TUKEY analiz sonuçları..... 147
Tablo 4.66 Karaçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ortalama verileri..... 147
Tablo 4.67 Karaçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ANOVA analiz sonuçları..... 148
Tablo 4.68 Karaçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) TUKEY analiz sonuçları..... 148
Tablo 4.69 Sarıçamda kök boğaz çapı (KBÇ) ortalama verileri..... 149
Tablo 4.70 Sarıçamda kök boğaz çapı (KBÇ) ANOVA analiz sonuçları..... 149
Tablo 4.71 Sarıçamda kök boğaz çapı (KBC) TUKEY analiz sonuçları..... 150
Tablo 4.72 Sarıçamda kök uzunluğu (KU) ortalama verileri..... 151
Tablo 4.73 Sarıçamda kök uzunluğu (KU) ANOVA analiz sonuçları..... 151

Tablo 4.74 Sarıçamda kök uzunluğu (KU) TUKEY analiz sonuçları 152
Tablo 4.75 Sarıçamda kök adedi (KA) ortalama verileri 152
Tablo 4.76 Sarıçamda kök adedi (KA) ANOVA analiz sonuçları 153
Tablo 4.77 Sarıçamda kök adedi (KA) TUKEY analiz sonuçları 153
Tablo 4.78 Sarıçamda fidan boyu (FB) ortalama verileri 154
Tablo 4.79 Sarıçamda fidan boyu (FB) ANOVA analiz sonuçları 154
Tablo 4.80 Sarıçamda fidan boyu (FB) TUKEY analiz sonuçları 155
Tablo 4.81 Sarıçamda kök taze ağırlığı (KTA) ortalama verileri 155
Tablo 4.82 Sarıçamda kök taze ağırlığı (KTA) ANOVA analiz sonuçları 156
Tablo 4.83 Sarıçamda kök taze ağırlığı (KTA) TUKEY analiz sonuçları 156
Tablo 4.84 Sarıçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ortalama verileri 157
Tablo 4.85 Sarıçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ANOVA analiz sonuçları 157
Tablo 4.86 Sarıçamda gövde taze ağırlığı (GTA) TUKEY analiz sonuçları 158
Tablo 4.87 Sarıçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ortalama verileri 159
Tablo 4.88 Sarıçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ANOVA analiz sonuçları 159
Tablo 4.89 Sarıçamda kök kuru ağırlığı (KKA) TUKEY analiz sonuçları 160
Tablo 4.90 Sarıçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ortalama verileri 160
Tablo 4.91 Sarıçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ANOVA analiz sonuçları 161
Tablo 4.92 Sarıçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) TUKEY analiz sonuçları 161
Tablo 4.93 Sarıçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ortalama verileri 162
Tablo 4.94 Sarıçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ANOVA analiz sonuçları 162
Tablo 4.95 Sarıçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) TUKEY analiz sonuçları 163
Tablo 4.96 Sarıçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ortalama verileri 163
Tablo 4.97 Sarıçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ANOVA analiz sonuçları 164
Tablo 4.98 Sarıçamda fidan taze ağırlığı (FTA) TUKEY analiz sonuçları 164
Tablo 4.99 Sarıçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ortalama verileri 165
Tablo 4.100 Sarıçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ANOVA analiz sonuçları 165
Tablo 4.101 Sarıçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) TUKEY analiz sonuçları 165
Tablo 4.102 Sarıçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ortalama verileri 166
Tablo 4.103 Sarıçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ANOVA analiz sonuçları 166
Tablo 4.104 Sarıçamda kök kuru yüzdesi (KKY) TUKEY analiz sonuçları 167
Tablo 4.105 Sarıçamda katlılık (K) ortalama verileri 168
Tablo 4.106 Sarıçamda katlılık (K) ANOVA analiz sonuçları 168
Tablo 4.107 Sarıçamda katlılık (K) TUKEY analiz sonuçları 169
Tablo 4.108 Sarıçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ortalama verileri 169
Tablo 4.109 Sarıçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ANOVA analiz sonuçları 170
Tablo 4.110 Sarıçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) TUKEY analiz sonuçları 170
Tablo 6.1 Tespit ve analiz verilerine göre başarılı ve düşük başarılı performanslar 209

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	**:** Yüzde
°C	**:** Santigrat derece (sıcaklık birimi)
adet/ha	**:** Hektar başı sayı (ağaç/fidan)
adet/m²	**:** Metrekareye düşen adet (fidan/ağaç)
cm	**:** Santimetre
Çkd2	**:** Karaçam %40-70 kapalı meşcere
ÇsGd3	**:** Sarıçam %71-100 kapalı meşcere
d1,30	**:** Göğüs çapı (1,30 metre yükseklikteki çap)
gr	**:** Gram
ha	**:** hektar
m²	**:** Metrekare
m³	**:** Metreküp
m³/ha	**:** Hektar başı metreküp
MDT	**:** Metrekareye düşen tohum
mm	**:** Milimetre
P	**:** İstatiksel anlamlılık düzeyi
TK	**:** Tohumlama kesimi
TL	**:** Türk Lirası
TL/ha	**:** Hektar başına Türk Lirası (maliyet)
TL/saat	**:** Saat başına Türk Lirası (maliyet)
TS	**:** Tohum sayısı

Kısaltmalar

±	**:** Artı-eksi (hata payı veya hassasiyet toleransı)
<	**:** Küçüktür
>	**:** Büyüktür
Eksk.	**:** Ekskavatör
Eksk. Kova	**:** Ekskavatör Kova
Eksk. Tır. Dik.	**:** Ekskavatör Tırmık Dikey
Eksk. Tır. Yat.	**:** Ekskavatör Tırmık Yatay
FB	**:** Fidan Boyu
FKA	**:** Fidan Kuru Ağırlığı
FTA	**:** Fidan Taze Ağırlığı
Gİ	**:** Gürbüzlük İndeksi
GKA	**:** Gövde Kuru Ağırlığı
GTA	**:** Gövde Taze Ağırlığı
İKA	**:** İbre Kuru Ağırlığı
K	**:** Katlılık
KA	**:** Kök Adeti

KBÇ : Kök Boğaz Çapı
KKA : Kök Kuru Ağırlığı
KKY : Kök Kuru Yüzdesi
KTA : Kök Taze Ağırlığı
KU : Kök Uzunluğu
Rota. : Rotavatör
TT : Tohum Takviyesi
vd. : ve diğerleri

1. GİRİŞ

Türkiye, Asya ve Avrupa kıtaları arasındaki köprü konumu, farklı iklim kuşaklarının kesişim noktasında bulunması ve zengin topoğrafik yapısı nedeniyle biyolojik çeşitlilik açısından dünyanın sayılı ülkelerinden biridir. Avrupa-Sibirya, Akdeniz ve İran-Turan bitki coğrafyası bölgelerinin etkisi altında şekillenen Türkiye ormanları, sadece odun hammaddesi üretimiyle değil, aynı zamanda su rejimini düzenleme, erozyonu önleme, karbon depolama ve biyolojik çeşitliliği koruma gibi ekosistem hizmetleriyle de hayati bir role sahiptir (Atalay, 2002).

Orman Genel Müdürlüğü'nün güncel verilerine göre, ülke yüzölçümünün yaklaşık %30'unu kaplayan orman varlığımız, son yıllarda yapılan yoğun ağaçlandırma, erozyon kontrolü ve rehabilitasyon çalışmalarıyla miktar olarak artış göstermiş olsa da, kapalılık ve nitelik açısından iyileştirilmeye muhtaç geniş alanlar barındırmaktadır. Bu alan içerisinde normal kapalı orman alanı 13.813.598 hektar ile toplam ormanlık alanının %59'unu, boşluklu kapalı orman alanı ise 9.549.486 hektar ile toplam ormanlık alanın %41'ini oluşturmaktadır (OGM, 2025).

Ülkemiz ormanlarının %48'i (10.969.246ha) ibreli ormanlar, %32'si (7.405.972 ha) yapraklı ormanlar, %20'si (4.557.782ha) ibreli+yapraklı ormanlar kaplamaktadır. Ağaç türleri bakımından Meşe %29,42 (6.747.440ha) ile ilk sırada yer alırken, %22,74 Kızılçam ikinci sırada, %18,31 (4.199.623ha) ile Karaçam üçüncü sırada yer alırken Sarıçam %6,15 (1.410.177ha) ile altıncı sırada yer almaktadır (OGM, 2021).

Anadolu Karaçamı, sahip olduğu üstün odun kalitesi, teknolojik özelliklerinin elverişliliği ve çok yönlü kullanım alanları nedeniyle Türkiye ormancılığının en değerli asli ağaç türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ekolojik açıdan incelendiğinde, bu türün kuraklık, don ve hava kirliliği gibi abiyotik stres faktörlerine karşı gösterdiği yüksek direnç, onu özellikle iklim değişikliği senaryoları altında geleceğin ormanlarını kurmak adına stratejik bir öneme taşımaktadır. Coğrafi yayılış bakımından oldukça geniş bir spektruma sahip olan Karaçam; batıda İspanya ve Fas'tan başlayıp, Orta ve Güney Avrupa, Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım ve Kıbrıs üzerinden doğuda Türkiye ve Suriye'ye kadar uzanan geniş bir zon üzerinde yayılış

gösterir. Ancak türün dünya üzerindeki en geniş, en verimli ve genetik çeşitlilik bakımından en zengin saf meşcereleri Türkiye sınırları içerisinde yer almaktadır (Alptekin, 1986; Yaltırık, 1988).

Karaçam, yaz kuraklığı ve kış soğukları gibi ekstrem iklim olaylarına karşı son derece dayanıklı bir türdür (Saatçioğlu, 1976). Bu amaçla bu tür, ülkemizin kurak ve yarı kurak bölgelerinde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Geniş bir yetişme ortamı ırklarına sahip olup, ekolojik amplitüdü geniş varyasyonlar göstermektedir (Sevim, 1954). Bu geniş varyasyonun beraberinde getirdiği orijin konusunun, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerdeki ağaçlandırma çalışmalarında mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle küresel iklim değişimi ile birlikte önem kazanan ekstrem iklim olayları, doğal yayılış alanı dışına çıkarılan geniş ekolojik amplitüde sahip türlerde bile zararlı olabilmektedir (Çalışkan vd., 2014).

Dünya genelinde en geniş yayılışa sahip çam türü olan Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Türkiye'de genellikle Kuzey Anadolu dağ silsilesinde ve iç bölgelerin yüksek rakımlı kesimlerinde saf veya karışık meşcereler kurmaktadır. Soğuk iklim koşullarına dayanıklılığı, düzgün gövde formu ve değerli tomruk üretimi ile bilinen Sarıçam, yüksek dağ ekosistemlerinin su tutma kapasitesini artıran kritik bir türdür (Çolak, 2002).

Ormancılıkta sürdürülebilirliğin temel ilkesi, hasat edilen veya verimden düşen alanların ivedilikle ve güvenli bir şekilde yeni nesillere (gençliğe) kavuşturulmasıdır. Ancak küresel iklim değişikliği ile birlikte artan kuraklık stresi, düzensiz yağış rejimleri ve abiyotik faktörler, gençleştirme çalışmalarını giderek daha karmaşık hale getirmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak mıntıka ağaçlandırmalarında "su ekonomisi", nemli bölgelerde ise "diri örtü baskısı" ve "ışık rekabeti" başarının önündeki en büyük engellerdir. Hem Karaçam hem de Sarıçam, tohumdan çimlenme aşamasında hassas ekolojik istekleri olan türlerdir. Doğal koşullarda, kalın diri örtü, sıkışmış toprak tabakası ve yaz kuraklığı, çimlenme ve fidan tutma başarısını düşüren en önemli faktörlerdir (Çalışkan vd., 2014; Üçler vd., 2001).

Bu noktada “toprak işleme” (arazi hazırlığı); toprağın fiziksel özelliklerini (havalanma, su tutma, sıcaklık, porozite) iyileştirerek, rekabetçi vejetasyonu (diri örtü) uzaklaştırarak ve tohumun mineral toprakla temasını sağlayarak, gençleştirme başarısını garanti altına alan en etkili silvikültürel araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Löf vd., 2012). Toprağın etkin bir şekilde işlenmesi; tohumun çimlenmesini, biyotik ve abiyotik zararlılardan korunmasını ve çıkan fideciklerin güçlü bir kök sistemi geliştirmesini sağlamaktadır (Çelik vd., 2002).

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve sarıçam (*Pinus silvestris* L.) ekosistemlerinde sürdürülebilir doğal gençleştirme başarısı, büyük oranda çimlenme sonrası ilk yıllardaki rekabet koşullarının yönetimine bağlıdır. Ancak, bu süreçteki en kritik engel; arazi hazırlığı sonrası hızla gelişen rakip vejetasyonun (yabanlaşma), fidanların su, besin elementi ve ışık gibi hayati kaynaklara erişimini kısıtlayarak yüksek mortalite oranlarına yol açmasıdır.

Bu çalışma, ormancılık pratiğinde yaygın olarak kullanılan ancak vejetasyon baskısını kırmada zamansal etkinliği yeterince test edilmemiş olan farklı mekanize ve manuel arazi hazırlığı tekniklerinin, fidan sağkalımı ve gelişim performansı üzerindeki etkilerini somut verilerle ortaya koymayı hedeflemektedir. Özellikle, toprağın yoğun işlendiği rotavatör gibi yöntemlerin yabancı ot tohum bankasını tetikleme riski ile ekskavatör bazlı tekniklerin vejetasyon kontrolündeki stabilitesi arasındaki bilimsel boşluk, araştırmanın temel problematiğini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, geleneksel manuel teknikler ile modern mekanize çözümler arasındaki başarı farkının somut verilerle ortaya konulması elzemdir.

Çalışmamızda geleneksel manuel yöntemler (elle çapa ve tırmık) ile mekanize tekniklerin (ekskavatör ve rotavatör) fidan sağkalımı, fidan gelişimi ve yabanlaşma üzerindeki etkinliklerini karşılaştırmalı olarak analiz etmek amaçlanmaktadır. Ayrıca çalışma, tohum takviyesi (TT) uygulamalarının, farklı toprak işleme tekniklerinin ve vejetasyon baskısının yoğun olduğu sahalarda fidan başarısını artırmadaki sinerjik etkisini veya olası tür içi rekabet risklerini analiz ederek, Kastamonu bölgesi özelinde ekolojik ve teknik açıdan en optimize gençleştirme modelini belirlemeyi amaçlamaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Dünya Ormancılığında Gençleştirme Çalışmaları

Bozulmuş tropikal ve ılıman orman arazilerinin gençleştirilmesinde, maliyet etkinliği ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından doğal tensil süreçleri kritik öneme sahiptir. Shono vd. (2007), Güneydoğu Asya (büyük oranda Filipinler) gibi tropikal iklim kuşağındaki nemli ve yarı nemli yağmur ormanlarında geleneksel ağaçlandırma yöntemlerine kıyasla daha düşük maliyetli bir alternatif olan Desteklenmiş Doğal Gençleştirme (ANR) yöntemini savunmaktadır. ANR, doğal süksesyonu engelleyen sebeplerin (toprak bozulması, yangın, ot rekabeti vb.) ortadan kaldırılmasını ve mevcut doğal gençliklerin büyümesinin teşvik edilmesini içerir. Bu yaklaşım, özellikle fidan yetiştirme ve dikim maliyetlerini elimine etmesi bakımından avantajlıdır.

Doğal tensilin başarısı, tohum kaynağının varlığına, toprak koşullarına ve rekabet faktörlerine bağlıdır. Calama vd. (2017), doğal tensilin gerçekleşebilmesi için sağlıklı tohum kaynaklarının, uygun çimlenme yatağının ve avcılardan (karıncalar, kuşlar vb.) korunmanın gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, Kanada Doğal Kaynaklar Bakanlığı'nın rehberine göre, Kuzey Amerika'nın Ilıman Bölge Ormanları özellikle Ladin (*Picea*), Göknar (*Abies*), Çam (*Pinus*) türlerinde doğal tensil en az maliyetli yöntem olmakla birlikte, kısa vadede orman örtüsünü geri kazanmak açısından en riskli yöntemdir ve yalnızca uygun mikrositelerin ve tohum kaynaklarının bulunduğu alanlarda tercih edilmelidir.

Kacálek vd. (2013), Orta Avrupa'nın (büyük oranda Çekya ve çevre ülkeler) Ilıman Kuşak Ormanları ve Boreal (Kuzey) Geçiş Ormanlarında özellikle Ladin (*Picea abies*) ve Çam (*Pinus silvestris*) türlerinde eğimli ve engebeli sahalarda aşırı ve kontrolsüz mekanik toprak işlemenin (özellikle pullukla sürüm) toprak yapısını bozabileceği ve erozyon riskini artırabileceği konusunda uyarıda bulunarak, bu yöntemin sadece gerekli olduğu durumlarda ve eğim dikkate alınarak uygulanması gerektiğini belirtmiştir.

Doğal gençleştirme sırasında başarının anahtarı, uygun saha hazırlığı tekniğinin seçilmesine bağlıdır (Masternak vd., 2020). Saha hazırlığı tekniği; çevresel zararın en aza indirilmesi, yüksek verimlilik, düşük maliyet ve uygulanabilirlik esas alınarak seçilmelidir (Cardoso vd., 2020; Löf vd., 2015).

Finlandiya'daki gençleştirme tekniklerinin tarihsel gelişimini inceleyen Hallongren vd. (2014), mekanik toprak işlemenin (özellikle diskli tırmık ve kümbetleme) dikim başarısını garanti altına almak için vazgeçilmez hale geldiğini belirtmektedir. Finlandiya'da 1970'lerden itibaren makineleşmenin artmasıyla birlikte, toprak işleme ve makineli dikim yöntemleri yaygınlaşmış ve bu yöntemlerin iş gücü maliyetlerini düşürürken fidan başarısını artırdığı gözlemlenmiştir.

2.1.1 Dünya'da Karaçam Gençleştirme Çalışmaları

Lucas Borja vd. (2016), İspanya'nın Cuenca Dağları'nda Akdeniz Dağlık İğne Yapraklı Ormanlarında İspanya Karaçamı **(***Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii***)** alt türünde yaptıkları çalışmada, tohum veriminin yüksek olduğu yıllarda bile toprak hazırlığı yapılmayan ve ışık geçirgenliği optimize edilmeyen alanlarda gençlik başarısının düşük kaldığını belirtmiştir. Meşcere kapalılığının %50-60 seviyelerine indirilmesi, çimlenme sonrası büyüme için ideal dengeyi sağlamaktadır.

Akdeniz havzasında yaz kuraklığı, çimlenme sonrası hayatta kalma oranını belirleyen en temel faktördür. Tíscar Oliver (2007), güney popülasyonlarında İspanya Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *salzmannii*) alt türünde doğal gençleşmenin sürekliliği için "hemşire bitkilerin" gölgeleme etkisinin kritik olduğunu savunmaktadır. Bu bitkiler, fidanları aşırı radyasyondan ve su kaybından korumaktadır.

San-Miguel-Ayanz vd. (2016), Avrupa genelinde yayılış gösteren özellikle Avusturya Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *nigra*), Korsika Çamı (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) ve Anadolu ile Balkanlar'da geniş yer kaplayan Kırım Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) iklim değişikliği adaptasyonunda, gençlik aşamasında yapılan erken müdahalelerin ve sıklık bakımlarının kök gelişimini teşvik ederek kuraklığa direnci artırdığını ifade etmiştir. Ayrıca, karışık meşcerelerin (örneğin meşe türleri ile birlikte) oluşturulması, biyotik risklere karşı bir sigorta mekanizması olarak görülmektedir.

Yapay gençleştirme (dikim) çalışmalarında, fidanın sahaya adaptasyonu ve uzun dönemli stabilitesi, kök sisteminin mimarisiyle yakından ilgilidir. Dassot ve Collet (2020), Ilıman Kuşak İğne Yapraklı ve Karma Ormanlarında Korsika Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *laricio*) türünde farklı saha hazırlığı yöntemlerinin karaçam fidanlarının kök gelişimi üzerindeki etkilerini incelemiş; toprağın fiziksel özelliklerini iyileştiren yöntemlerin, fidanların toprak altı biyokütlesini ve dolayısıyla kuraklığa karşı direncini artırdığını kanıtlamıştır.

Fulé vd. (2008), Doğu İspanya'daki yaşlı karaçam ormanlarının yangın geçmişini analiz ederek, İspanya Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) türünde düşük şiddetli yangınların tarihsel olarak meşcere yapısını şekillendirdiğini, ancak günümüzdeki yüksek şiddetli yangınların ardından mutlaka aktif gençleştirme müdahalelerine ihtiyaç duyulduğunu ifade etmiştir. Kakouros ve Dafis (2012), yangından etkilenen Pallas Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ormanlarının gençleştirmesi için yapılandırılmış bir yaklaşım önermiş; ekolojik onarımın sadece ağaçlandırma değil, toprak koruma ve doğal süksesyonun desteklenmesiyle mümkün olacağını vurgulamıştır.

2.1.2 Dünya'da Sarıçam Gençleştirme Çalışmaları

Estonya'daki verimli mineral ve turba topraklarında yapılan bir çalışmada, Jäärats vd. (2012), diskli toprak işlemenin doğal tensil üzerindeki 11 yıllık etkilerini incelemiştir. Çalışma, Sarıçam (*Pinus silvestris*) fidanlarının mineral topraklarda en çok karıklarda ve yamaçlarda; turba topraklarında ise yamaçlarda ve işlenmemiş alanlarda yoğunlaştığını göstermiştir. Buna karşılık, yapraklı türlerin (huş ve titrek kavak) toprak işlemeden ziyade işlenmemiş alanlarda daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Taşkın ormanlarında ise toprak işlemenin zamanlaması ve yöntemi kritik önem taşır.

Yunanistan'da yürütülen çalışmada Grigoriadis vd. (2014), olgun Sarıçam meşcerelerinde toprak yırtma işleminin etkisini araştırmışlardır. Diri örtü temizliğini takiben toprağın makineli araçlarla yırtılması, tohumların mineral toprakla buluşmasını sağlamıştır. Toprak işlemesi yapılmayan alanlarda metrekarede 7 adet fidan, mekanik toprak işleme yapılan alanlarda metrekarede 59 adet fidan kaldığı,

toprak işlenmiş alanlarda fidan tutma başarısının, işlem yapılmayan kontrol alanlarına göre %742,85 oranında arttığını göstermiştir. Almanya ormanlarında yapılan bir başka çalışmada ise Huth vd. (2022), doğal gençleştirme başarısı için sadece üst tabakadaki ağaçların kesilerek ışık verilmesinin yeterli olmadığını kanıtlamışlardır. Çalışma, toprak hazırlığı yapılmayan alanlarda, ışık miktarı yeterli olsa bile, kalın ham humus tabakası nedeniyle çimlenmenin başarısız olduğunu ortaya koymuştur.

Hille ve Den Ouden (2004), yangın ve toprak işleme (scarification) uygulamalarının sarıçam fidanlarının erken dönem büyümesi ve yerleşimi üzerindeki pozitif etkilerini saptamıştır. Yangın, organik madde birikimini azaltarak mineral toprağı açığa çıkarmakta ve besin elementlerinin mobilizasyonunu sağlamaktadır. Hancock vd. (2005), fundalık (*Calluna vulgaris*) alanlarda yapılan deneysel kontrollü yakma çalışmalarında, yangının sarıçam fidanlarının yerleşimi için uygun mikro-alanlar yarattığını belirtmiştir.

Modern silvikültürde gençleştirme başarısı, sahadaki biyokütle yönetimi ile ilişkilendirilmektedir. Węgiel vd. (2023), hasat artıklarının sahadan uzaklaştırılmasının ve mekanik saha hazırlığının, bir sonraki nesil sarıçam meşcerelerinin verimliliği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, artıkların yönetilmesinin hem operasyonel verimliliği artırdığını hem de genç meşcerelerin gelişim dinamiklerini şekillendirdiğini göstermektedir.

2.2 Türkiye Ormancılığında Karaçam ve Sarıçam Türlerinde Gençleştirme Çalışmaları

İşletme ormanlarında idare süresini doldurmuş ve kesime olgunluk çağına gelmiş yaşlı meşcerelerin, türün biyolojik özelliklerine uygun yöntemler uygulanarak gençleştirilmesi ormancılığın temel görevidir. Dünya genelinde gerekli ekolojik şartların bulunması durumunda, "doğal gençleştirme" çalışmaları, genetik çeşitliliğin korunması ve ekolojik uyum bakımından en çok tercih edilen yöntemdir. Türkiye orman alanlarının büyük bir kısmının doğal karakterli ve yaşlı olması, yapılan gençleştirme çalışmalarında doğal gençleştirmeyi ön plana çıkarmaktadır. Ülkemiz mevcut ormancılık koşulları dikkate alındığında, doğal gençleştirme koşullarının

bulunduğu bütün alanlarda öncelikle doğal gençleştirme tercih edilmelidir (Genç, 2020; OGM, 2024)

Doğal tensilin ilk ve en dinamik adımı, sahaya genetik ve fizyolojik kalitesi yüksek, yeterli miktarda tohumun ulaşmasıdır. Meşcerelerin kapalılık derecesi ve tohum ağaçlarının seçimi bu süreci doğrudan etkiler. Ormancılık literatüründe, özellikle iğne yapraklı türlerde bol tohum yıllarının takibi ve sahada yeterli siperin (ana ağaç varlığının) bırakılması zorunlu görülmektedir. Hazırlama ve tohumlama kesimleriyle tepe çatısının kademeli olarak açılması, tohum ağaçlarının güneş ışığı alarak bol ve kaliteli tohum üretmesini tetikler (Genç, 2013; Saatçioğlu, 1979). Yetersiz tohum kaynağı bulunan ya da tohum yılı periyotları düzensiz olan sahalarda doğal gençleştirme riske girmekte ve yapay tohum takviyesi ihtiyacı doğmaktadır (Saatçioğlu, 1979).

Doğal gençleştirme çalışmalarının başarıya ulaşmalarındaki en önemli faktörlerden biri "kapalılık" derecesidir (Atay, 1990; Saatçioğlu, 1976). Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalara göre karaçamın doğal gençleştirmesinde uygulanan siper işletmesinde bonitet ve meşcere durumuna göre hektarda 60-80 tohum ağacı bırakılması önerilmektedir (Odabaşı vd., 2007). Gençleştirilecek meşcerede yeterli sayı ve dağılışta iyi nitelikli tohum ağacı bulunmalıdır. Tohumlama kesimlerinde esas olan kapalılık derecesi olmakla birlikte, silvikültürel uygulamada bu oran, meşcere orta çapına bağlı olarak hektarda yaklaşık 70-120 adet tohum ağacına tekabül etmektedir (Atay, 1990). Ancak meşcere yaşının ilerlemesi ve ağaç çaplarının artmasıyla birlikte, istenilen siper etkisini yaratacak birey sayısı hektarda 50-60 adede kadar düşebilmektedir.

Tohumlama kesimi sonrası meşcerede bırakılacak kapalılık, gençliğin siper baskısına dayanma gücü ile ters orantılıdır. Ata (1995) ve OGM (2024) verilerine göre türler bazında uygulanması gereken ideal kapalılık oranları; Karaçam (*Pinus nigra*) için 0,5-0,6; Sarıçam (*Pinus silvestris*) için 0,6-0,7 (siper işletmesinde), Kızılçam (*Pinus brutia*) için ise 0,2-0,3 gibi düşük seviyelerdir. Boydak (2003), tohumlama kesiminin, tohumlar dökülmeden hemen önce (Sonbahar-Kış başı) tamamlanması gerektiğini belirtir. Bu sayede kesim sırasında toprak yüzeyi de mekanik olarak karıştırılarak

tohumun mineral toprakla teması kolaylaştırılır. Ormancılık literatüründe Tohumlama Kesimi, doğal gençleştirme çalışmalarının en kritik müdahalesi olarak tanımlanır. Hazırlama kesimi ile tohum yatağı hazırlanan meşcerede, bol tohum yılında yapılan ve amacı meşcere kapalılığını kırarak tohumların mineral toprağa ulaşmasını sağlamak, aynı zamanda çimlenecek gençliğin ihtiyaç duyduğu ışık ve sıcaklık koşullarını optimize etmek olan kesim türüdür (Saatçioğlu, 1976). Odabaşı vd. (2007), tohumlama kesiminin zamanlamasının, ağaç türünün biyolojisine ve o yılki tohum verimine (bol tohum yılı) tam uyumlu olması gerektiğini vurgulamaktadır.

Doğal gençleştirme çalışmalarında başarısız olan sahaların terk edilmesi, bu alanların "yabanlaşmasına" ve orman vasfını kaybetmesine sebep olmakta, ya da yeniden emek ve masraf harcanarak yapay yolla (ağaçlandırma) gençleştirilmeye çalışılmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, gençleştirme zincirinin en zayıf halkası olan "toprak hazırlığı" aşamasının eksiksiz yerine getirilmesi gerekmektedir (Saatçioğlu, 1946).

Toprak hazırlığı aşamasındaki başarısızlıklar, sahanın kaderini doğrudan olumsuz etkilemektedir. Başarısız olan gençleştirme alanlarının kendi haline bırakılması (terk edilmesi), bu alanların hızla yabanlaşmasına yol açar. Sahada baskın hale gelen böğürtlen, eğrelti otu, otsu bitkiler ve istilacı çalı türleri (diri örtü), hedef ağaç türünün gençliklerinin büyümesini tamamen engeller (Çalışkan vd., 2014).

2.2.1 Türkiye'de Karaçam Gençleştirme Çalışmaları

Doğal gençleştirme yöntemlerinden biri de tohum ağacı doğal gençleştirme yöntemidir. Bu yöntem özellikle Kuzey Amerika'da tohumu hafif olan birçok ışık-yarı ışık orman ağacının gençleştirilmesinde kullanılmakta olup, alanda sadece tohumlama kapasitesine sahip nitelikli ağaçların bırakılarak sahanın dengeli bir şekilde tohumlanması amaçlanmaktadır (Barnett ve Baker, 1991; Daniel vd., 1979; Nyland, 1996; Smith, 1986). Ancak Karaçam ormanlarının optimal yetişme ortamları dışında, genellikle düzensiz bir kuruluşa sahip olması, doğal gençleştirmesinde başarısızlığa neden olurken, teknik personelin sık sık değişmesi, bilgi ve deneyim eksiklikleri bu başarısızlıkta önemli bir paya sahiptir (Çalışkan vd., 2014).

Türkiye'de karaçam ormanları genellikle üç safhalı (hazırlama, tohumlama ve ışık/boşaltma kesimi) siper vaziyeti yöntemiyle gençleştirilmektedir. Ancak, son dönem çalışmalarında vejetasyon süresinin kısa olduğu yüksek rakımlı sahalarda bu sürecin modifiye edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Genç, 2013).

Doğal gençleştirmenin başarısında tohumun mineral toprakla teması hayati önem taşır. Türkiye ormanlarında diri örtü baskısı ve ham humus birikimi, çimlenmeyi engelleyen başlıca faktörlerdir. Çalışkan vd. (2014), Batı Karadeniz ve İç Anadolu geçiş bölgelerinde yaptıkları araştırmalarda, mekanik toprak hazırlığının (özellikle alt toprak işlemeli yöntemlerin) fidan sayısı ve büyüme performansı üzerinde, kontrol sahalarına oranla %300'e varan bir artış sağladığını saptamıştır.

Yapay gençleştirmede tüplü (konteynerli) fidan kullanımı, dikim şokunu azaltması nedeniyle tercih edilmektedir. Boydak vd. (2010), özellikle İç Anadolu'nun stebe geçiş bölgelerinde yapılan karaçam ağaçlandırmalarında, çıplak köklü fidanların yaz kuraklıklarına karşı duyarlı olduğunu, buna karşın kaplı köklü fidanların hayatta kalma oranının belirgin şekilde yüksek olduğunu rapor etmiştir.

Karadağ (1999) tarafından Batı Karadeniz Bölgesi karaçam ormanlarında yürütülen kapsamlı araştırmada; diri örtü temizliği ve toprak gevşetilmesi yapılmayan kontrol parsellerinde çimlenme oranının son derece düşük kaldığı, çimlenen az sayıda fidenin ise yaz kuraklığı periyodunda kök sığlığı nedeniyle kuruduğu belirlenmiştir.

Karadağ (1999) ve Karadağ (2013) çalışmalarında, fidanların kümelenme eğilimini engellemek ve dengeli bir meşcere kurabilmek için şeritvari veya tam alanda yapılan mekanik toprak işlemenin, fidanların alansal dağılımını (frekansını) optimize ettiğini doğrulamıştır.

2.2.2 Türkiye'de Sarıçam Gençleştirme Çalışmaları

Tez çalışma alanını kapsayan Batı Karadeniz Bölgesi, Sarıçamın optimum yayılış alanlarından biridir. Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Türkiye'nin özellikle Kuzey ve iç bölgelerinde yayılış gösteren, ekolojik toleransı yüksek ve silvikültürel açıdan stratejik öneme sahip bir türdür. Çolak (2002) tarafından yapılan çalışmada, bu türün Batı

Karadeniz bölgesindeki ekolojik istekleri ve buna bağlı geliştirilmesi gereken silvikültürel teknikler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Doğal gençleştirme çalışmalarında silvikültürel müdahalelerin başarısı, sadece uygulanan teknik yönteme değil, aynı zamanda bu müdahalenin fenolojik takvimle uyumuna, yani 'zamanlamasına'sıkı sıkıya bağlıdır. Bu kritik faktörü Karaçam ve Sarıçam gibi iğne yapraklı türler özelinde irdeleyen Boydak (2003), toprak işleme takviminin tohum döküm zamanıyla senkronize edilmesinin hayati önem taşıdığını vurgulamıştır. Araştırmacı, tohum dökümünden hemen önce, yani sonbahar aylarında (Eylül-Ekim) yapılan toprak işlemenin, tohumların kış boyunca mineral toprakla temas halinde kalmasını ve ihtiyaç duydukları soğuklama (stratifikasyon) sürecini doğal ortamda geçirmelerini sağladığını belirtmiştir. Buna karşılık, tohum dökümünden sonra veya ilkbaharda yapılan işlemlerde, toprağa düşmüş tohumların gömülmesi veya zarar görmesi riskiyle birlikte, tohumun toprağa tutunma şansı azalmaktadır. Çalışma sonuçları, sonbahar işlemesinin, ilkbahar uygulamalarına kıyasla çimlenme yüzdesini ve fidanların ilk vejetasyon dönemindeki yaşama şansını belirgin şekilde artırdığını ortaya koyarak, silvikültürel planlamada 'fenolojik senkronizasyonun' önemini kanıtlamıştır.

2.3 Dünya'da Gençleştirme Çalışmalarında Mekanizasyon Kullanımı

Toprak işleme ile ilgili araştırmaların başlıca amacı toprak işleme sonucu oluşan toprak koşullarını ölçmek ve tanımlamak, bu koşulların bitki gelişimini nasıl etkilediğini belirlemektir. Son yirmi yılda büyük ilgi üzerinde durulan aşırı toprak işleme ve toprağa olumsuz etkileri konusundaki bilgiler artmıştır. Toprak işlemesiz veya azaltılmış toprak işleme yöntemleri uygulayarak çapa bitkilerinin üretimi ve bu yöntemlerin toprağın fiziksel koşullarının bütününü nasıl etkilediği araştırıcıları ve üreticileri çok ilgilendirdiği için üzerinde en çok durulan konu olmuştur. Çünkü hacim ağırlığı ve porozite gibi toprağın fiziksel özellikleri toprakta hava ve su hareketini ve toprağın potansiyel verimini derinden etkileyen faktörlerdir (Blevins vd., 1984).

Makine kullanımının toprak üzerindeki olası negatif etkileri de göz ardı edilmemelidir. Ampoorter vd. (2007), mekanize hasat ve arazi hazırlığı çalışmalarının orman

toprağında ‘kompaksiyon’(sıkışma) yarattığını belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; ağır iş makinelerinin geçişi sonucunda toprağın hacim ağırlığı artmakta, buna karşılık gözenek hacmi (porozite) ve suyun toprağa sızma kapasitesi (infiltrasyon) azalmaktadır. Bu durum, fidan kök gelişimini fiziksel olarak kısıtlayan en önemli faktörlerden biri olarak rapor edilmiştir.

Yüksek dağ ekosistemlerinde ve orman sınırına yakın (subalpin) kuşaklarda yürütülen gençleştirme çalışmalarında, fidanların hayatta kalmasını sınırlayan en kritik faktörlerin başında düşük toprak sıcaklıkları ve don olayları gelmektedir. Bu ekstrem yetişme ortamı koşullarına odaklanan Mattsson ve Bergsten (2003), toprak işleme derinliğinin fidan fizyolojisi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde irdelemişlerdir. Araştırmacılar, özellikle ‘derin toprak işleme yönteminin, fidan kök sistemini yüzeydeki don tabakasının altına indirerek koruduğunu ve köklerin donma-çözülme döngüsünden kaynaklanan fiziksel zararlardan (don kaldırması) daha az etkilendiğini saptamışlardır. Çalışma bulgularına göre; işlenmiş ve gevşetilmiş toprak profilinde kök gelişimi hızlanmakta, bu durum fidanların su ve besin maddesi alımını kolaylaştırarak fizyolojik dirençlerini artırmaktadır. Sonuç olarak, yüksek rakımlı sahalarda yapılacak silvikültürel müdahalelerde, toprağın termal özelliklerini iyileştiren derin işleme tekniklerinin uygulanması, dikim başarısı için hayati bir strateji olarak önerilmiştir.

Sonuç olarak literatür verileri; Karaçam için “su koruma ve derin sürüm”, Sarıçam için ise “mineral toprak açma ve diri örtü temizliği” stratejilerinin temel olduğunu, Kastamonu yöresinde ise bu tekniklerin yerel koşullara (eğim, toprak tipi, bakı) göre modifiye edilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, iklim değişikliği senaryoları altında yapılan meta-analizler, toprak işlemenin fidanların kuraklık ve sıcaklık stresine karşı direncini artırmada kritik bir tampon görevi gördüğünü desteklemektedir (Vacek vd., 2016).

Saha hazırlığı, doğal gençleştirmenin ilk aşamasında kullanılan bir silvikültürel araçtır (Kushla, 2017; Lowery ve Gjerstad, 1991). Saha hazırlığının başlıca amaçları; biyokütle artığı olarak kabul edilen artıkların temizlenmesi, mineral toprağın açığa çıkarılması, tohum ve fidanlar için toprağın hazırlanması ve rekabetin azaltılmasıdır

(Barry vd., 2024; Cardoso vd., 2020; Von der Gönna, 1992). Bu amaçlara ulaşmak için farklı silvikültürel saha hazırlığı teknikleri kullanılmakta olup kullanılan yöntemler türe, rekabet halindeki vejetasyon tiplerine, saha ve hava koşullarına, sosyo-ekonomik faktörlere ve ormancılık hedeflerine göre değişmektedir (Cardoso vd., 2020).

Aleksandrowicz-Trzcińska vd. (2014), farklı saha hazırlığı yöntemlerinin sarıçamın doğal gençleşmesi üzerindeki etkilerini incelemiş; toprağın işlenme biçiminin fidan yoğunluğu ve dağılımı üzerinde belirleyici olduğunu saptamıştır. Aleksandrowicz-Trzcińska vd. (2018) tarafından yapılan takip çalışmalarında, Kuzeydoğu Polonya'daki sahalarda mekanik müdahalelerin fidan yerleşim özelliklerini doğrudan iyileştirdiği vurgulanmıştır.

2.4 Türkiye'de Gençleştirme Çalışmalarında Mekanizasyon Kullanımı

Geleneksel toprak işlemenin temel amaçları; üst toprak tabakasında uygun bir strüktür yaratmak, alt toprak katmanında kesintisiz bir geçit oluşturmak, yabancı otlarla mekanik olarak savaşmak, bitki artıkları ve besin maddelerini toprağa karıştırmaktır. Ancak günümüzde bu amaçlara ek olarak ekonomik ve ekolojik faktörler de devreye girmiştir. Modern ormancılık ve tarım yaklaşımlarında; toprak verimliliğini korumak, ürün verimi ve kaliteyi garanti altına almak, masrafları azaltmak ve toprak sıkışıklığının önüne geçmek gibi görüşler hakim kılınmıştır. Nitekim ağaçlandırma sahalarında gerçekleştirilen diri örtü temizliği ve mekanik müdahaleler, toprağın fiziksel özelliklerini optimize etmeyi hedeflerken vejetasyon yapısını da düzenlemektedir (Ayık ve Yılmaz, 1992).

Bu ekonomik ve ekolojik dengeler, özellikle eğimli ve sarp arazilerde yürütülen ormancılık çalışmalarında kullanılan iş makinelerinin seçimiyle doğrudan ilişkilidir. Ekskavatör ile yapılan gradoni tipi toprak işlemede, makinenin kol erişim mesafesi sayesinde manevra süresinin azaldığı, buna bağlı olarak "efektif çalışma süresinin" arttığı belirlenmiştir. Buna karşın dozerin, manevra sırasında çok fazla zaman kaybettiği ve birim maliyeti %20-30 oranında artırdığı rapor edilmiştir (Tunay ve Melemez, 2004). Benzer şekilde, Kahramanmaraş yöresindeki teraslama çalışmalarında mini ekskavatörlerin performansı incelenmiş; bu makinelerin çukurlu

teras yapımında ortalama 20,25 m/saat, hendekli teras yapımında ise 34,12 m/saat iş verimine ulaştığı saptanmıştır (Melemez, 2011). Araştırmacılar, bu değerleri insan gücü verimliliği ile kıyasladıklarında; bir işçinin bir günde yapabildiği teras miktarını, mini ekskavatörün yaklaşık bir saatte tamamladığını saptamışlardır. Makine kullanımının ilk yatırım maliyeti yüksek görünse de, birim zamanda yapılan iş miktarı (metre/saat) dikkate alındığında, birim maliyetin (TL/m) insan gücüne göre daha ekonomik olduğu görülmektedir. Üstelik makineleşme sayesinde, işçi gücüyle ulaşılamayan etkili toprak derinliğine ulaşılarak fidan başarısını artıracak kaliteli bir yetişme ortamı hazırlanabilmektedir (Melemez, 2011).

Eğimli arazilerde makine kullanımı fidan başarısını artırırken, erozyon riskini de doğru yönetmeyi gerektirir. Kastamonu-Taşköprü yöresindeki eğimli sahalarda yapılan bir araştırmada, dozerle yapılan teraslamanın toprak yapısını bozma ve sıkıştırma riskine karşın, ekskavatörle yapılan "gradoni" (kesik teras / BUROR terası) uygulamasının hem erozyonu minimize ettiği hem de fidan gelişimi için daha uygun bir ortam sağladığı ortaya konulmuştur (Göl ve Yel, 2016). Elde edilen verilere göre, ekskavatörle işlenen alanlarda fidanların çap ve boy gelişimi en yüksek değerlere ulaşırken, çift soklu pullukla yapılan işlemlerde başarı daha düşük kalmıştır. Bu durum, sarp arazilerde nokta bazlı ve derin işlemenin (ekskavatör), şeritvari ve yüzeysel işlemeye (pulluk) göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir (Göl ve Yel, 2016).

Toprak işlemenin derinliği ve şekli, özellikle kurak ve yarı kurak mıntıka ağaçlandırmalarında hayati bir öneme sahiptir. Bu bölgelerdeki başarısızlığın temel nedeni, yaz kuraklığı periyodunda toprağın üst tabakasındaki nemin hızla kaybolmasıdır. Kurak ve yarı kurak alanlardaki ağaçlandırma projelerini inceleyen Gülcü ve Çelik (2016), sadece yüzeysel olarak yapılan (çapa veya sığ sürüm) toprak işlemenin, fidan köklerinin ihtiyaç duyduğu nemli zonu oluşturmada yetersiz kaldığını vurgulamışlardır. Derin toprak işlemenin yapılmadığı alanlarda toprağın su tutma kapasitesi düşük kalmakta, bu durum fidanların ksilem su potansiyellerini düşürerek "kuruma stresine" girmelerine neden olmaktadır. Bu bağlamda, kurak sahalarda toprağın derinlemesine işlenmesi infiltrasyonu artırarak fidan başarısını doğrudan etkilemektedir. Özellikle tuzlu ve jipsli alanlarda derin toprak işlemenin kök

penetrasyonunu kolaylaştırdığı saptanırken (Öz ve Göl, 2021); İç Anadolu gibi kurak bölgelerde de derin işlemenin nem muhafazası üzerindeki kritik rolü doğrulanmıştır (Çarman, 1997).

Karaçam doğal gençleştirme sahalarında riper (dipkazan), pulluk ve geleneksel çapa yöntemlerini aynı ekolojik koşullarda karşılaştıran bir araştırma da bu bulguları desteklemektedir (Çalışkan vd., 2014). Araştırma bulguları, riper ile yapılan derin toprak işlemenin, toprağın alt katmanlarında yer alan ve kök gelişimini engelleyen "sert tabakayı" mekanik olarak kırdığını göstermiştir. Bu kırma işlemi sayesinde, Karaçam fidanlarının genetik özelliği olan "kazık kök" yapısının hızla derinlere inmesi teşvik edilmiştir. Sayısal verilere bakıldığında; riperle işlenen parsellerde mineral toprağın açığa çıkma oranı ve fidanların yaşama yüzdesi, sadece çapa ile işlem yapılan parsellere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Çapa ile yapılan işlemlerde toprağın yalnızca 8-10 cm'lik üst kısmının işlenebilmesi, suyun alt katmanlara sızmasını (infiltrasyon) sınırlamış ve yaz kuraklığında fidan kayıplarını artırmıştır (Çalışkan vd., 2014).

Ancak kurak alanlarda başarının anahtarı, toprağın sadece fiziksel olarak işlenmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda su tüketen rakip bitkilerin de sahadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Yarı kurak mıntıka koşullarında "toprak işleme" ve "diri örtü temizliği" kombinasyonlarını inceleyen uzun soluklu bir denemede, 1., 2. ve 7. yaşlarda yapılan ölçümler, özellikle tüplü fidan kullanılan ve tam alanda toprak işleme yapılan parsellerin başarısını ortaya koymuştur (Boydak ve Zoralioğlu, 1992). Çalışma sonucunda, diri örtünün (rekabetçi bitkilerin) tarakla temizlenmesi ve ardından yapılan toprak işlemenin, fidanların hem boy büyümesini hem de yaşama oranını kontrol gruplarına göre belirgin şekilde artırdığı saptanmıştır.

Ağaçlandırma çalışmalarının başarısı genellikle fidanların ilk yıllardaki tutma oranları ile değerlendirilse de, silvikültürel müdahalelerin asıl etkisi meşcerenin ileri gelişim çağlarında ortaya çıkmaktadır. Eskişehir yöresindeki yarı kurak koşullarda tesis edilen makinalı Karaçam ağaçlandırmalarının 15. yıl sonundaki gelişim performanslarını analiz eden Karabulut (2001), özellikle 'derin depo karakterindeki (toprak derinliğinin kök gelişimini kısıtlamadığı) sahalarda, yoğun ve masraflı bir yöntem olan derin

toprak işleme yerine daha ekonomik olan üst toprak işlemesi yöntemlerini irdelemiştir. Çalışma bulgularına göre; diri örtü temizliği ve yüzeyel gevşetme sağlayan 'tarak'ile kombine edilmiş üst toprak işleme metotları, fidanların hem yaşama yüzdesi hem de çap ve boy artımı bakımından uzun vadede (15 yıl) tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu bulgu, toprak profil derinliğinin zaten yeterli olduğu alanlarda, toprağın sadece üst tabakasının işlenmesinin ve vejetasyon rekabetinin kırılmasının yeterli olabileceğini kanıtlamaktadır. Dolayısıyla, her sahada mutlaka dipkazan gibi ağır ve maliyetli müdahalelere gerek duyulmayabileceğini göstererek, silvikültürel planlamada sahaya özel maliyet-etkinlik dengesinin gözetilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir.

Tarımsal ve ormancılık faaliyetlerinde enerji girdileri incelendiğinde, en yüksek enerji tüketiminin toprak işleme aşamasında gerçekleştiği görülmektedir. Farklı üretim yöntemlerinin yakıt tüketimleri analiz edildiğinde, en yüksek yakıt sarfiyatının toprağın derin işlendiği kulaklı pullukla sürüm işleminde gerçekleştiği belirlenmiştir (Bayhan, 2016). Bu durum, toprağın devrilmesi ve parçalanması sırasında makinenin maruz kaldığı yüksek çeki kuvveti direncinden kaynaklanmaktadır. Nitekim efektif yakıt tüketimi üzerine yapılan bir araştırmada; 15-20 cm çalışma derinliğine sahip kulaklı pullukla yapılan toprak işlemede 13-15 l/ha yakıt harcanırken, 10-12 cm iş derinliğinde kültivatörle yapılan ikilemede 3,1-3,2 l/ha; 8-10 cm çalışma derinliğinde diskaro ile yapılan toprak işlemede ise 3,3-4,3 l/ha yakıt tüketildiği saptanmıştır (Dinçer, 1976; Kara ve Arslan, 2021).

2.4.1 Arazi Hazırlığı ve Toprak İşlemede Kullanılan Ekipmanların Teknik Özellikleri ve Kullanım Alanları

Orman yetiştirme çalışmalarında başarı, yetişme ortamı koşullarına en uygun mekanizasyonun veya el aletinin seçilmesine bağlıdır. Literatürde, arazi hazırlığı yöntemleri "tam alan işleme" ve "kısmi alan işleme" olarak sınıflandırılmakta; bu işlemlerde kullanılan ekipmanlar ise güç kaynağına (motorlu/insan gücü) ve toprağa etkisine göre kategorize edilmektedir (Acar ve Şentürk, 2000).

Çepel (1996), arazi hazırlığında kullanılan ağır mekanizasyonun toprak strüktürü, gözenekliliği ve biyolojik aktivitesi üzerindeki olası olumsuz ekolojik sonuçlarına

dikkat çekerek, ekipman seçiminin hassasiyetini vurgulamıştır. Özellikle yarı kurak alanlarda, yanlış ekipman kullanımı toprağın nem dengesini bozarak fidan başarısını düşürebilmektedir (Boydak ve Zoralioğlu, 1992).

Toprak işleme operasyonlarında kullanılan ekipmanlar; toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmek, infiltrasyonu artırmak ve kök penetrasyon direncini kırmak amacıyla seçilir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan çalışmalarda, ripper (alt toprak patlatıcı) ve ağır orman pullukları gibi derin toprak işleme aletleri, su ekonomisini düzenlemesi bakımından hayati öneme sahiptir (Çarman, 1997; ÇEM, 2013). Öz ve Göl (2021), yarı kurak ve tuzlu alanlarda farklı arazi hazırlığı yöntemlerini kıyasladıkları çalışmada, makineli hazırlığın fidan boy gelişimi ve yaşama yüzdesi üzerinde manuel hazırlığa oranla anlamlı bir üstünlük sağladığını saptamışlardır. Bu süreçte ekipmanın çalışma hızı ve zeminle etkileşimi de teknik başarının bir parçasıdır. Boydak (2007), farklı toprak işleme aletlerinin ilerleme hızına bağlı olarak toprak yüzey düzgünlüğünü değiştirdiğini, bunun da dikim hassasiyetini doğrudan etkilediğini belirtmektedir. Ayık ve Yılmaz (1992), kullanılan ekipman tipinin toprağın sadece fiziksel yapısını değil, aynı zamanda besin elementlerinin dağılımı gibi kimyasal özelliklerini de değiştirdiğini ifade etmişlerdir.

2.4.1.1 Diri örtü temizleme ve kök sökme ekipmanları

Ağaçlandırma sahasındaki diri örtü (çalı, ot ve ağaççıklar), fidanın ışık, su ve besin maddelerine erişimini engelleyen en önemli faktörlerden biridir. Bu amaçla kullanılan ekipmanlar teknik özelliklerine göre iki ana gruba ayrılmaktadır:

2.4.1.1.1 Çalı kesici ve parçalayıcılar

Bu makineler, traktör kuyruk milinden aldıkları güçle yüksek devirde çalışan rotor ve kesici bıçaklara sahiptir. Öztürk (2009), parçalayıcıların organik maddeyi toprak yüzeyinde bırakarak malç etkisi yarattığını ve bu sayede toprak neminin korunmasına yardımcı olduğunu vurgulamaktadır.

Diri örtünün yoğun olduğu sahalarda, bitki kütlesini parçalayarak toprağa organik madde kazandırmak amacıyla kullanılır. Bu ekipmanlar, özellikle yarı kurak mıntıka

karaçam ağaçlandırmalarında diri örtü rekabetini azaltmak için kritiktir (Boydak ve Zoralioğlu, 1992). Mekanize kesiciler, el işçiliğine oranla daha yüksek verimlilik sağlar (Acar vd., 2015).

Parçalayıcıların en önemli avantajı, bitki artıklarını sahada bırakarak toprağa organik madde kazandırmasıdır. Ancak, kullanılan ağır iş makinelerinin toprak yüzeyinde yarattığı baskı, özellikle hassas bünyeli topraklarda sıkışmaya (kompaksiyon) neden olabilir (Ampoorter vd., 2007). Kantarcı (1982) bu tür müdahalelerin toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı üzerindeki etkilerinin, yetişme ortamı verimliliği açısından titizlikle takip edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Klasik dozerle temizliğin aksine, mulcherlar toprağın en verimli kısmı olan üst horizonu (A horizonu) yerinde bırakmakta, sadece yüzeydeki bitkisel kütleyi parçalamaktadır (Ayık ve Yılmaz, 1992).

2.4.1.1.2 Diri örtü tırmıkları

Ağaçlandırma sahalarında diri örtü temizliğinin bir diğer önemli mekanize yöntemi, ağır hizmet tipi tırmıkların kullanımıdır. Diri örtü tırmıkları, sahadaki odunsu vejetasyonun üst aksamı ile birlikte toprak içerisindeki kök sistemlerini de yüzeye çıkararak sahadan uzaklaştırmak veya belirli hatlarda toplamak amacıyla tasarlanmıştır (Acar vd., 2015).

Diri örtü tırmıkları, özellikle tohumun mineral toprakla temas etmesinin zorunlu olduğu doğal gençleştirme sahalarında kritik bir rol oynar (Karadağ, 1999; Saatçioğlu, 1971). Toprak yüzeyindeki ölü ve diri örtüyü sıyırarak tohum yatağını hazırlar (Jäärats vd., 2012).

Bu ekipmanların yanlış kullanımı, besin maddesi bakımından en zengin olan üst toprağın (A horizonu) sahadan uzaklaştırılmasına veya taşınmasına neden olabilir (Kantarcı, 1982). Ayık ve Yılmaz (1992) tarafından yapılan araştırmalar, diri örtü temizliği sırasında mineral toprağın korunmasının, fidanların ileriki yaşlardaki büyüme performansı için hayati önem taşıdığını göstermektedir. Bu nedenle, tırmıklama işlemlerinde erozyon riskini artırmayacak ve toprak verimliliğini bozmayacak teknik esaslara uyulmalıdır (OGM, 2024).

2.4.1.2 Toprak işleme ve teraslama makineleri

Toprak işleme, toprağın su tutma kapasitesini artırmak ve havalanmasını sağlamak amacıyla derin veya yüzeysel olarak gerçekleştirilir.

2.4.1.2.1 Alt toprak patlatıcılar

Toprağın alt katmanlarında oluşan ve kök gelişimini kısıtlayan "pulluk tabanı" gibi sert tabakaların kırılmasında kullanılır. Toprağın derinlemesine işlenmesi, özellikle ağır bünyeli ve drenaj sorunu olan sahalarda fidan başarısını belirleyen en temel faktördür. Alt toprak patlatıcılar (riper), toprağı devirmeden, alt katmanlardaki sıkışmış tabakayı (hardpan) mekanik olarak parçalayan ekipmanlardır. Riper kullanımı, özellikle taşlı ve sert zeminlerde fidanların kazık kök yapabilmesine olanak tanır (Gülcü ve Çelik, 2016).

Toprağın riper ile işlenmesi, pulluk ile erişilemeyen ve İşlenemeyen alt toprakta köklerin gelişmesini engelleyen ve yağış sularının alt toprağa sızmasını önleyen veya güçleştiren tabaka veya horizonun yarılmasını sağlamaktadır. Riper, arazinin işlenmesindeki ihtiyaca göre ve dikim aralığı da göz önüne alınarak, tek, çift veya üçlü olarak kullanılır. Böylece yağış sularının toprağın derinliklerine sızması ve derinlerde depolanması sağlanır. Durgun su topraklarında ise köklerin gelişmesini engelleyen durgun suyun akıtılması riper ile işleme sayesinde mümkün olur (Kantarcı, 1982).

Toprağı alt üst etmeden derin olarak isleyen ve özellikle sıkı topraklarda ve altta pas ve kireçtaşı tabakalarını kırmak için kullanılan bir ekipmandır. Ağır topraklarda ve durgun su bulunan topraklarda riperle toprak işleme büyük fayda sağlar. Ağır topraklarda çarık adı verilen bir uç parçasının eklenmesi ile toprağın daha iyi havalanmasına hizmet edecek ilavelerde donatılmıştır (Acar ve Şentürk, 2000).

2.4.1.2.2 Ormancılık pullukları

Ormancılıkta pulluk kullanımı, toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmek, su-hava dengesini düzenlemek ve diri örtü rekabetini mekanik olarak engellemek amacıyla uygulanan en eski ve yaygın yöntemlerden biridir. Tarım pulluklarından farklı olarak

ormancılık pullukları, ağır hizmet tipi materyallerden imal edilmekte ve engellere (kök, taş vb.) karşı yüksek dayanım göstermektedir. Pulluk kullanımı, özellikle karaçam gençleştirmelerinde tohumun mineral toprakla temasını sağlayarak başarıyı artırır (Çalışkan vd., 2014).

Toprak işlemesinde çift kulaklı pulluklar ortada bir kanal açıp, sürülen toprağı iki yana devirmektedir. Diskli pulluğu, diskler birbirine karşı takılarak karşılıklı çift diskli pulluk halinde kullanılması ile de toprak işlenmektedir. Gerek çift kulaklı pulluklar, gerekse karşılıklı çift diskli pulluklar genellikle düz arazide ve yağışın fazla olduğu, toprakta taban suyunun veya durgun suyun yüksek bulunduğu yerlerde kullanılır. Fidanlar yükseltilen toprağın üstüne dikilir. Yüksek yağış sonucunda su aradaki kanallarda toplanır. Taban suyu veya durgun suyun topraktaki seviyesi ise açılan kanalların etkisi ile daha aşağıya iner. Üst toprakta gelişen kökler de suyun zarar verici etkilerinden kurtulmuş olur. Bu tip toprak işlemeleri daha çok nemli bölgeler, yaz döneminde yetişme ortamında önemli su açığı bulunmayan yerler için uygundur (Kantarcı, 1982).

Farklı pulluk tipleri ile yapılan tam alan veya şeritler halinde toprak işleme, sahanın ekolojik koşullarına göre seçilir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan pullukla toprak işleme, toprağın su tutma kapasitesini iyileştirerek fidanların kurak periyotları daha az hasarla atlatmasına yardımcı olur (Gülcü ve Çelik, 2016).

2.4.1.2.3 Hidrolik ekskavatörler

Geleneksel paletli dozerlerin yüksek eğimli arazilerde sınırlı manevra kabiliyeti ve toprak yapısı üzerindeki yıkıcı etkileri, ormancılıkta hidrolik ekskavatörlerin kullanımını bir standart haline getirmiştir. Ekskavatörler, 360 derece dönebilen üst yapıları ve mafsallı kol (boom ve arm) sistemleri sayesinde, makine gövdesini hareket ettirmeden geniş bir alanı işleyebilme yeteneğine sahiptir (Kun, 2014).

Paletli veya lastik tekerlekli bir şasi üzerine monte edilmiş, 360 derece dönebilen kule ve hidrolik tahrikli bom-arm-kova mekanizmasından oluşan iş makinesidir. Dozerlerin "itme" (pushing) prensibinin aksine, ekskavatörler "kazma ve koparma" (digging and breakout) prensibiyle çalışır. Ormancılıkta kullanılan modellerde genellikle kova

hacmi 0,6 – 1,2 m³ arasındadır ve kova ucuna “riper” (tırnak) takılarak sert tabakalar patlatılabilir (Melemez, 2011). Islak veya diri örtüsü yoğun sahalarda, toprağı ters çevirip tepecik (mound) yaparak fidan köklerini su seviyesinin üzerine çıkarma ve ot baskısını önleme konusunda üstün başarı sağlar (Löf vd., 2012).

Modern ağaçlandırma tekniklerinde ekskavatörler, özellikle engebeli topoğrafyalarda ve karstik alanlarda çok amaçlı kullanım imkanlarıyla öne çıkmaktadır. Öztürk (2009), karstik bölgelerdeki orman yolu yapımı ve arazi hazırlığında ekskavatörlerin, zemine özgü manevra kabiliyeti sayesinde klasik dozerlere göre daha fonksiyonel olduğunu ortaya koymuştur. Acar ve Eker (2003), ekskavatörlerin hidrolik kollarının sağladığı hassasiyetin, toprak horizonlarının korunmasında ve çevresel zararın minimize edilmesinde kritik rol oynadığını vurgulamaktadır. Bunun yanı sıra, mekanizasyonun teknik kısıtlar nedeniyle giremediği sarp sahalarda el aletleri kullanımı hala önemini korumaktadır.

2.4.1.2.4 Rotavatör

Traktörün kuyruk milinden aldığı hareketle, yatay bir mil üzerinde dönen L, C veya I tipi bıçakların toprağı dikey olarak kesip parçalaması prensibiyle çalışan aktif bir toprak işleme makinesidir. Genellikle 15-25 cm işleme derinliğine sahip olan bu mekanizasyon araçları, pasif toprak işleme aletlerine (pulluk, diskaro vb.) kıyasla tek bir geçişte tohum veya fidan yatağı hazırlığını tamamlayabilme yeteneğine sahiptir (Ayık ve Yılmaz, 1992).

Acar vd. (2015), rotavatörün aynı derinlikte sürekli çalıştırılmasının, bıçakların hemen altında su geçirimsiz sert bir tabaka olan “Taban Taşı” oluşumuna neden olabileceği konusunda uyarıda bulunur. Aşırı kullanımının toprak agregatlarını bozarak “tozlaşmaya” yol açabileceği uyarısı da literatürde yer almaktadır (Dinçer, 1976; Kara ve Arslan, 2021). Sürekli aynı derinlikte kullanıldığında, bıçakların alt seviyesinde geçirimsiz bir “taban taşı” oluşumuna neden olabilir. Bu durum, fidan köklerinin derine inmesini engelleyebilir (Blevins vd., 1984). Ayrıca taşlı orman topraklarında bıçak kırılma riski yüksektir.

Traktörün tarıma girmesi ve kuyruk mili yardımıyla çeşitli tarım alet ve makinelerin tahrik edilebilmesi toprak islemede de döner aletlerin kullanım alanının genişlemesine yardımcı olmuştur. Bunlar içerisinde en çok kullanım alan bulmuş olan döner toprak isleme aleti, toprak frezesidir. Toprak frezeleri işleyici organları hareketli olan toprak isleme makineleridir. Freze tamburunun çapı 36-52 cm arasında değişir. Dakikadaki devir sayis1 150-200 arasında değişir. Çalışma sırasında tamburun kendi ekseni etrafında dönme hareketine ayrıca ilerleme hareketi birleşince bıçaklar özel gücüyle yörünge çizerler (Acar vd., 2015).

2.4.1.3 Geleneksel el aletleri ve manuel toprak işleme

Modern mekanizasyon sistemlerinin gelişimine rağmen, Türkiye'nin engebeli topoğrafyası ve sarp orman alanları, ağaçlandırma çalışmalarında el aletlerinin kullanımını bir zorunluluk haline getirmektedir. Çapa, tırmık ve kürek gibi geleneksel aletler; özellikle iş makinelerinin giremediği dik yamaçlarda, küçük ölçekli ağaçlandırma sahalarında ve dikim sonrası bakım çalışmalarında temel araçlardır.

Mekanizasyonun fiziksel olarak giremediği sarp ve hassas sahalarda el aletleri kullanımı hala önemini korumaktadır. Yıldırım vd. (2020), Sakallı Kızılağaç meşcerelerinin gençleştirilmesi üzerine yaptığı çalışmada, sarp Karadeniz topoğrafyasında el aletleri ile yapılan toprak yaralamanın doğal gençleştirme başarısını artırdığını ortaya koymuştur.

2.4.1.3.1 Motorlu çukur açma burguları

Taşsız topraklarda hızlı fidan çukuru açılmasını sağlar. Mekanize toprak işlemenin mümkün olmadığı sarp arazilerde veya tam alan toprak işlemenin ekolojik olarak riskli görüldüğü sahalarda "nokta hazırlığı" yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemin en yaygın kullanılan taşınabilir ekipmanı olan motorlu çukur açma burguları, fidan dikim çukurlarının standart boyutlarda ve yüksek hızda açılmasını sağlayan makinelerdir (Acar vd., 2015).

Dikim sırasında bitki için uygun bir yer hazırlamak amacıyla kullanılan dikim çukuru açma makinelerinin küçük tipleri, motorlu testereye monte edilmiş bir donanım içeren

tiplerdir. Küçük çukurların açılmasında kullanılmasına rağmen işçiyi son derece yorması, bunun yerine bir traktöre monte edilmiş çukur açma makinelerinin oluşmasına ortam hazırlamıştır. Buna göre bazı traktörlerde geride olmak üzere spiral şekilde sondaj burgusu tipinde ekipmanlar makinenin hidrolik düzenine bağlanmak suretiyle ve aynı zamanda kuyruk milinden döndürücü bir güç almak suretiyle çukur açma seklinde kullanılır (Acar vd., 2015).

Dağlık orman alanlarındaki dikim çalışmalarında el aletleri kullanımı fiziksel olarak oldukça yorucudur. Motorlu burgular, işçinin harcadığı eforu optimize ederek iş verimliliğini artırmaktadır (Acar ve Şentürk, 2000). Melemez (2011), teraslar üzerinde yapılan çalışmalarda mekanize araçların iş verimliliğini önemli ölçüde artırdığını belirtmektedir. Motorlu burgular, bu teraslar üzerinde fidan noktalarının hızlıca hazırlanmasına olanak tanır.

Toprak işlemede yakıt tüketimi, ekipmanın toprağa karşı gösterdiği dirençle orantılıdır (Dinçer, 1976). Bayhan (2016) tarafından yapılan çalışmalar, farklı toprak işleme yöntemlerinin enerji kullanım etkinliğinin toprak nemiyle de değiştiğini göstermiştir. Çok kuru ve sert topraklarda burgu ucu aşınması artmakta ve motor zorlandığı için enerji verimliliği düşmektedir.

2.4.1.3.2 Ormancılık çapaları

Ağaçlandırma ve doğal gençleştirme sahalarında, topoğrafik kısıtlar (yüksek eğim, kayalık zemin) veya ekolojik hassasiyetler nedeniyle makineli arazi hazırlığının mümkün olmadığı durumlarda el aletleri kullanımı zorunluluk arz etmektedir. Bu ekipmanlar içerisinde ormancılık çapaları, hem diri örtü temizliğinde hem de mineral toprağın açığa çıkarılarak tohum yatağı/dikim cebi oluşturulmasında kullanılan en temel manuel araçtır.

Öztürk (2009), çapaların sap uzunluğunun operatörün boyuna göre ayarlanmasının (genellikle 90-110 cm), çalışma sırasında bel bölgesine binen yükü azalttığını ifade etmiştir. Özellikle “balta çapa” tipi ekipmanlar, bir yüzünün keskin balta formu sayesinde köklü diri örtünün temizlenmesinde, diğer yüzünün ise çapa formuyla toprağın kazılmasında çift yönlü avantaj sağlamaktadır.

Yıldırım vd. (2020), Karadeniz bölgesindeki sarp meşcerelerde el aletleri ile yapılan mikro-saha hazırlığının (toprak yaralamanın), toprağın üst verimli tabakasını koruyarak doğal gençleştirme başarısını artırdığını ortaya koymuştur.

2.4.1.3.3 Kürekler

Toprak işleme operasyonlarını takiben fidanların toprakla buluşturulması aşamasında kullanılan el aletleri içerisinde kürekler, özellikle tüplü ve çıplak köklü fidanların dikiminde vazgeçilmez bir araçtır. Ormancılıkta kullanılan kürekler, standart inşaat veya tarım küreklerinden farklı olarak, sert ve taşlı orman topraklarına mukavemet gösterecek şekilde daha dar, keskin ve yüksek karbonlu çelikten imal edilmektedir.

Kürek ile yapılan dikimlerde en kritik başarı kriteri, dikim çukurunun fidan kök formuna uygun hazırlanmasıdır. Ürgenç (1998), kürek ile açılan çukurlarda köklerin "J-kök" formunu almaması için çukur derinliğinin kök uzunluğundan en az 5-10 cm daha fazla olması gerektiğini ifade etmektedir. Ayrıca, kürekle dikim sırasında toprağın fidan etrafında sıkıştırılması aşamasında, hava boşluklarının giderilmesi ancak köklerin ezilmemesi dengesi biyolojik başarı için esastır (Saatçioğlu, 1976).

Manuel kürek kullanımı, ormancılık işleri arasında bel (lumbar) bölgesi ve omuz eklemleri üzerinde en yüksek biyomekanik yük oluşturan faaliyetlerden biridir. Öztürk (2009), yanlış kürek seçimi ve hatalı duruş tekniklerinin kronik kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açabildiğini, bu nedenle hafif ve mukavemeti yüksek alaşımlı çelikten üretilen modern küreklerin tercih edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

2.4.1.3.4 El tırmıkları

Ağaçlandırma sahalarında diri örtü temizliği ve toprak işleme safhalarının ardından, sahanın dikime hazır hale getirilmesinde el tırmıkları tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Özellikle mekanize araçların giremediği dik yamaçlarda ve hassas ekosistemlerde, bitki artıklarının toplanması ve toprak yüzeyinin düzenlenmesi amacıyla kullanılan temel el aletleridir.

Genellikle 8-14 arasında değişen sayıda dişe sahip, metalden veya sert plastikten üretilen, bitki artıklarını toplamak veya toprağı yüzeysel karıştırmak için kullanılan alettir. Ormancılıkta kullanılan tırmıklar ("orman tırmığı"), daha kalın ve dayanıklı dişlere sahiptir. Diş uzunlukları 5-10 cm arasındadır. Makinelerin giremediği sarp arazilerde, kayalık sahalarda ve özellikle fidan bakımı aşamasında hayati öneme sahiptir.

Boydak (2003), fidan çevresinde yapılan çapa işleminin temel amacının yabancı otları temizlemekten öte; toprak yüzeyindeki kılcal çatlakları (kapilarite) kırarak suyun buharlaşmasını önlemek olduğunu vurgular. Bu işlem, kurak mıntıka Karaçam ağaçlandırmalarında "kuru tarım" (dry farming) prensibi olarak bilinir ve fidanın yaz kuraklığını atlatmasını sağlar. Özellikle Sarıçam (*Pinus silvestris*) doğal gençleştirme çalışmalarında kritik bir öneme sahiptir. Sarıçam tohumunun mineral toprağa ulaşmasını engelleyen "ham humus" ve yaprak tabakasının (litter) sıyrılması işleminde kullanılır. Tırmıkla yapılan bu işlem, tohumun çimlenmesi için gerekli mineral toprak temasını sağlar (Çolak, 2002). Ayrıca tohum dökümünden sonra yapılan tırmıklama, tohumun hafifçe toprakla örtülmesini sağlayarak kuş ve kemirgen zararından korur ve çimlenme nemini muhafaza eder.

2.5 Karaçam ve Sarıçam'da Tohum Verimine İlişkin Çalışmalar

İğne yapraklı türlerde tohum verimi ve kalitesi, kozalakların doğru zamanda ve uygun tekniklerle toplanmasına doğrudan bağlıdır. Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) türlerinde kozalaklar genellikle iki yılda olgunlaşmakta, ancak tohumların dökülme zamanları ekolojik koşullara göre farklılık göstermektedir.

Bu iki türe ait tohum döküm zamanlamaları, özellikle tohumların diri örtü baskısı başlamadan doğrudan mineral toprakla buluşmasını hedefleyen "arazi hazırlığı" operasyonlarının zamanlaması için en kritik silvikültürel kriteri teşkil etmektedir (Ata, 1995). Tohumların henüz sahaya düşmeden veya döküm anında gevşetilmiş, havalandırılmış ve temizlenmiş bir çimlenme yatağı ile buluşturulması, çimlenme başarısını güvence altına almaktadır (Saatçioğlu, 1971; Ürgenç, 1998).

Kozalak hasadında temel gösterge "hasat olgunluğu"dur. Ürgenç (1998), Sarıçam kozalaklarının genellikle Ekim-Kasım aylarında olgunlaştığını, ancak tohumların dökülmeden toplanması için kış aylarının (Aralık-Şubat) en uygun dönem olduğunu belirtmektedir. Ormancılık uygulamalarında tohum toplama işlemi, tohumların dökülmesinden önce, yani kozalakların tam olgunluğa ulaştığı ancak henüz açılmadığı Kasım - Ocak ayları arasında yapılır. Şubat ayından itibaren kozalak pulları açılmaya başladığı için tohum kaybı yaşanmaktadır (Saatçioğlu, 1976).

Hasat edilen kozalaklardan tohumların çıkarılması (ekstraksiyon), kozalak pullarının higroskopik hareketine dayanmaktadır. Bu işlem doğal koşullarda (güneş enerjisiyle) yapılabileceği gibi, modern ormancılıkta kontrollü fırınlarda (ekstraktörlerde) gerçekleştirilmektedir.

Boydak (1977), sarıçam tohumlarının çimlenme yeteneği ve depolama ömrünün, kozalakların ağaç üzerinde ulaştığı olgunluk evresiyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Tam olgunlaşmadan yapılan erken hasatlar, embriyo gelişimini tamamlayamamış, düşük çimlenme yüzdesine sahip ve saklama sürecinde canlılığını hızla yitiren tohumlara yol açmaktadır. Optimum olgunlaşma zamanında toplanan tohumlar ise hem yüksek çimlenme enerjisine sahip olmakta hem de soğuk hava depolarında uzun yıllar canlılığını koruyabilmektedir.

Doğal gençleştirme çalışmalarında tohum döküm zamanlaması kritik öneme sahiptir. Türkiye koşullarında Karaçam tohum dökümü genellikle Şubat ayında başlayıp Mart-Nisan aylarında pik yaparken Boydak vd. (2002), Sarıçam tohumları Nisan-Mayıs periyodunda dökülmektedir (Saatçioğlu, 1971). Bol tohum yıllarında hektara düşen tohum miktarı Sarıçamda 1 milyon adede kadar çıkabilirken, Karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmalarda m^2'ye ortalama 48 adet (yaklaşık 480.000 adet/ha) tohum dökümü referans alınmaktadır (Çalışkan, 2014).

2.5.1 Karaçam'da Tohum Verimi Çalışmaları

Karaçamda kozalaklar genellikle iki yılda olgunlaşmaktadır. İlk yılın bahar aylarında oluşan çiçekler, tozlaşmayı takip eden ikinci yılın sonbaharında olgun kozalak formuna ulaşır. Boydak vd. (2009), karaçam kozalaklarının genellikle 5-10 cm

uzunluğunda, simetrik ve açık kahverengi-sarımsı renkte olduğunu belirtmektedir. Kozalak pullarının odunsu yapısı, içindeki tohumları ekstrem iklim koşullarına ve biyotik zararlılara karşı koruyan mekanik bir bariyer işlevi görür.

Karaçam, her yıl aynı miktarda tohum vermeyen, periyodisite (tohum yılı) gösteren bir türdür. Türkiye genelindeki meşcerelerde tam bol tohum yılı genellikle 3 ila 4 yılda bir tekrarlanmaktadır (Odabaşı vd., 2007). Tohum verimi; ağacın yaşı, taç yapısı ve yetişme ortamı kalitesine göre değişkenlik gösterir. Üçler vd. (2001), yaptıkları çalışmada, serbest büyüyen ve geniş taca sahip ağaçların, kapalı meşcere içindeki bireylere oranla daha yüksek kozalak ve dolu tohum sayısına ulaştığını saptamıştır.

Sıcak ve kuru rüzgarlar tohum dökümünü hızlandırırken, nemli havalar kozalak pullarının kapanmasına neden olur. Bu durum, tohumların çimlenme için en uygun nemin bulunduğu bahar aylarında toprağa ulaşmasını sağlayan doğal bir adaptasyondur (Genç, 2013).

Türkiye'de karaçam kozalak hasadı genellikle Kasım ve Ocak ayları arasında gerçekleştirilir. Kozalakların dış renginin yeşilden kahverengiye dönmesi ve nem içeriğinin azalması olgunluk göstergesi olarak kabul edilir (Boydak ve Çalıkoğlu, 2006).

Karaçam sahasında Mayıs ayı sonundaki pik dönemi öncesinde yapılacak bir mekanize toprak işlemesi, tohumların toprağa düşer düşmez rotavatörün yarattığı gevşek mineral tekstüre gömülmesine ve vejetasyon rekabetine karşı avantaj yakalamasına imkan tanımaktadır (Ata, 1995).

2.5.2 Sarıçam'da Tohum Verimi Çalışmaları

Sarıçamda kozalaklar, genellikle kısa saplı, yumurta veya koni biçiminde olup 3-7 cm uzunluğundadır. Kozalakların olgunlaşma süreci iki yıllık bir döngüyü kapsar. İlk yılın bahar aylarında gerçekleşen tozlaşmayı takiben oluşan küçük, yeşil yapılı kozalaklar (idman kozalağı), ikinci yılın sonbaharında odunlaşarak asıl boyutlarına ulaşır. Odabaşı vd. (2007), olgun kozalakların pullarının (apofiz) genellikle baklava dilimi

şeklinde olduğunu ve türün ayırt edici morfolojik özelliklerinden birini oluşturduğunu belirtmektedir.

Sarıçamda tohumların olgunlaşmasını takiben kozalak pullarının açılması ve tohum dökümü süreci başlar. Genetik ve mikroklimatik faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte, tohum dökümü genellikle kış sonu ve ilkbahar başındaki kuru, rüzgarlı günlerde yoğunlaşır. Doğal tensil çalışmalarında, tohumların döküm zamanı ile sahada uygulanan toprak işleme (çimlenme yatağı hazırlığı) faaliyetlerinin zamanlaması senkronize olmalıdır. Tohum dökümünden hemen önce tamamlanan toprak işleme, mineral toprağın açığa çıkmasını sağlayarak tohumların uygun mikrositelere ulaşma ve çimlenme şansını artırır (Boydak, 1977).

Tohumlar genellikle kozalakların olgunlaşmasını takip eden ikinci yılın kış sonu veya bahar başında (Şubat-Mayıs) dökülmeye başlar. Hille ve Den Ouden (2004), sarıçamda tohum dökümünün en yoğun olduğu dönemin, nem oranının azaldığı ve sıcaklığın artmaya başladığı ilkbahar ayları olduğunu belirtmişlerdir.

Sarıçamda bol tohum yılları, yetişme ortamı koşullarına bağlı olarak genellikle 2 ila 4 yıl arasında tekrarlanır (Odabaşı vd., 2007). Erken dökülen tohumlar, kar suyunun toprağa doyduğu dönemde çimlenme avantajı yakalamaktadır. Türkiye'deki sarıçam meşcerelerinde genellikle 2 ila 4 yılda bir bol tohum yılı gerçekleşmektedir. Genç (2020), sarıçamın karaçama oranla daha sık tohum verme eğiliminde olduğunu, ancak bu durumun ekstrem kuraklıklar veya geç donlar gibi ekolojik kısıtlarla kesintiye uğrayabileceğini vurgulamaktadır.

Sarıçam sahasındaki erken döküm periyodu, bu türün gençleştirme çalışmalarında toprak hazırlığı operasyonlarının (Ekskavatör/Rotavatör uygulamaları) tohum dökümünün başladığı Nisan ayından önce, yani erken bahar veya bir önceki sonbahar döneminde mutlaka tamamlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Löf vd., 2012).

Boydak (1977) tarafından yapılan bir çalışmada, Eskişehir-Çatacık yöresinde farklı yaş, bonitet (yetişme ortamı kalitesi) ve müdahale (aralama yapılmış/yapılmamış) durumundaki sarıçam popülasyonlarında zengin (bol) tohum yılları her 2-3 yılda bir tekrarlanmakta olduğunu belirtmişlerdir.

2.6 Karaçam ve Sarıçam'da Gençlik Başarısına İlişkin Çalışmalar

Her iki tür de ışık ağacı karakterinde olmasına rağmen, gençlik aşamasında siper toleransları farklılık gösterir. Sarıçam fidanları, karaçama oranla daha yüksek ışık şiddetine ihtiyaç duyar. Genç (2020), sarıçam gençliklerinin siper altında uzun süre kalamayacağını, ışık yetersizliğinin fidanlarda boy büyümesini durdurarak "şemsiyeleşmeye" neden olduğunu belirtmektedir. Buna karşın, karaçam fidanları ilk yıllarda hafif bir siper korumasına ihtiyaç duyabilmektedir. Odabaşı vd. (2007), özellikle kurak bölgelerde üst tabaka siperinin, genç fidanları aşırı buharlaşma ve radyasyon stresinden koruyarak hayatta kalma başarısını artırdığını vurgulamaktadır.

2.6.1 Karaçam'da Gençlik Başarısına İlişkin Çalışmalar

Gençlik başarısını belirleyen en temel silvikültürel müdahale toprak hazırlığıdır. Çalışkan vd. (2014), Anadolu karaçamı üzerinde yaptıkları çalışmada, toprağın mineral tabakasının açığa çıkarılmasının fidan sayısını ve boy büyümesini kontrol parsellerine göre anlamlı düzeyde artırdığını saptamıştır.

Fidanın toprak altı stratejisi de başarının anahtarıdır. Dassot ve Collet (2020), toprak hazırlığı yöntemlerinin karaçam fidanlarında kök mimarisini değiştirdiğini, dikey kök gelişimini teşvik eden yöntemlerin kuraklık direnci sağladığını kanıtlamıştır.

Akdeniz havzasında ve kıtasal iklimin hakim olduğu bölgelerde yaz kuraklığı, gençlik ölümlerinin ana nedenidir. Tíscar Oliver (2007), karaçam popülasyonlarında çimlenme sonrası hayatta kalma oranının doğrudan toprak nemi ile korele olduğunu ifade etmiştir.

Doğal gençleştirme çalışmalarında silvikültürel başarının somut olarak değerlendirilmesi, birim alandaki fidan sayısı ve gençliğin alana dağılış biçimi (frekansı) ile ölçülmektedir. Bu alandaki en köklü çalışmalardan birini yürüten Karadağ (1999), Batı Karadeniz Bölgesi Karaçam doğal gençleştirme sahalarında fidanların çimlenme, hayatta kalma ve dağılış dinamiklerini incelemiştir. Araştırmacı, biyolojik olarak bağımsız hale gelmiş ve siper altından kurtulma aşamasına gelmiş boylu karaçam gençliklerinde, silvikültürel açıdan kabul edilebilir ve başarılı bir

gençlik yapısı için metrekarede (m²) ortalama 2 ila 3 adet; sık meşcere yapılarında ise en az 1-2 adet iyi kalitede sağlıklı fert bulunması gerektiğini ortaya koymuştur (Ata, 1995; Saatçioğlu, 1979).

Doğal gençleştirme sahalarındaki başarı kontrolünde sadece ortalama fidan sayısı yanıltıcı olabilmektedir; çünkü fidanların sahada kümelenmesi m² ortalamasını yüksek gösterse de sahanın büyük kısmı boş kalabilmektedir. Bu sorunu çözmek amacıyla Karadere (Kastamonu) yöresi Karaçam gençleştirme sahalarında yürütülen bir başarı kontrolü çalışmasında "Sıfır Alan Yöntemi" uygulanmıştır (Güner, 2001; OGM, 2024). Bu yöntemde sahanın farklı noktalarında 2 x 2 m² (4 m²) boyutlarında örnekleme alanları alınmakta ve içinde fidan olmayan (boş) karelerin oranı hesaplanmaktadır. Yapılan analizlere göre, hektarda 2500, 5000 ve 10000 adet fidan kontrol doğrularına kıyaslama yapıldığında, başarılı ve optimal bir gençleştirme sahasında 2 m² düzeyindeki mikro-parsellerde en az 1 adet sağlıklı fidan bulunması (boş alan oranının %20'yi geçmemesi) başarının temel ölçütü olarak kabul edilmiştir (Güner, 2001; OGM, 2024).

2.6.2 Sarıçam'da Gençlik Başarısına İlişkin Çalışmalar

Genç fidanların diri örtü (çalı ve ot) ile olan rekabeti, büyüme hızını doğrudan etkiler. Hille ve Den Ouden (2004), sarıçam fidanlarının ilk yıllarda otsu rekabete karşı oldukça hassas olduğunu, erken dönemdeki vejetasyon kontrolünün fidan boyunda %40'a varan artış sağlayabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, tohumların ve genç fidanların kemirgenler veya kuşlar tarafından tüketilme riski (predasyon), özellikle bol tohum yıllarında gençlik yoğunluğunu dengeleyen biyotik bir faktördür (Lucas-Borja vd., 2016). Hasat artıklarının sahadaki varlığı ise, mikro-iklimi iyileştirerek fidanların ekstrem sıcaklıklardan korunmasına yardımcı olabilmektedir (Węgiel vd., 2023).

Masternak vd. (2020), doğal gençliklerin büyüme özelliklerini analiz ederek, uygun yetişme ortamı koşullarında sarıçamın dikey büyüme hızının ilk 5 yıldan itibaren ivme kazandığını belirtmiştir. Yapay gençleştirme (dikim) çalışmalarında ise fidanın hayatta kalma oranı, dikim öncesi saha hazırlığı ve fidanın fizyolojik kalitesiyle doğrudan ilişkilidir (Aleksandrowicz-Trzcińska vd., 2017).

Tohum yatağının fiziksel durumu, fidanın kök salma başarısını belirleyen en temel unsurdur. Polonya'da yapılan kapsamlı araştırmalar, mekanik toprak hazırlığının fidan yerleşim başarısını dramatik şekilde artırdığını göstermektedir. Aleksandrowicz-Trzcińska vd. (2014), mineral toprağın açığa çıkarılmasının doğal gençleşme yoğunluğunu artırdığını, Aleksandrowicz-Trzcińska vd. (2018) ise bu yöntemin fidanların uzun dönemli yerleşim karakteristiği üzerinde belirleyici olduğunu rapor etmiştir. Saha hazırlığının bir diğer boyutu olan hasat artıklarının yönetimi de gençlik verimliliğini etkilemektedir.

Polonya'da sarıçam üzerine yapılan bir araştırmada, mekanik toprak hazırlığının fidan yerleşim başarısını (establishment) doğrudan etkilediğini belirtmiştir (Aleksandrowicz-Trzcińska vd., 2018).

Ankara ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki sarıçam doğal gençleştirme koşullarını inceleyen Karadağ (2013), sarıçam türünün ışık isteği ve kuraklık hassasiyetine bağlı olarak başarı sınırlarını belirlemiştir. Sarıçamın bol tohum yıllarında metrekareye dökülen yüzlerce tohumdan çimlenen fideciklerin, ilk vejetasyon dönemi sonundaki (yaz kuraklığı sonrası) kritik eşiği aşması gerekmektedir. Araştırmada, sahanın başarıya ulaşmış sayılabilmesi için tohumlama kesimini takip eden sayımlarda alan genelinde homojen dağılmış, m²'de minimum 2-4 adet canlı fidanın kalması gerektiği; bu sayının altına düşen sahalarda boşlukların (sıfır alanların) genişleyerek yabanlaşmaya zemin hazırladığını belirtmiştir (Karadağ, 2013).

2.7 Doğal Gençleştirme Alanlarında Diri Örtü Oluşumuna İlişkin Çalışmalar

Gençleştirme sahalarında başarıyı tehdit eden en önemli biyotik faktörlerin başında otlatma ve yaban hayatı baskısı gelmektedir. Côté vd. (2004), geyik ve benzeri otobur memelilerin aşırı popülasyonunun, gençlik üzerinde seçici otlama yaparak meşcere kompozisyonunu değiştirebileceğini ve ekolojik dengeyi bozabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, Sarıçam fidanlarının otlatma hasarı gördükten sonra kök-sürgün dengesini yeniden kurmaya çalıştığını, ancak sürekli baskı altında bu yeteneğin azaldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmaların ortak sonucu şudur: Hızlı boylanma için toprak işleme şarttır; çünkü toprak işleme ile hızlı büyüyen fidan, otlatma baskısından

(hayvanın ağız seviyesinden) daha çabuk kurtularak güvenli yüksekliğe ulaşabilmektedir.

Otsu diri örtü, dikilen fidanlarla ışık, su ve besin maddeleri için rekabet ederek gençleştirmenin başarısını sınırlayabilir. Franklin vd. (2012), ABD'nin doğusundaki kömür madeni sahalarında, yoğun otsu vejetasyonun (özellikle egzotik serin iklim çimlerinin) ağaç fidanlarının büyümesini ve hayatta kalmasını olumsuz etkilediğini belirtmektedir. Çalışma, otsu örtü kapalılığının %60'ın üzerine çıkması durumunda ağaç yaşama oranının düştüğünü, ancak düşük yoğunluklu örtünün bazı durumlarda kolaylaştırıcı etkileri olabileceğini göstermektedir.

2.7.1 Karaçam Doğal Gençleştirme Alanlarında Diri Örtü Oluşumu

Karaçam fidanları için en büyük tehditlerden biri, sınırlı su kaynaklarına ortak olan otsu vejetasyon rekabetidir. Balandier vd. (2006), ot mücadelesi yapılmayan parsellerde fidanların ksilem su potansiyellerinin kritik seviyelerin altına düştüğü ve ölümlerin arttığını saptamıştır. İspanya'da yürütülen bir başka çalışmada Tíscar Oliver (2011), Karaçamın güney yayılış alanlarındaki gençleşme dinamiklerini modellemişlerdir. Araştırmacılar, fidan ölümlerindeki en büyük "darboğazın" yaz kuraklığı olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmaya göre; uygun mikro-habitatların oluşturulması, fidanların hayatta kalması için tohum miktarından daha kritiktir. Toprak işleme ile oluşturulan küçük çukurlar veya gevşetilmiş toprak yüzeyleri, fidan kökleri için gerekli olan bu mikro-habitatları sağlayarak su stresini minimize etmektedir.

Türkiye'deki karaçam gençleştirme çalışmalarında en büyük kısıtlayıcı faktör yaz kuraklığı ve aşırı otlatma baskısıdır. Gençlik aşamasındaki fidanların kök sistemleri yeterince derinleşmeden yaşanan ekstrem sıcaklıklar, fidan kayıplarının ana nedenidir. Ayrıca, türün yarı ışık ağacı olması, siper altındaki fidanların ışık ihtiyacı ile koruma dengesinin hassas bir şekilde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır (Odabaşı vd., 2007).

2.7.2 Sarıçam Doğal Gençleştirme Alanlarında Diri Örtü Oluşumu

Sarıçam sahalarında en büyük sorunlardan biri, ışık ve yer için fidanlarla rekabet eden yoğun diri örtüdür (Eğrelti, Orman Gülü vb.). Bu rekabet mekanizmasını İsveç'te

inceleyen Nilsson vd. (2006), siper kuruluşu altındaki sahalarda detaylı bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada, toprak işlemenin sadece tohum yatağı hazırlamakla kalmayıp, aynı zamanda sahayı kaplayan agresif otsu vejetasyonu geçici olarak uzaklaştırarak fidanlara bir "yaşam penceresi" açtığı belirlenmiştir. Elde edilen veriler, toprak işlemesi yapılan mikro-habitatlarda fidanların kök gelişiminin hızlandığını ve boy büyümesi bakımından kontrol alanlarına göre üstünlük sağladığını göstermiştir.

Karadağ (1999), Doğu ve Batı Karadeniz Sarıçam ormanlarında diri örtü temizliği yapılmayan sahaların hızla "yabanlaşma" sürecine girdiğini ve asli tür olan Sarıçamın sahadan silindiğini vurgulamıştır. Fiziksel baskıyı inceleyen çalışmalar, kış aylarında karın ağırlığıyla gençliklerin üzerine yatan diri örtünün fidanları mekanik olarak ezdiğini ve boğulmalarına neden olduğunu tespit etmiştir. Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), fizyolojik özellikleri gereği ışık isteği yüksek (intolerant) bir tür olup, gençlik döneminde gölgeleme baskısına karşı son derece hassastır. Bu biyolojik gereksinimi temel alarak Çolak (2002), diri örtü rekabetinin fidanların ışık alımı ve büyüme parametreleri üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde irdelemiştir. Araştırmacı, sahadaki baskın diri örtünün (eğrelti, çalı vb.) temizlenmesiyle birlikte, fidanların iğne yapraklarına ulaşan fotosentetik aktif radyasyonun (ışık miktarının) belirgin şekilde arttığını saptamıştır. Işık alımındaki bu artış, fidanların fotosentez kapasitesini doğrudan yükselterek karbonhidrat üretimini tetiklemiş ve elde edilen bu ek enerji, fidan kalitesinin ve dayanıklılığının en önemli göstergelerinden biri olan 'kök boğazı çapı'gelişimine pozitif olarak yansımıştır. Çalışma sonuçları, diri örtü temizliğinin sadece fiziksel bir alan açma işlemi olmadığını, aynı zamanda fidanın metabolik faaliyetlerini optimize ederek cılızlaşmayı önleyen hayati bir silvikültürel müdahale olduğunu ortaya koymaktadır.

2.8 Materyal Ağaç Türlerinin Biyolojisi ve Silvikültürü

2.8.1 Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana*)

Morfoloji ve Kök Yapısı: Anadolu Karaçamı, 30-35 metreye kadar boylanabilen, dolgun ve düzgün gövdeli, koyu gri-siyah kabuklu bir asli ağaç türümüzdür. Silvikültürel açıdan en kritik özelliği kök sistemidir. Karaçam, fidan döneminden

itibaren güçlü bir kazık kök yapma eğilimindedir. Fidanın hayatta kalabilmesi, bu kazık kökün, toprağın üst tabakasındaki kuruyan kısımları hızla geçerek alt tabakalardaki neme ulaşmasına bağlıdır (Boydak, 2003). Bu biyolojik özellik, tezin ana konusu olan "derin toprak işleme" (dipkazan kullanımı) gerekliliğinin temel dayanağıdır.

Gençleştirme Sorunları: Karaçamın her yıl bol tohum vermemesi (periyodisite: 3-4 yılda bir) ve tohumların çimlenme yüzdesinin düşük olması, doğal gençleştirmede toprak hazırlığının zamanlamasını kritik hale getirmektedir. Anadolu Karaçamı üzerine yapılan kapsamlı çalışmalarda, tohum ağırlığının yükselti ve enlem ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Genel kabul gören aralık 16,5 gr ile 24,0 gr arasında değişmektedir. Boydak (2007), Türkiye'deki Karaçam ormanlarının doğal gençleştirilmesinde tohum ağırlığının, çimlenme enerjisi ile pozitif korelasyon gösterdiğini belirtmektedir. Fidanlık şartlarında yapılan çalışmalarda, 1000 dane ağırlığı yüksek olan tohumlardan (20 gr ve üzeri) elde edilen fidanların, kök boğazı çapı ve kuru kök ağırlığı bakımından daha üstün olduğu saptanmıştır (Ürgenç, 1998).

Karaçam, genellikle kalker (kireçtaşı) ana materyali üzerinde iyi gelişim gösteren bir tür olarak bilinir. Bununla birlikte, volkanik ana materyaller (bazalt, andezit vb.) üzerinde de sağlıklı meşcereler kurabilir (Kantarcı, 2000). Toprak tekstürü açısından kumlu-tınlı, tınlı ve killi-tınlı yapıları tercih eder. Toprağın derinliği, karaçamın kök sistemi için kritiktir; zira tür, kuvvetli bir kazık kök yapısına sahiptir (Saatçioğlu, 1976). Sarıçama kıyasla kirece karşı daha toleranslıdır. Karaçam, pH değeri 6,0 ile 8,0 arasında değişen, nötr veya hafif alkalin topraklarda başarıyla yetişebilir (Çepel, 1995).

2.8.2 Sarıçam (Pinus silvestris L.)

Morfoloji ve Tohum Özellikleri: "Ormanların Asilzadesi" olarak bilinen Sarıçam, tilki sarısı gövde rengi ve narin yapısıyla tanınır. Tohumları küçük, kanatlı ve rüzgarla uzak mesafelere taşınabilir özelliktedir. Ancak tohumların çimlenebilmesi için ham humus tabakasının parçalanması ve mineral toprakla temas etmesi şarttır (Çolak, 2002). Bu durum, toprak işlemenin (skarifikasyon) biyolojik zorunluluğunu ortaya koyar.

Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) tohumlarının morfolojik özellikleri üzerine Türkiye popülasyonlarında yapılan en kapsamlı çalışmada, yerli Sarıçam tohumlarının Avrupa kökenli tohumlara kıyasla daha iri ve ağır olduğu belirlenmiştir. Araştırmada, Türkiye genelindeki farklı provenanslardan elde edilen tohumların 1000 dane ağırlığının 5,65 gr ile 1460 gr arasında geniş bir varyasyon gösterdiği, ancak genel ortalamanın 9,44 gr olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada, yükselti arttıkça tohum boyutunun ve ağırlığının azaldığı, dolayısıyla yüksek rakımlı sahalardaki (Ilgaz, Sarıkamış vb.) doğal gençleştirme çalışmalarında tohum miktarının bu varyasyon dikkate alınarak hesaplanması gerektiği vurgulanmıştır (Gezer ve Yücedağ, 2006). Sarıçamda 1000 dane ağırlığı ortalama 6 gr olarak kabul edilmekle birlikte, bu değer kuzey enlemlerden güneye ve yüksek rakımlardan alçak rakımlara inildikçe (tohum boyutundaki artışa paralel olarak) artış gösterme eğilimindedir (Saatçioğlu, 1971). Doğal gençleştirme çalışmalarında birim alana düşecek tohum sayısı hesaplanırken, Karaçamın 1000 dane ağırlığının Sarıçamın yaklaşık 3 katı olduğu (Karaçam: ~21 gr, Sarıçam: ~7 gr) dikkate alınmalıdır. Bu fiziksel fark, tohumun toprağa ulaşma ve mineral toprakla temas etme mekaniklerini de değiştirmektedir (Odabaşı vd., 2007).

Çimlenme Fizyolojisi ve Gençlik Dönemi: Sarıçam bir ışık ağacıdır (intolerant). Çimlenme için neme ve ışığa ihtiyaç duyar. Gençlik dönemindeki en büyük tehlikeler; "Don kaldırması" (fidanın kökünün donla topraktan çıkması), "Diri örtü baskısı" (eğrelti ve orman gülü rekabeti) ve "Mantar hastalıkları"dır (Devrilme hastalığı). Toprak işleme, bu tehlikelerin (özellikle diri örtü ve don) etkisini minimize etmede kilit rol oynar (Yıldırım vd., 2020).

Sarıçam gençleştirme çalışmalarında, tohumun çimlenme yeteneğini kısıtlayan en önemli iki faktör; tohumun mineral toprağa ulaşmasını engelleyen kalın ham humus tabakası ve fidanı baskılayan rekabetçi diri örtüdür. Odabaşı vd. (2007), Sarıçam meşcerelerinde tohum dökümü öncesi yapılan arazi hazırlığının gençleşme başarısını artırdığını; tohum yılı öncesi yapılan toprak işlemenin (tırmıklama/sürüm) birim alandaki fide sayısını katbekat artırdığını rapor etmiştir.

Sarıçam, toprak özellikleri bakımından adaptasyon yeteneği yüksek bir türdür. Genel olarak derin, gevşek, kumlu ve iyi havalanan toprakları tercih eder (Saatçioğlu, 1976).

Sarıçamın kök sistemi, toprak yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tür, özellikle kumlu-tınlı ve kumlu topraklarda iyi gelişme gösterirken, ağır killi ve su tutma kapasitesi aşırı yüksek olan ağır topraklarda kök gelişimi yavaşlamaktadır (Çepel, 1996). Sarıçam, asidik karakterli topraklara (pH 4,0 – 6,5) adaptasyon sağlamış bir türdür. Kireçli ve yüksek pH değerine sahip alkalin topraklarda kloroz belirtileri gösterebilir ve büyüme hızı düşebilir (Kantarcı, 2000).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Araştırma sahasını kapsayan Kastamonu ili, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, Türkiye ormancılığı açısından en stratejik ve verimli orman alanlarına sahiptir. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, sahip olduğu yüksek "dikili ağaç serveti" ve "yıllık artım" miktarı ile ülke ekonomisine en fazla hammadde sağlayan bölgelerin başında gelmektedir (OGM, 2023). Bölge, topografik yapısı itibarıyla Küre Dağları'nın kuzeyde oluşturduğu bariyer etkisi ve Ilgaz Dağı sisteminin güneydeki hakimiyeti ile karakterizedir. Bu dağ silsileleri, bölgenin hem iklimini hem de vejetasyon formasyonlarını şekillendiren ana unsurlardır. Çalışma alanları, genellikle eğimi %20 ile %60 arasında değişen, engebeli ve sarp araziler üzerinde yer almaktadır. Bu topografik yapı, gençleştirme çalışmalarında makinalı müdahalelerin (mekanizasyon) planlanmasını zorunlu kılarken, aynı zamanda erozyon riskini de beraberinde getirmektedir.

Araştırma İhsangazi ilçesi sınırları içerisindeki ormanlık alanlarda gerçekleştirilmiştir. İhsangazi, coğrafi olarak 41° 21'Kuzey enlemi ile 33° 46'Doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlçe, deniz seviyesinden ortalama 863 m yükseklikte olup, toplam yüzölçümü yaklaşık 384 km²'dir. Kuzeyinde Kastamonu merkez ilçe, güneyinde Çankırı ili (Ilgaz), doğusunda Tosya ve batısında Araç ilçeleri ile çevrilidir. Topografik yapı genel olarak engebeli olup, Ilgaz Dağları'nın kuzey eteklerinde yer alması nedeniyle vadi ve sırt oluşumları çalışma alanında belirgindir.

3.1.1.1 Çalışma alanı iklim özellikleri

Çalışma alanı, Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'nun karasal iklimi arasında bir "geçiş zonu" (ekoton) özelliği göstermektedir. Kıyı şeridinden iç kesimlere doğru gidildikçe (Cide'den Taşköprü ve Tosya'ya doğru), yağış miktarı azalmakta ve sıcaklık farkları artmaktadır. Yıllık ortalama yağış miktarı kıyı kesimlerde 1000 mm'nin üzerine

çıkarken, iç kesimlerdeki Karaçam yayılış alanlarında 450-500 mm seviyelerine kadar düşmektedir (Atalay, 2002). Bu durum, özellikle Karaçam gençleştirmelerinde "yaz kuraklığı" riskini, Sarıçam sahalarında ise "nispi nem" isteğini belirleyici faktör haline getirmektedir. Bölgede kış ayları sert ve kar yağışlı, yaz ayları ise (özellikle güney bakılarda) sıcak ve kurak geçmektedir. Vejetasyon süresi, rakıma bağlı olarak kısalmaktadır. Özellikle Ilgaz Dağı gibi yüksek rakımlı sahalarda görülen "don çukurları" ve "erken/geç don olayları", fidanların hayatta kalma başarısını tehdit eden önemli abiyotik faktörlerdir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kastamonu Meteoroloji İstasyonu'nun uzun yıllar (1930-2024) verilerine göre (Tablo 3.1); bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı yaklaşık 9,9°C civarındadır. En soğuk aylar genellikle Ocak ve Şubat, en sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos'tur. Yıllık ortalama toplam yağış miktarı 450-500 mm aralığında değişmekte olup, yağışların büyük bir kısmı ilkbahar ve kış aylarında düşmektedir. Yaz aylarında ise kuraklık etkisi, özellikle güneye bakan bakılarda daha belirgin hissedilmektedir (MGM., 2025).

Tablo 3.1 Kastamonu iklim verileri (1930-2024)

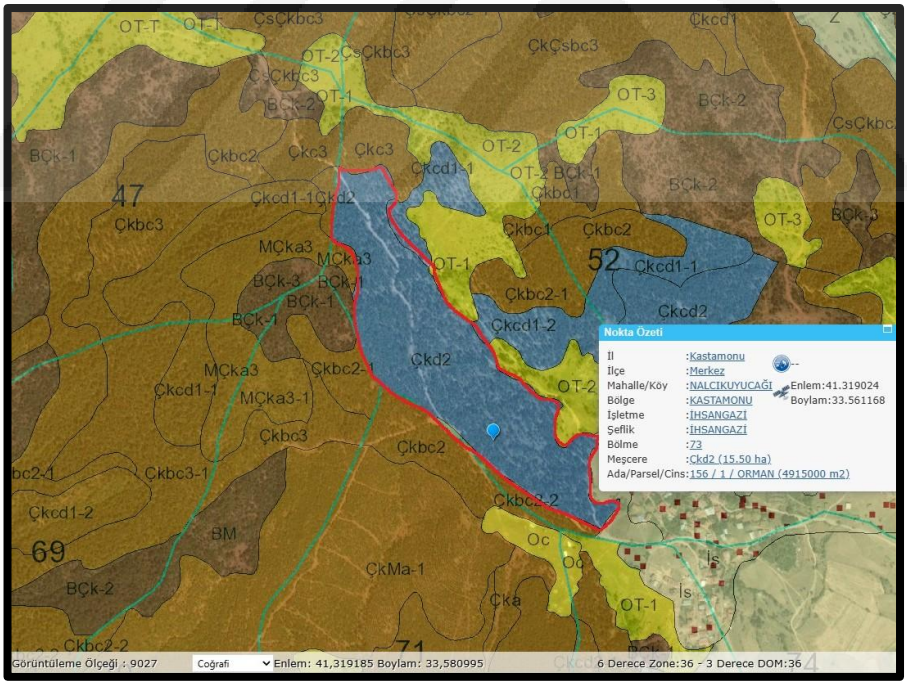
KASTAMONU	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1930 - 2024)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0,9	0,9	4,4	9,6	14,1	17,5	20,2	20,0	15,9	10,9	5,3	1,0	9,9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	3,3	6,2	10,9	16,7	21,3	24,7	27,9	28,2	24,0	18,2	11,1	5,0	16,5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4,5	-3,4	-0,8	3,4	7,6	10,5	12,4	12,3	9,0	5,2	0,9	-2,3	4,2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,3	3,5	4,5	5,7	7,1	8,4	9,8	9,4	7,3	5,4	3,8	2,1	5,8
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,38	11,28	12,17	12,85	14,53	11,96	6,39	5,71	6,65	8,99	9,58	12,02	124,5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	29,6	27,0	36,2	51,0	75,4	73,9	32,6	31,7	31,1	34,2	28,8	33,6	485,1
	Ölçüm Periyodu (1930 - 2024)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	19,2	21,1	27,8	31,4	35,1	37,5	42,2	40,2	39,3	32,5	25,3	21,1	42,2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-26,9	-22,3	-19,7	-8,5	-3,6	0,2	3,8	0,9	-1,5	-7,5	-19,3	-23,7	-26,9

3.1.1.2 Çalışma alanı jeolojik yapı ve toprak özellikleri

Çalışma sahasının genel jeolojik yapısını, Kuzey Anadolu tektonik kuşağı içerisinde yer alan Ilgaz Dağı silsilesine ait metamorfik kayaçlar ve volkanik formasyonlar oluşturmaktadır. Sahada hakim olan ana materyal genellikle şist, kalker (kireçtaşı) ve yer yer volkanik (andezit/bazalt) kökenli kayaçlardan meydana gelmektedir (Ketin, 1962).

Toprak yapısı incelendiğinde, Batı Karadeniz ve Geçiş Bölgesi ormanlık alanlarında zonal toprak gruplarından Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları ve Kahverengi Orman Toprakları yaygın olarak görülmektedir. Bu topraklar genellikle A-B-C horizon dizilimine sahip, orta ve derin profilli, organik maddece zengin üst toprağa sahip karakterdedir. Eğimli arazilerde ise sürekli devam eden erozyon ve kütle hareketleri sebebiyle sığ profilli ve iskelet (taşlı) yapısı yüksek topraklar dikkat çekmektedir (Kantarci, 2000).

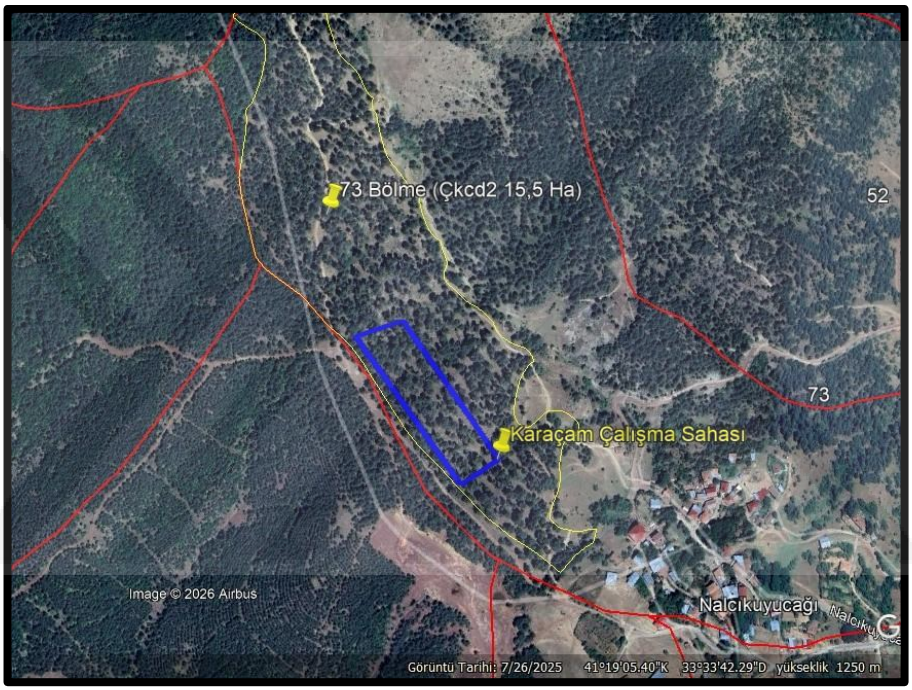
3.1.1.3 Karaçam çalışma alanının tanıtımı



Şekil 3.1 Karaçam sahası meşcere haritası

Karaçam çalışma sahası Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, İhsangazi Orman İşletme Müdürlüğü, İhsangazi Orman İşletme Şefliği'nin Silvikültür Planında (2012-2021) gençleştirme bölmesi olarak ayrılan 73 numaralı bölme Çkd2 meşceresi seçilmiştir. 2022 yılında tohumlama kesimi öngörülen 73 numaralı bölme saf karaçam meşceresi olup toplam 15,5 ha büyüklüğe sahiptir (OGM, 2011a).

Karaçam çalışma sahası coğrafi olarak 41° 19'05.40" Kuzey enlemi ile 33° 33'42.29"Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma sahası deniz seviyesinden ortalama 1250 m yükseklikte olup bölmenin bakısı genel hatlarla kuzeydoğu bakıdadır.

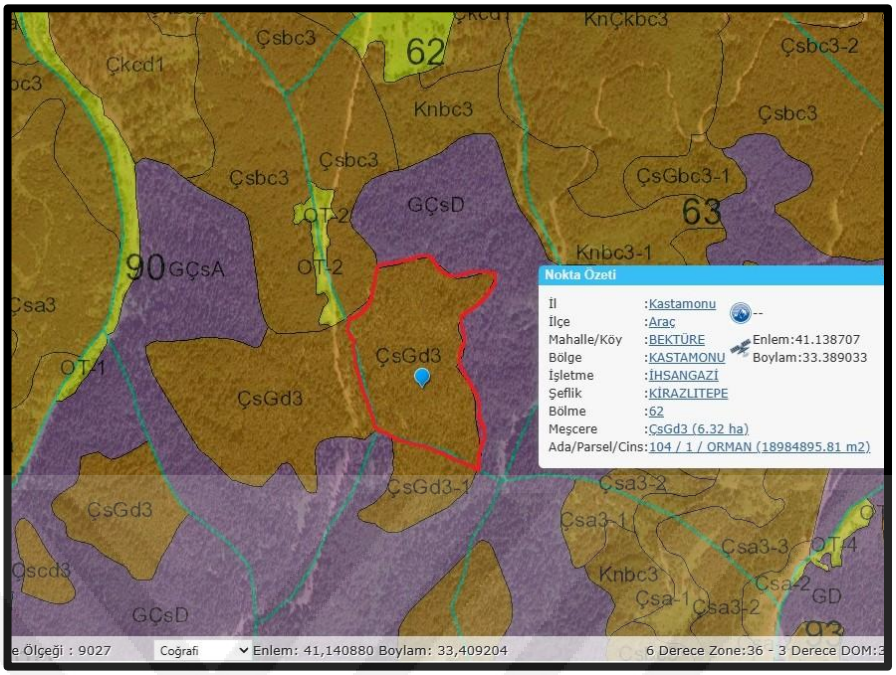


Şekil 3.2 Karaçam sahası Google Earth görüntüsü

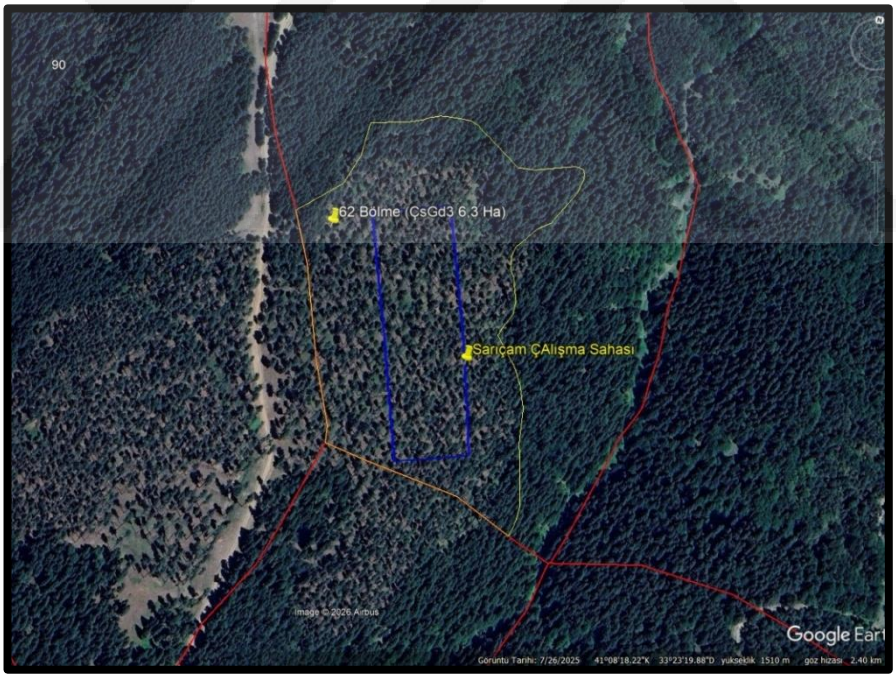
3.1.1.4 Sarıçam çalışma alanının tanıtımı

Sarıçam çalışma sahası 62 numaralı bölme ÇsGd3 meşceresi Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, İhsangazi Orman İşletme Müdürlüğü, Kirazlıtepe Orman İşletme Şefliği'nin 2021 yılında Ara Revizyon planı ile bakım bloğundan gençleştirme bloğuna alınarak Silvikültür Planına (2012-2021) gençleştrime bölmesi olarak dahil edilmiştir. 2023 yılında tohumlama kesimi öngörülen 62 numaralı bölme, üst tabakada

saf Sarıçam meşceresi ara ve alt tabakada Göknar olup toplam 6,3 ha büyüklüğe sahiptir (OGM, 2011b).



Şekil 3.3 Sarıçam sahası meşcere haritası



Şekil 3.4 Sarıçam sahası Google Earth görüntüsü

Sarıçam çalışma sahası coğrafi olarak 41° 08’18.22” Kuzey enlemi ile 33° 23’19.88”Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma sahası deniz

seviyesinden ortalama 1510 m yükseklikte olup bölmenin bakısı genel hatlarla kuzeydoğu bakıdadır.

3.2 Metot

3.2.1 Çalışma Alanlarında Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.1.1 Toprak profili açılması ve numune alınması

Araştırma sahalarındaki (İhsangazi ve Kirazlıtepe) toprak özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin Karaçam (*Pinus nigra*) ile Sarıçam (*Pinus silvestris*) gençleşmesi üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi amacıyla, her bir deneme alanını temsil edecek şekilde toprak profilleri açılmıştır. Profil yerlerinin seçiminde; mikrorölyef, bakı, eğim ve uygulanan toprak işleme tekniklerinin dağılımı dikkate alınmıştır.



Şekil 3.5 Toprak profili görüntüsü

Araştırma alanındaki toprağın özelliklerini belirlemek amacıyla, arazinin fizyografik yapısı, eğim ve ana materyal özellikleri dikkate alınarak temsil edici noktalar belirlenmiştir. Bu kapsamda, sistematik gözlemler doğrultusunda çalışma sahasının 4 köşesinden ve 1 adet de orta noktasından olmak üzere toplam 5 adet ana toprak profili açılmıştır.

Toprak profilleri, ana materyale kadar veya kök gelişiminin yoğun olduğu derinliğe (ortalama 120-150 cm) kadar dik bir kesit oluşturacak şekilde açılmıştır (Şekil 3.5). Profillerin iç yüzeyi temizlendikten sonra, morfolojik özelliklerine göre genetik horizonlar tanımlanmış ve her bir horizonun sınırları belirlenmiştir. Fiziksel ve kimyasal analizler için her horizondan aşağıdan yukarıya doğru (alt horizondan üste 90-60; 60-30; 30-0 cm) kontaminasyonu önleyecek şekilde yaklaşık 1-2 kg ağırlığında toprak numunesi alınmıştır.

Alınan örnekler, etiketlenerek bez torbalara konulmuş ve laboratuvar ortamında doğrudan güneş ışığı almayan, havadar bir alanda oda sıcaklığında hava kurusu hale gelene kadar bekletilmiştir. Kuruma işleminin ardından numuneler içerisindeki taş, bitki kökü ve diğer yabancı maddelerden ayıklanmıştır. Hava kurusu hale gelen topraklar, 2 mm'lik elekten geçirilerek fiziksel ve kimyasal analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.2.1.2 Toprak numunelerinin analizlerinin yapılması

Araştırma kapsamında toplanan toprak numunelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü'ne gönderilerek laboratuvar aşamasında aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir.

Toprak Tekstürü (Bünye): Toprak örneklerinin tane boyutu dağılımı (kum, kil ve toz oranları) Bouyoucos hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, uluslararası tekstür üçgeni kullanılarak toprakların bünye sınıfları tespit edilmiştir (Gülçur, 1974; Kacar, 2012).

Toprak Reaksiyonu (pH): Toprak pH değerleri, 1:5 (w/v) oranında hazırlanan toprak-saf su süspansiyonunda, elektrometrik yöntemle cam elektrotlu pH-metre cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Gülçur, 1974; Kacar, 2012).

Elektriksel İletkenlik (EC): Topraktaki toplam çözünür tuz konsantrasyonunu belirlemek amacıyla, 1:5 (w/v) oranındaki toprak-su karışımından elde edilen filtratta EC-metre cihazı ile ölçümler yapılmıştır (Gülçur, 1974; Kacar, 2012).

Organik Madde Miktarı: Topraklardaki organik karbon içeriği Walkley-Black yaş yakma yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde edilen organik karbon değerleri, 1,724 katsayısı (Bemmelen faktörü) ile çarpılarak yüzde (%) organik madde miktarına dönüştürülmüştür (Gülçur, 1974; Kacar, 2012).

Toplam Kireç İçeriği: Örneklerin toplam kireç ($CaCO_3$) içerikleri, Scheibler kalsimetresi yöntemi ile toprağın asit (HCl) ile reaksiyonu sonucu açığa çıkan CO_2 gazı hacminin ölçülmesi esasına dayalı olarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Kacar, 2012).

3.2.2 Çalışma Alanlarında Arazi Hazırlama

Kastamonu yöresi, hem kurakçıl karakter gösteren Karaçam meşcerelerinin (Taşköprü, Tosya) hem de nemcil karakter gösteren Sarıçam meşcerelerinin (Araç, Ilgaz, Yaralıgöz) optimum yayılış alanıdır. Ancak bölgenin eğimli arazileri, kireçli veya sığ toprak yapısı ve yoğun vejetasyon dinamikleri, standart silvikültürel reçetelerin ötesinde, yöreye özgü tekniklerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu doktora tez çalışmasının amacı; Türkiye ormancılığının iki temel direği olan Sarıçam ve Karaçam meşcerelerinde, farklı toprak işleme tekniklerinin (mekanik ve manuel) fidan gelişimi, yaşama yüzdesi ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerini Kastamonu yöresi özelinde karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktır. Kastamonu gibi hem kurakçıl hem de nemcil karakter gösteren "geçiş zonu" (ekoton) ormanlarında, her iki türün aynı anda ve aynı silvikültürel müdahaleler (özellikle ekskavatör-rotavatör ve el aletleri kullanımı) altında kıyaslandığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu tez çalışması, modern ormancılıkta kullanımı giderek yaygınlaşan ekskavatörle toprak işleme yönteminin etkinliğini ortaya koyması bakımından uygulamaya yönelik özgün veriler sunacaktır. Elde edilecek sonuçlar, bölge ormancılığında "hangi yetişme ortamında, hangi makine ve hangi tür?" sorusuna bilimsel dayanak oluşturarak, silvikültürel planlamalarda kaynak israfının önlenmesine katkı sağlayacaktır.

3.2.2.1 Karaçam'da arazi hazırlama

Araştırmanın Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ayağına ait saha çalışmaları, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, İhsangazi Orman

İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 73 nolu bölmede yürütülmüştür. Bu bölme içerisinde yer alan ve 15,5 hektar genişliğindeki Çkd2 meşceresi, tohum verim potansiyelinin tespiti amacıyla örnekleme alanı olarak belirlenmiştir.

Söz konusu sahada bol tohum yılı periyodunu ve ağaç başına düşen kozalak miktarını belirlemek amacıyla 2022 yılı Temmuz ayında envanter çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yöntemi olarak, meşcere karakteristiğini en iyi şekilde yansıtan ve "tohum ağacı" vasıflarına sahip fertler arasından seçim yapılmıştır. 4 adet deneme ağacı seçilerek kesilmiş ve üzerlerindeki tüm kozalaklar tek tek sayılarak kayıt altına alınmıştır. Örnek ağaçların seçiminde, kozalak verimliliği ve biyolojik gelişim bakımından bölgedeki genel karaçam popülasyonunu temsil edecek nitelikte olmalarına azami özen gösterilmiştir.

Araştırma sahasında toprak hazırlığı, mekanik ve geleneksel (manuel) yöntemlerin karşılaştırmalı etkilerini incelemek üzere çeşitlendirilmiştir. Mekanik işlemlerde; derin toprak işleme ve profil karıştırma işlemleri ekskavatör kova ve ekskavatör tırmık aparatı ile gerçekleştirilmiştir. Yüzey toprağının inceltilmesi ve agregatların parçalanmasını içeren işlemlerde ise traktör tahrikli rotavatör kullanılmıştır. Mekanizasyonun yanı sıra, el çapası ile yüzeysel işleme ve el tırmığı ile tesviye/temizlik işlemleri uygulanmıştır. Tüm toprak işleme uygulamaları, toprak tavındayken gerçekleştirilmiş olup, işleme derinlikleri standardize edilmiştir.

Araştırma deneme alanının topoğrafik yapısı, eğim gradyanı ve toprak özelliklerindeki potansiyel heterojenlik dikkate alınarak; deneysel hatayı minimize etmek amacıyla çalışma, Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne (Randomized Complete Block Design) göre tesis edilmiştir. Arazi üzerindeki çevresel varyasyonu (eğim yönü vb.) temsil edecek şekilde, 3 adet blok belirlenmiştir. Her bir blok içerisinde, farklı toprak hazırlığı yöntemlerini temsil eden deneme parselleri (muameleler) rastlantısal (randomize) olarak dağıtılmıştır. Bu sayede, bloklar arası varyasyonun istatistiksel analizde ayrıştırılması ve muamele etkisinin daha güvenilir bir şekilde ortaya konulması hedeflenmiştir.

Tablo 3.2 Karaçam sahası deneme deseni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Blok 1				Blok 3				Blok 2			
KARAÇAM ÇALIŞMA	Elle Çapa	Elle Tırmık	Rotavatör	Rotavatör	*Ekskavatör kova*	Elle Tırmık	Elle Tırmık	KONTROL	Rotavatör	Elle Çapa	Ekskavatör Tırmık	Rotavatör
	Ekskavatör kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL	KONTROL	Elle Çapa	Elle Çapa	Rotavatör	Rotavatör	Elle Çapa	KONTROL	*Ekskavatör kova*	Elle Tırmık
	Elle Tırmık	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tırmık	Elle Çapa	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tırmık	KONTROL	Ekskavatör Tırmık	Elle Tırmık	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tırmık	KONTROL

2022 yılı sonbaharında Deneme Sahası için bloklarda tesadüfi parseller yöntemine göre yukarıda belirtilen desenler dahilinde çalışma tesis edilmiştir (Tablo 3.2).

Çalışma alanında çevresel değişkenlerin etkisini minimize etmek ve örnekleme birimleri arasında standardizasyonu sağlamak amacıyla blok desenli bir parselizasyon yöntemi uygulanmıştır. Topografya ile uyumlu bir yerleşim düzeni kurmak için izohips doğrultusu referans alınarak 13 istasyondan oluşan bir baz hattı oluşturulmuştur.

İstasyonlar arası mesafenin 20 metre olarak belirlendiği bu hattın düşey yönünde (alt kotunda), her biri 400 m² (20 x 20 m) alana sahip 3 ardışık sıra halinde parseller aplike edilmiştir. Bu sistematik yerleşim, sahadaki toprak özelliklerinin ve mikroklimatik verilerin her bir parsel dizisinde (blokta) benzer varyanslar göstermesine imkan tanıyacak şekilde tasarlanmıştır (Tablo 3.2).

Uygulanan işlemler (Tablo 3.3):

1. Kontrol (İşlem Yapılmayan): Doğal vejetasyonun korunduğu, herhangi bir müdahalenin yapılmadığı parseller.

2. Elle Çapa ile Tam Alanda İşleme: Sadece üstteki diri örtünün kaldırıldığı, mineral toprağın açığa çıkarıldığı yöntem.

3. Elle Tırmık ile Tam Alanda İşleme: Sadece üstteki diri örtünün kaldırıldığı, mineral toprağın açığa çıkarıldığı yöntem.

4. Rotavatör ile Tam Alanda İşleme: Traktör+Rotavatör kullanılarak toprağın 10-20 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

5. Ekskavatör Kova ile Tam Alanda İşleme: Ekskavatör kullanılarak toprağın 5-15 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

6. Ekskavatör Tırmık ile Tam Alanda İşleme**:** Ekskavatör kullanılarak toprağın 5-15 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

Tablo 3.3 Karaçam sahasında uygulanan işlemler

A	Tohum Takviyesi	Tohum Takviyesi Uygulanan (TT1)
		Tohum Takviyesi Uygulanmayan (TT0)
B	Arazi Hazırlama İşlemleri	Rotovatör
		Ekskavatör kovası
		Ekskavatör tırmık
		Çapa
		Tırmık
		Kontrol

Çalışma sahasında belirlenmiş olan 6 parselde 18.12.2022 tarihinde toprağın işlenmesi amacıyla, 55 kW gücünde 9 tonluk Takeuchi marka paletli mini ekskavatöre monte edilen tırmık aparatı kullanılmıştır. Makine, güç kaynağı olarak su soğutmalı, 4 zamanlı ve turbo şarjlı dizel motora sahiptir. Motor, nominal devirde 55 kW (yaklaşık 75 HP) güç üretmekte olup zorlu arazi şartlarında hidrolik ataşmanların (kova, riper vb.) ihtiyaç duyduğu torku kesintisiz sağlamaktadır. Orman toprağında sıkışmayı (kompaksiyon) minimize etmek amacıyla makine, paletli yürüyüş sistemine sahiptir. Ekskavatör, bom ucuna takılan farklı kapasitelerdeki kazı kovaları ve riper (tırmık) ataşmanları ile kombine edilerek çok yönlü bir kullanım sağlamıştır (Şekil 3.6).

Bu işlemde toprak yaklaşık 5-15 cm derinliğinde alt-üst edilerek (inversion) işlenmiş ve kaba tesviye sağlanmıştır. İşlem sırasında bitkisel atıkların ve taşların ayıklanması da sağlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Karaçam sahasında ekskavatör + tırmık toprak işleme



Şekil 3.7 Karaçam sahasında ekskavatör + kova toprak işleme

6 parselde 22.12.2022 tarihinde Ekskavatör Kova aparatı ile toprağın işlenmesi amacıyla, 55 kW gücünde 9 tonluk Takeuchi marka paletli mini ekskavatöre monte edilen standart kazı kovası kullanılmıştır. Makine, güç kaynağı olarak su soğutmalı, 4 zamanlı ve turbo şarjlı dizel motora sahiptir. Motor, nominal devirde 55 kW (yaklaşık 75 HP) güç üretmekte olup zorlu arazi şartlarında hidrolik ataşmanların (kova, riper vb.) ihtiyaç duyduğu torku kesintisiz sağlamaktadır. Orman toprağında sıkışmayı (kompaksiyon) minimize etmek amacıyla makine, paletli yürüyüş sistemine sahiptir. Ekskavatör, bom ucuna takılan farklı kapasitelerdeki kazı kovaları ve riper (tırmık) ataşmanları ile kombine edilerek çok yönlü bir kullanım sağlamıştır (Şekil 3.7).

Bu işlemde toprak yaklaşık 5-15 cm derinliğinde alt-üst edilerek (inversion) işlenmiş ve kaba tesviye sağlanmıştır. İşlem sırasında bitkisel atıkların ve taşların ayıklanması da sağlanmıştır (Şekil 3.7).

6 parselde 20.12.2022 tarihinde Rotovatör ile toprağın işlenmesi amacıyla, yüzey toprağının parçalanarak ufalanması ve homojen bir tohum yatağı oluşturulması için traktör kuyruk milinden hareket alan rotavatör (toprak frezesi) kullanılmıştır. Bu yöntemle, üst toprak katmanı 5-15 cm derinliğinde işlenerek agregat stabilitesi korunmaya çalışılmıştır (Şekil 3.8).

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen rotavatör ile toprak işleme operasyonlarında, güç kaynağı olarak Erkunt Servet 80,4 Lüks (4WD) tipi lastik tekerlekli traktör kullanılmıştır. Traktör üzerinde, Tier 3A emisyon standartlarına sahip, 4 silindirli, turbo-intercooler (aşırı doldurmalı) ve 4,4 litre silindir hacmine sahip Perkins 1104D-44T dizel motor bulunmaktadır. Motor, 2200 d/d nominal devirde 75,5 HP (55,5 kW) güç ve 1400 d/d devirde 307 Nm maksimum tork üretmektedir. Toprak işleme ekipmanlarının tahriki ve kontrolü için, 48,5 lt/dk pompa debisine ve maksimum 3200 kg kaldırma kapasitesine sahip elektronik kontrollü hidrolik sistem kullanılmıştır. Kuyruk mili (PTO) ise 4 farklı hız seçeneği (430-540-540E-1000 d/d) sunarak rotavatör gibi aktif ekipmanların verimli çalışmasını desteklemiştir. Toprak sıkışması (kompaksiyon) parametreleri açısından önem arz eden traktörün operasyonel ağırlığı (ek ağırlıklar dahil) yaklaşık 3950 kg olup dingiller arası mesafe 2330 mm'dir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Karaçam sahasında tarktör + rotavatör toprak işleme

18.12.2022 tarihinde Elle Tırmık ile toprağın işlenmesi amacıyla, toprak yüzeyindeki kaba materyalin (taş, dal, vb.) temizlenmesi ve ince tesviyenin yapılması için el tırmığı kullanılmıştır. Bu işlem tohum dökümü öncesi toprak yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesini sağlamıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Karaçam sahasında el tırmığı ile toprak işlenmesi

6 parsel parselde 21.12.2022 tarihinde Elle Çapa ile toprağın işlenmesi amacıyla, yabancı ot mücadelesi ve yüzey kaymağının kırılması amacıyla el çapası kullanılmıştır. İşlem 5-10 cm derinliğinde yüzeysel olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Karaçam sahasında çapa ile toprak işlenmesi

6 parsel kontrol olmak üzere Deneme sahası için toplamda 36 parselde çalışma yapılmıştır.

3.2.2.2 Sarıçam'da arazi hazırlama

Araştırma alanındaki Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) meşcerelerinin bol tohum yılı periyodunu ve tohum üretim potansiyelini belirlemek amacıyla; Kirazlıtepe Orman İşletme Şefliği, 62 nolu bölme sınırları içerisinde yer alan 6,3 hektar genişliğindeki ÇsGd3 meşceresi çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Tohum veriminin kantitatif analizi için 2023 yılı Temmuz ayı içerisinde kozalak tespit çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örnekleme sürecinde, meşcerenin genel karakteristiğini yansıtacak "tohum ağacı" niteliğindeki fertler arasından seçim yapılmıştır. Verilerin çevresel faktörlere bağlı değişimlerini gözlemleyebilmek adına,

farklı bakı ve yükseltilere sahip noktalardan seçilen, gözlem yılı için üç adet örnek ağaç kesilerek denemeye alınmıştır.

Kesilen bu örnek ağaçların üzerindeki tüm kozalaklar tek tek sayılarak kaydedilmiştir. Örnek ağaçların seçiminde, kozalak verimi ve biyolojik özellikleri bakımından bölgedeki genel sarıçam popülasyonunu temsil etme yeteneğine sahip olmalarına azami özen gösterilmiştir. Bu yöntemle elde edilen veriler, birim alandaki tohum potansiyelinin ve yıllar arası verim dalgalanmalarının istatistiksel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Araştırma sahasında toprak hazırlığı, mekanik ve geleneksel (manuel) yöntemlerin karşılaştırmalı etkilerini incelemek üzere çeşitlendirilmiştir. Mekanik işlemlerde; derin toprak işleme ve profil karıştırma işlemleri için ekskavatör kova ve ekskavatör tırmık aparatı ile gerçekleştirilmiştir. Yüzey toprağının inceltilmesi ve agregatların parçalanması aşamasında ise traktör tahrikli rotavatör kullanılmıştır. Mekanizasyonun yanı sıra, el çapası ile yüzeysel işleme ve el tırmığı ile tesviye/temizlik işlemleri uygulanmıştır. Tüm toprak işleme uygulamaları, toprak tavındayken gerçekleştirilmiş olup, işleme derinlikleri ve geçiş sayıları standardize edilmiştir.

Araştırma alanının topoğrafik yapısı, eğim gradyanı ve toprak özelliklerindeki potansiyel heterojenlik dikkate alınarak; deneysel hatayı minimize etmek amacıyla çalışma, Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre tesis edilmiştir. Arazi üzerindeki çevresel varyasyonu (eğim yönü vb.) temsil edecek şekilde, 3 adet blok belirlenmiştir. Her bir blok içerisinde, farklı toprak hazırlığı yöntemlerini temsil eden deneme parselleri (muameleler) rastlantısal (randomize) olarak dağıtılmıştır. Bu sayede, bloklar arası varyasyonun istatistiksel analizde ayrıştırılması ve muamele etkisinin daha güvenilir bir şekilde ortaya konulması hedeflenmiştir (Tablo 3.4).

Tesadüf Blokları Deneme desenine göre tesis edilen Sarıçam çalışma alanında çevresel değişkenlerin etkisini minimize etmek ve örnekleme birimleri arasında standartizasyonu sağlamak amacıyla blok desenli bir parselizasyon yöntemi uygulanmıştır. Topografya ile uyumlu bir yerleşim düzeni kurmak için izohips

doğrultusu referans alınarak 12 istasyondan oluşan bir baz hattı oluşturulmuştur (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Sarıçam sahası deneme deseni

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Blok 1			**Blok 3**				**Blok 2**			
SARIÇAM ÇALIŞMA SAHASI	Ekskavatör Tırmık YATAY	Rotavatör	Rotavatör	*Ekskavatör kova*	Elle Tırmık	Elle Tırmık	KONTROL	Rotavatör	Elle Çapa	Ekskavatör Tır DİKEY	Rotavatör
	Ekskavatör Tır YATAY	Elle Çapa	KONTROL	Elle Çapa	Elle Çapa	Rotavatör	Ekskavatör Tır DİKEY	Ekskavatör Tır YATAY	KONTROL	*Ekskavatör kova*	Elle Tırmık
	Ekskavatör kova	Ekskavatör Tırm DİKEY	Elle Çapa	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tır YATAY	KONTROL	Rotavatör	Elle Tırmık	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tırmık YATAY	KONTROL
	Elle Tırmık	KONTROL	Ekskavatör Tırm DİKEY	Ekskavatör Tırmık YATAY	Ekskavatör Tırmık DİKEY			Elle Çapa	Ekskavatör Tırmık DİKEY		
		Ekskavatör kova	Elle Tırmık								

İstasyonlar arası mesafenin 20 metre olarak belirlendiği bu hattın düşey yönünde (alt kotunda), her biri 400 m² (20 x 20 m) alana sahip 5 ardışık sıra halinde parseller aplike edilmiştir. Bu sistematik yerleşim, sahadaki toprak özelliklerinin ve mikroklimatik verilerin her bir parsel dizisinde (blokta) benzer varyanslar göstermesine imkan tanıyacak şekilde tasarlanmıştır (Tablo 3.4).

Tablo 3.5 Sarıçam sahasında uygulanan işlemler

A	Tohum Takviyesi	Tohum Takviyesi Uygulanan (TT1)
		Tohum Takviyesi Uygulanmayan (TT0)
B	Arazi Hazırlama İşlemleri	Rotovatör
		Ekskavatör kovası
		Ekskavatör tırmık dikey
		Ekskavatör tırmık yatay
		Çapa
		Tırmık
		Kontrol

Uygulanan yöntemler (Tablo 3.5):

1. Kontrol (İşlem Yapılmayan): Doğal vejetasyonun korunduğu, herhangi bir müdahalenin yapılmadığı parseller.

2. Elle Çapa ile Tam Alanda İşleme: Sadece üstteki diri örtünün kaldırıldığı, mineral toprağın açığa çıkarıldığı yöntem.

3. Elle Tırmık ile Tam Alanda İşleme: Sadece üstteki diri örtünün kaldırıldığı, mineral toprağın açığa çıkarıldığı yöntem.

4. Rotavatör ile Tam Alanda İşleme: Traktör+Rotavatör kullanılarak toprağın 10-20 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

5. Ekskavatör Kova ile Tam Alanda İşleme: Ekskavatör kullanılarak toprağın 5-15 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

6. Ekskavatör Tırmık Yatay ile Tam Alanda İşleme: Ekskavatör kullanılarak toprağın 5-15 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

7. Ekskavatör Tırmık Dikey ile Tam Alanda İşleme: Ekskavatör kullanılarak toprağın 5-15 cm derinliğinde işlendiği yöntem.

Çalışma sahasında belirlenmiş olan 6 parselde 24.11.2023 tarihinde toprağın işlenmesi amacıyla, 29,8 kW gücünde 5 tonluk Kubota U48-4 marka paletli mini ekskavatöre monte edilen yatay tırmık aparatı kullanılmıştır. Makine, güç kaynağı olarak su soğutmalı, 4 zamanlı ve turbo şarjlı dizel motora sahiptir. Motor, nominal devirde 29,8 kW (yaklaşık 40,5 HP) güç üretmekte olup zorlu arazi şartlarında hidrolik ataşmanların (kova, riper vb.) ihtiyaç duyduğu torku kesintisiz sağlamaktadır. Orman toprağında sıkışmayı (kompaksiyon) minimize etmek amacıyla makine, paletli yürüyüş sistemine sahiptir. Ekskavatör, bom ucuna takılan farklı kapasitelerdeki kazı kovaları ve riper (tırmık) ataşmanları ile kombine edilerek çok yönlü bir kullanım sağlamıştır. Bu işlemde toprak yaklaşık 5-15 cm derinliğinde alt-üst edilerek (inversion) işlenmiş ve

kaba tesviye sağlanmıştır. İşlem sırasında bitkisel atıkların ve taşların ayıklanması da sağlanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Sarıçam sahasında ekskavatör + yatay tırmık ve ekskavatör+kova işlemi

6 parselde 24.11.2023 tarihinde Ekskavatör Kova aparatı ile toprağın işlenmesi amacıyla, 55 kW gücünde 9 tonluk Takeuchi marka paletli mini ekskavatöre monte edilen standart kazı kovası kullanılmıştır. Makine, güç kaynağı olarak su soğutmalı, 4 zamanlı ve turbo şarjlı dizel motora sahiptir. Motor, nominal devirde 55 kW (yaklaşık 75 HP) güç üretmekte olup zorlu arazi şartlarında hidrolik ataşmanların (kova, riper vb.) ihtiyaç duyduğu torku kesintisiz sağlamaktadır. Orman toprağında sıkışmayı (kompaksiyon) minimize etmek amacıyla makine, paletli yürüyüş sistemine sahiptir. Ekskavatör, bom ucuna takılan farklı kapasitelerdeki kazı kovaları ve tırmık ataşmanları ile kombine edilerek çok yönlü bir kullanım sağlamıştır. Bu işlemde toprak yaklaşık 5-15 cm derinliğinde alt-üst edilerek (inversion) işlenmiş ve kaba tesviye sağlanmıştır. İşlem sırasında bitkisel atıkların ve taşların ayıklanması da sağlanmıştır (Şekil 3.11).

6 parselde 24.11.2023 tarihinde Ekskavatör dikey tırmık aparatı ile toprağın işlenmesi amacıyla, 55 kW gücünde 9 tonluk Takeuchi marka paletli mini ekskavatöre monte edilen standart kazı kovası kullanılmıştır. Makine, güç kaynağı olarak su soğutmalı, 4

zamanlı ve turbo şarjlı dizel motora sahiptir. Motor, nominal devirde 55 kW (yaklaşık 75 HP) güç üretmekte olup zorlu arazi şartlarında hidrolik ataşmanların (kova, riper vb.) ihtiyaç duyduğu torku kesintisiz sağlamaktadır. Orman toprağında sıkışmayı (kompaksiyon) minimize etmek amacıyla makine, paletli yürüyüş sistemine sahiptir. Ekskavatör, bom ucuna takılan farklı kapasitelerdeki kazı kovaları ve tırmık ataşmanları ile kombine edilerek çok yönlü bir kullanım sağlamıştır. Bu işlemde toprak yaklaşık 5-15 cm derinliğinde alt-üst edilerek (inversion) işlenmiş ve kaba tesviye sağlanmıştır. İşlem sırasında bitkisel atıkların ve taşların ayıklanması da sağlanmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Sarıçam sahasında ekskavatör + dikey tırmık toprak işleme

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen rotavatör toprak işleme operasyonlarında, güç kaynağı olarak New Holland T480S (4WD) tipi lastik tekerlekli traktör kullanılmıştır. Traktör üzerinde, Tier 3A emisyon standartlarına sahip, 3 silindirli, turbo-intercooler (aşırı doldurmalı) ve S8000 Serisi dizel motor bulunmaktadır. Motor 48,0 HP (35,2 kW) güç ve 190-200 Nm maksimum tork üretmektedir. Toprak işleme ekipmanlarının tahriki ve kontrolü için, 34 L/dk pompa debisine ve maksimum 2.200 kg kaldırma kapasitesine sahip elektronik kontrollü hidrolik sistem kullanılmıştır. Kuyruk mili 540 devir/dakika olarak standarttır. Toprak sıkışması (kompaksiyon) parametreleri

açısından önem arz eden traktörün operasyonel ağırlığı (ek ağırlıklar dahil) yaklaşık 2500 kg olup, dingiller arası mesafe 2000 mm'dir.



Şekil 3.13 Sarıçam sahasında traktör + rotavatör toprak işleme

6 parselde 02.12.2023 tarihinde Rotovatör ile toprağın işlenmesi amacıyla, yüzey toprağının parçalanarak ufalanması ve homojen bir tohum yatağı oluşturulması için traktör kuyruk milinden hareket alan rotavatör (toprak frezesi) kullanılmıştır. Bu yöntemle, üst toprak katmanı 5-15 cm derinliğinde işlenerek agregat stabilitesi korunmaya çalışılmıştır (Şekil 3.13).

6 parselde 02.12.2023 tarihinde Elle Tırmık ile toprağın işlenmesi amacıyla, toprak yüzeyindeki kaba materyalin (taş, dal, vb.) temizlenmesi ve ince tesviyenin yapılması için el tırmığı kullanılmıştır. Bu işlem tohum dökümü öncesi toprak yüzeyinin pürüzsüzleştirilmesini sağlamıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Sarıçam sahasında el tırmığı ile toprak işleme



Şekil 3.15 Sarıçam sahasında çapa ile toprak işleme

6 parsel parselde 02.12.2023 tarihinde Elle Çapa ile toprağın işlenmesi amacıyla, yabancı ot mücadelesi ve yüzey kaymağının kırılması amacıyla el çapası kullanılmıştır. İşlem 5-10 cm derinliğinde yüzeysel olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.15).

3.2.2.3 Birim zaman ve maliyet analizi

3.2.2.3.1 Karaçam'da birim zaman ve maliyet analizi

Araştırma kapsamında uygulanan farklı toprak işleme yöntemlerinin teknik ve ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirmek amacıyla ayrıntılı zaman ve maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında iş zamanı ölçümleri, literatürde yaygın olarak kullanılan *"Sürekli Kronometraj Yöntemi"* ile yapılmıştır. Mekanize (ekskavatör, rotavatör) ve manuel (el çapası, el tırmığı) yöntemlerin her biri için 'efektif çalışma süreleri ve zorunlu gecikmeler ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır. Elde edilen veriler ışığında, her bir yöntemin birim alandaki (hektar/saat) iş verimliliği ve maliyet projeksiyonları hesaplanmıştır.

Toprak işleme faaliyetlerine yönelik maliyet analizlerinde, Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan 'Ağaçlandırma, Rehabilitasyon, Toprak Muhafaza, Erozyon ve Sel Kontrolü, Mera Islahı, Fidanlık, Silvikültür ve Etüt Proje İşlerine Ait 2023 Yılı Birim Fiyat Cetveli esas alınmıştır.

3.2.2.3.2 Sarıçam'da birim zaman ve maliyet analizi

Araştırma kapsamında uygulanan farklı toprak işleme tekniklerinin operasyonel verimliliğini ve ekonomik uygulanabilirliğini saptamak amacıyla, 2023 yılı vejetasyon dönemi sonunda ayrıntılı zaman ve maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Mekanize ve manuel hazırlık yöntemlerinin performanslarını objektif kriterlerle karşılaştırabilmek adına, arazi çalışmaları sırasında verilerin toplanmasında *"Sürekli Kronometraj Yöntemi"* esas alınmıştır.

Zaman etüdü çalışmaları kapsamında, her bir çalışma ünitesi için iş döngüleri belirlenmiş; operasyon süresince gerçekleşen "efektif çalışma süreleri" ile işin doğasından kaynaklanan veya dışsal faktörlere bağlı gelişen "zorunlu gecikmeler" saniye hassasiyetinde kayıt altına alınmıştır. Elde edilen veriler aracılığıyla,

makinelerin ve işgücünün birim alandaki (ha/saat) performans kapasiteleri hesaplanmıştır.

Ekonomik analizler aşamasında ise, her bir yöntemin toplam birim maliyeti; amortisman, yakıt, yağ, bakım-onarım giderleri ile personel giderleri gibi sabit ve değişken maliyet kalemleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu analizlerle, İhsangazi bölgesindeki ekolojik koşullarda hangi toprak işleme tekniğinin minimum maliyetle maksimum silvikültürel başarıyı sağladığı kantitatif olarak ortaya konulmuştur.

Toprak işleme faaliyetlerine yönelik maliyet analizlerinde, Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan 'Ağaçlandırma, Rehabilitasyon, Toprak Muhafaza, Erozyon ve Sel Kontrolü, Mera Islahı, Fidanlık, Silvikültür ve Etüt Proje İşlerine Ait 2024 Yılı Birim Fiyat Cetveli' esas alınmıştır.

3.2.3 Çalışma Alanlarında Tohum Veriminin Belirlenmesi

3.2.3.1 Karaçam'da tohum verimi

Deneme alanlarındaki doğal tohum kaynağının potansiyelini ortaya koymak, zamansal ve mekansal dağılımını belirlemek üzere *"Tohum Kapanı Yöntemi"* kullanılmıştır. Parsellere sistematik olarak yerleştirilen 34 cm çapında (0,0907 m²) ebatlarında ortalama 90 cm yükseklikteki tohum kapanları vasıtasıyla, vejetasyon dönemi boyunca tohum dökümü takip edilmiştir. Belirli aralıklarla kontrol edilen tohum kapanlarda tohumlar sayılmış ve kaydedilmiştir. Elde edilen veriler, farklı toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı parsellere ulaşan tohum yoğunluğunu karşılaştırmalı olarak analiz etmekte kullanılmıştır. Şubat ayından itibaren tohum miktarı tespit edilmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Karaçam sahasında tohum kapan

3.2.3.2 Karaçam'da tohum hasadı ve tohum takviyesi

Deneme alanında belirlenen parsellere tohum takviyesi yapmak için çalışma sahasına komşu bölmelerden kozalak toplanmıştır. Kozalak hasadı, her iki tür için de tohumların fizyolojik olgunluğa eriştiği, ancak kozalak pullarının henüz açılmadığı Aralık-Ocak döneminde gerçekleştirilmiştir. Toplanan kozalaklar, kızışmayı ve mantar oluşumunu engellemek amacıyla havadar jüt torbalar içerisinde, doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmadan tohum çıkarma merkezine nakledilmiştir.

Hasat edilen kozalaklardan tohumların ayrılması işlemi için, tohum canlılığını korumak kozalak pullarının tamamen açılması ve tohumların serbest kalması için kontrollü koşullarda Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Daday Fidanlığında 30-40 derece sıcaklıkta termostat kontrollü fırınlar (ekstraktörler) kullanılmıştır. Bu aşama, kozalakların nem içeriğinin dengelenmesi ve pulların kademeli olarak gevşemesi amacıyla yaklaşık 24 saat sürdürülmüştür (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Karaçam kozalaklardan tohum çıkarılması

Pulları açılan kozalaklar, döner tamburlu sarsıcılara alınarak tohumların pullar arasından dökülmesi sağlanmıştır. Elde edilen kaba materyal (tohum, kanatçık ve kozalak parçacıkları karışımı) bir sonraki temizleme aşamasına aktarılmıştır. Elde edilen ham tohumların saflaştırılması işlemi aşamasında tohumlar, mekanik "kanat kırıcı" sistemlerle veya düşük nemli ortamda sürtünme yöntemiyle kanatçıklarından arındırılmıştır. Bu işlem sırasında tohum kabuğunun zarar görmemesine azami dikkat gösterilmiştir. Savurma ve eleme makineleri kullanılarak, boş tohumlar, kanat artıkları, toz ve diğer yabancı maddeler tohum kütlesinden uzaklaştırılmıştır.

Hassas terazide ölçülerek hazırlanan 100'er gramlık Karaçam tohumları 24.04.2023 tarihinde elle serpme yaparak Şekil 3.6'da belirlenen parsellere tohum takviyesi yapılmıştır (Şekil 3.6). Hazırlanan tohumların sahaya aplikasyonu, her bir parselin kendi içerisinde homojen bir dağılım sergilemesini sağlayacak şekilde serpme ekim yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Rüzgarın sürükleme etkisini ve tohum kaybını minimize etmek amacıyla, ekim işlemleri sabahın erken saatlerinde, düşük rüzgar hızında icra edilmiştir. 20x20 metrelik parseller, ekim sırasında görsel kontrolü kolaylaştırmak adına geçici alt birimlere (gridlere) bölünmüş; böylece birim alana düşen tohum miktarının parsel geneline eşit yayılımı garanti altına alınmıştır.

Tablo 3.6 Karaçam sahası tohum takviyesi yapılan parseller

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Blok 1				Blok 3				Blok 2			
KARAÇAM SAHASI	Elle Çapa	Elle Tırmık **TTÇk**	Rotavatör **TTÇk**	Rotavatör	*Ekskavatör kova*	Elle Tırmık **TTÇk**	Elle Tırmık	KONTROL **TTÇk**	Rotavatör	Elle Çapa	Ekskavatör Tırmık	Rotavatör **TTÇk**
	Ekskavatör kova	Ekskavatör Tırmık **TTÇk**	KONTROL **TTÇk**	KONTROL	Elle Çapa **TTÇk**	Elle Çapa	Rotavatör **TTÇk**	Rotavatör	Elle Çapa **TTÇk**	KONTROL **TTÇk**	*Ekskavatör kova* **TTÇk**	Elle Tırmık
	Elle Tırmık	*Ekskavatör kova* **TTÇk**	Ekskavatör Tırmık	Elle Çapa **TTÇk**	*Ekskavatör kova* **TTÇk**	Ekskavatör Tırmık **TTÇk**	KONTROL	Ekskavatör Tırmık	Elle Tırmık **TTÇk**	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tırmık **TTÇk**	KONTROL

Çalışmada kullanılan tohumların fiziksel özelliklerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen 1000 dane ağırlığı (TDA) ölçümleri, ISTA (International Seed Testing Association) standartlarına göre yürütülmüştür. Araştırma sahasından (Kastamonu-İhsangazi) elde edilen saf tohum partilerinden, her bir tür için tesadüfi olarak 100 adetlik 8 tekerrür seçilmiştir. Seçilen örnekler 0,001 g duyarlılıktaki analitik terazide tartılmıştır. Sekiz tekerrürün ortalaması alınarak 1000 dane ağırlığına dönüştürülmüştür.

3.2.3.3 Sarıçam'da tohum verimi

Deneme alanlarındaki doğal tohum kaynağının potansiyelini ortaya koymak, zamansal ve mekansal dağılımını belirlemek üzere *"Tohum Kapanı Yöntemi"* kullanılmıştır. Parsellere sistematik olarak yerleştirilen 34 cm çapında (0,0907 m²) ebatlarında ortalama 90 cm yükseklikteki tohum kapanları vasıtasıyla, vejetasyon dönemi boyunca tohum dökümü takip edilmiştir. Belirli aralıklarla kontrol edilen tohum kapanlarda tohumlar sayılmış ve kaydedilmiştir. Elde edilen veriler, farklı toprak işleme yöntemlerinin uygulandığı parsellere ulaşan tohum yoğunluğunu karşılaştırmalı olarak analiz etmekte kullanılmıştır. Şubat ayından itibaren tohum miktarı tespit edilmiştir.

3.2.3.4 Sarıçam'da tohum hasadı ve tohum takviyesi

Deneme alanında belirlenen parsellere tohum takviyesi yapmak için çalışma sahasına komşu bölmelerden kozalak toplanmıştır. Kozalak hasadı, her iki tür için de tohumların fizyolojik olgunluğa eriştiği, ancak kozalak pullarının henüz açılmadığı Aralık-Ocak döneminde gerçekleştirilmiştir. Toplanan kozalaklar, kızışmayı ve mantar oluşumunu engellemek amacıyla havadar jüt torbalar içerisinde, doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmadan tohum çıkarma merkezine nakledilmiştir.

Hasat edilen kozalaklardan tohumların ayrılması işlemi için, tohum canlılığını korumak kozalak pullarının tamamen açılması ve tohumların serbest kalması için kontrollü koşullarda Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Daday Fidanlığında 30-40 derece sıcaklıkta termostat kontrollü fırınlar (ekstraktörler) kullanılmıştır. Bu aşama, kozalakların nem içeriğinin dengelenmesi ve pulların kademeli olarak gevşemesi amacıyla yaklaşık 24 saat sürdürülmüştür. Pulları açılan kozalaklar, döner tamburlu sarsıcılara alınarak tohumların pullar arasından dökülmesi sağlanmıştır. Savurma ve eleme makineleri kullanılarak, boş tohumlar, kanat artıkları, toz ve diğer yabancı maddeler tohum kütlesinden uzaklaştırılmıştır.

Tablo 3.7 Sarıçam sahası tohum takviyesi yapılan parseller

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Blok 1				**Blok 3**				**Blok 2**			
	Ekskavatör Tırmık YATAY	Rotavatör ***TTCs***	Rotavatör	*Ekskavatör kova*	Elle Tırmık ***TTCs***	Elle Tırmık	KONTROL ***TTCs***	Rotavatör	Elle Çapa	Ekskavatör Tır DİKEY ***TTCs***	Rotavatör ***TTCs***
	Ekskavatör Tır YATAY ***TTCs***	Elle Çapa	KONTROL	Elle Çapa ***TTCs***	Elle Çapa	Rotavatör ***TTCs***	EkskavatörTır DİKEY ***TTCs***	Ekskavatör Tır YATAY ***TTCs***	KONTROL ***TTCs***	*Ekskavatör kova* ***TTCs***	Elle Tırmık
	Ekskavatör kova ***TTCs***	Ekskavatör Tırm DİKEY	Elle Çapa ***TTCs***	*Ekskavatör kova* ***TTCs***	Ekskavatör Tır YATAY ***TTCs***	KONTROL	Rotavatör	Elle Tırmık ***TTCs***	*Ekskavatör kova*	Ekskavatör Tırmık YATAY	KONTROL
	Elle Tırmık ***TTCs***	KONTROL ***TTCs***	Ekskavatör Tırm DİKEY	Ekskavatör Tırmık YATAY	Ekskavatör Tırmık DİKEY			Elle Çapa ***TTCs***	Ekskavatör Tırmık DİKEY		
		Ekskavatör kova	Elle Tırmık								

Hassas terazide ölçülerek hazırlanan 100 er gramlık Sarıçam tohumları 05.05.2024 tarihinde elle serpme ile Tablo 3.7'de belirtilen parsellere tohum takviyesi yapılmıştır.

Hazırlanan tohumların sahaya aplikasyonu, her bir parselin kendi içerisinde homojen bir dağılım sergilemesini sağlayacak şekilde serpme ekim yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Rüzgarın sürükleme etkisini ve tohum kaybını minimize etmek amacıyla, ekim işlemleri sabahın erken saatlerinde, düşük rüzgar hızında icra edilmiştir. 20x20 metrelik parseller, ekim sırasında görsel kontrolü kolaylaştırmak adına geçici alt birimlere (gridlere) bölünmüş; böylece birim alana düşen tohum miktarının parsel geneline eşit yayılımı garanti altına alınmıştır.

Çalışmada kullanılan tohumların fiziksel özelliklerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen 1000 dane ağırlığı (TDA) ölçümleri, ISTA (International Seed Testing Association) standartlarına göre yürütülmüştür. Araştırma sahasından (Kastamonu-İhsangazi) elde edilen saf tohum partilerinden, her bir tür için tesadüfi olarak 100 adetlik 8 tekerrür seçilmiştir. Seçilen örnekler 0,001 g duyarlılıktaki analitik terazide tartılmıştır. Sekiz tekerrürün ortalaması alınarak 1000 dane ağırlığına dönüştürülmüştür.

3.2.4 Çalışma Alanlarında Gençlik Başarısının Belirlenmesi

3.2.4.1 Karaçam'da gençlik başarısı

Fidan başarı durumunun tespiti için Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü 23.12.2023 olur tarihli 298 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliğinin 1.1.1.1.3. Tabii Gençleştirme Çalışmalarında Başarının Tespiti kısmında belirtildiği üzere, yine Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü 16.01.2024 tarihli 317 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliğinin 3.1.1.1.3. Tabii Gençleştirme Çalışmalarında Başarının Tespiti kısmında belirtildiği üzere fidan sayımı için her bir sayım noktasına çakılan kazığın soluna ve sağına 2 m² alana sahip çıta (145*140 cm) yerleştirilerek çıta içine denk gelen fidanların sayısı tespit edilmiştir. Karaçam, sarıçam, sedir ve meşenin başarılı sayılmasının alt sınırı %70 (4 vejetasyon dönemini tamamlamış, homojen dağılışta ve her sayım noktasında birden fazla ve sağlıklı gençliğin bulunması şartıyla) olmalıdır. (OGM, 2014; OGM, 2024)



Şekil 3.18 Karaçam sahasında gençlik başarısı tespiti

Çalışmada uygulanan fidan sayım metodolojisi, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından rutin tabii gençleştirme uygulamalarında kullanılan standart denetim yöntemleri ile kıyaslanmış ve örnekleme yoğunluğu açısından değerlendirilmiştir.

OGM'nin mevcut teknik prosedürlerine göre, tabii gençleştirme sahalarında başarının tespiti amacıyla hektar başına yaklaşık 12 adet sayım noktası belirlenmektedir. Bu standart uygulamada, her bir noktada tesis edilen iki adet 2 m²'lik (toplam 4 m²) ölçüm alanı ile hektarda yaklaşık 48 m²'lik bir alanda gençlik envanteri gerçekleştirilmektedir.

Bu araştırmada ise örnekleme hassasiyetini ve verilerin istatistiksel temsil kabiliyetini artırmak amacıyla daha yoğun bir envanter dizaynı tercih edilmiştir. Bu kapsamda; her biri 400 m² genişliğinde olan 36 adet deneme parselinin her birinde, parseli temsil eden birer örnekleme noktası tesis edilmiştir. Her bir noktada, OGM standartlarına paralel olarak merkez kazığının solunda ve sağında ikişer m² olmak üzere toplam 4 m² alanda fidan sayımı yapılmıştır (Şekil 3.18).

Birim alan bazında yapılan projeksiyonda; bu çalışma kapsamında toplam 1,44 Ha (36 parsel x 400 m²) büyüklüğündeki deneme alanında 36 farklı noktada (toplam 144 m²)

sayım yapılmıştır. Bu durum, hektar başına yaklaşık 25 adet sayım noktasına ve 100 m²/Ha örnekleme alanına tekabül etmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada uygulanan örnekleme yoğunluğunun, standart OGM uygulamalarından yaklaşık iki kat daha fazla olduğu ve elde edilen verilerin sahadaki gençlik başarısını çok daha yüksek bir hassasiyetle yansıttığı söylenebilir.

3.2.4.2 Sarıçam'da gençlik başarısı

Fidan sayım ve yabanlaşma durumunu belirlemek için her bir deneme alanını temsil eden noktalar belirlenerek belirlenen noktalara kazıklar çakılıp bu noktalarda fidan sayımı ve yabanlaşma durumu tespiti yapıldı.

Fidan başarı durumunun tespiti için Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü 23.12.2023 olur tarihli 298 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliğinin 1.1.1.1.3. Tabii Gençleştirme Çalışmalarında Başarının Tespiti kısmında belirtildiği üzere, yine Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü 16.01.2024 tarihli 317 nolu Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliğinin 3.1.1.1.3. Tabii Gençleştirme Çalışmalarında Başarının Tespiti kısmında belirtildiği üzere fidan sayımı için her bir sayım noktasına çakılan kazığın soluna ve sağına 2 m² alana sahip çıta (145*140 cm) yerleştirilerek çıta içine denk gelen fidanların sayısı tespit edilmiştir. Karaçam, sarıçam, sedir ve meşenin başarılı sayılmasının alt sınırı %70 (4 vejetasyon dönemini tamamlamış, homojen dağılışta ve her sayım noktasında birden fazla ve sağlıklı gençliğin bulunması şartıyla) olmalıdır. (OGM, 2014; OGM, 2024).

Çalışmada uygulanan fidan sayım metodolojisi, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından rutin tabii gençleştirme uygulamalarında kullanılan standart denetim yöntemleri ile kıyaslanmış ve örnekleme yoğunluğu açısından değerlendirilmiştir. OGM' nin mevcut teknik prosedürlerine göre, tabii gençleştirme sahalarında başarının tespiti amacıyla hektar başına yaklaşık 12 adet sayım noktası belirlenmektedir. Bu standart uygulamada, her bir noktada tesis edilen iki adet 2 m²'lik (toplam 4 m²) ölçüm alanı ile hektarda yaklaşık 48 m²'lik bir alanda gençlik envanteri gerçekleştirilmektedir.

Bu araştırmada ise örnekleme hassasiyetini ve verilerin istatistiksel temsil kabiliyetini artırmak amacıyla daha yoğun bir envanter dizaynı tercih edilmiştir. Bu kapsamda; her biri 400 m² genişliğinde olan 42 adet deneme parselinin her birinde, parseli temsil eden birer örnekleme noktası tesis edilmiştir. Her bir noktada, OGM standartlarına paralel olarak merkez kazığının solunda ve sağında ikişer m² olmak üzere toplam 4 m² alanda fidan sayımı yapılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Sarıçam sahasında gençlik başarısı tespiti

Birim alan bazında yapılan projeksiyonda; bu çalışma kapsamında toplam 1,68 Ha (42 parsel x 400 m²) büyüklüğündeki deneme alanında 42 farklı noktada (toplam 168 m²) sayım yapılmıştır. Bu durum, hektar başına yaklaşık 25 adet sayım noktasına ve 100 m²/Ha örnekleme alanına tekabül etmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada uygulanan örnekleme yoğunluğunun, standart OGM uygulamalarından yaklaşık iki kat daha fazla olduğu ve elde edilen verilerin sahadaki gençlik başarısını çok daha yüksek bir hassasiyetle yansıttığı söylenebilir.

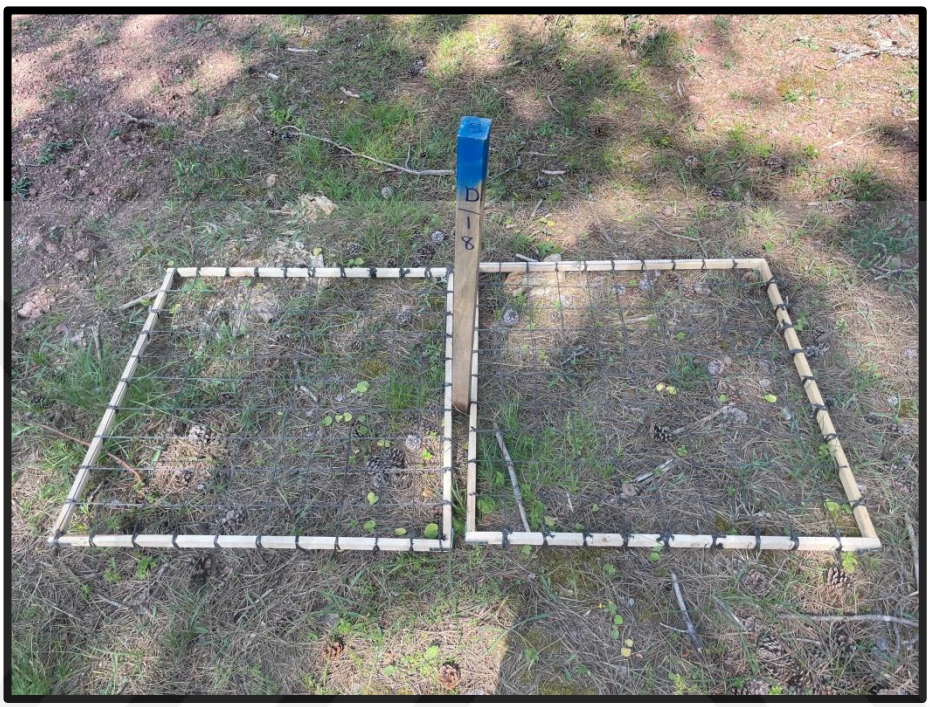
3.2.5 Çalışma Alanlarında Yabanlaşma Durumu

3.2.5.1 Karaçam'da yabanlaşma durumu

Çalışmamızda yabanlaşma durumunu tespit etmek için her bir deneme alanını temsil eden noktalardaki kazıkların soluna ve sağına 1 m² çıta (10 cm² bölümlenmiş) yerleştirilerek Kuadrat Yöntemi ile ot durum yüzdesi belirlenmiştir. Kuadrat (Çerçeve) Yöntemi Çok eskiden beri uygulanan bu yöntemin esası, vejetasyon üzerinde belirli bir yüzeyi sınırlandırarak bu alandaki bitki türlerinin, çoğunlukla yaprakla kaplama bakımından, örtü derecelerini veya diğer kantitatif karakterlerini tetkik ve tespit etmekten ibarettir. Sınırlandırılan alan genellikle kare şeklinde olacağı gibi, dikdörtgen, hatta daire şeklinde de olabilmektedir (Gençkan, 1985). Çerçevenin yapısı ve nitelikleri, vejetasyonun tipine ve çalışmanın amacına göre değişmekle beraber, en çok 1 m²'lik veya 0,5 m²'lik alana sahip çerçeveler kullanılmaktadır. İstenilen alanı içten içe verecek şekilde 4 cm eninde, 1 cm kalınlığında çıtalar kesilerek çakılmıştır. Çıtaların her kenarına 10 cm aralıklarla çiviler çakılarak karşılıklı kenarlara ip veya tel gerilmiştir. Böylece 0,5 m²'lik bir çerçeveden 50 dm², 1 m²'lik den ise 100 dm² elde edilmiştir. Eğer küçük alanlarda çalışılacak ise ve bitki ile kaplı alan yüzdesi fazla ise 0,5 m²'lik çerçeve, çalışılacak alan büyük ve bitki ile kaplı alan yüzdesi az ise 1 m²'lik çerçeve tercih edilmektedir. Hazırlanan çerçeveler incelenecek alanlara yerleştirilir. Çerçevenin her köşesine önceden açılan deliklere ince çubuklar sokularak sabitleştirilir. İncelemede her dm²'deki bitki ile kaplı alan, ya bir araç yardımıyla (örneğin bir pantograf ile ölçülerek), ya da gözle tahmin edilmek suretiyle tespit edilerek yazılır. Daha sonra her dm²'deki bitki türleri sayılır ve kaydedilir. Sonuçlar ise, her bir tür için alana göre yüzde olarak ifade edilmektedir (Çakmakçı, 2003).

Uygulanan farklı toprak işleme tekniklerinin ardından sahada meydana gelen floristik değişimleri ve hedef tür dışındaki diri örtü gelişimini (yabanlaşma) belirlemek amacıyla periyodik izleme çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda, 2023, 2024 ve 2025 yıllarının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde, vejetasyonun mevsimsel dinamiklerini yansıtacak şekilde durum tespitleri gerçekleştirilmiştir.

Envanter çalışmaları, deneme alanındaki 36 parselin her birinde sistematik bir yaklaşımla kurgulanmıştır. Her parseli temsil edecek şekilde belirlenen bir merkez noktanın solunda ve sağında istikametlerinde tesis edilen alt örnekleme birimleri kullanılmıştır. Toplamda 72 örnekleme noktasında (36 x 2 nokta) yürütülen bu gözlemlerle, sahanın yabanlaşma derecesi, istilacı türlerin yayılım yoğunluğu ve bu türlerin hedef tür gençliği üzerindeki baskısı kantitatif olarak analiz edilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Karaçam sahasında yabanlaşma tespiti

Üç yıl boyunca vejetasyon dönemlerinin başında ve sonunda tekrarlanan bu tespitler, toprak işleme yöntemlerinin toprak yapısında meydana getirdiği değişimlerin, yabani floranın rekabet gücü üzerindeki uzun dönemli etkilerini istatistiksel olarak değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Özellikle mekanize toprak işlemenin yapıldığı parseller ile manuel müdahale edilen parseller arasındaki yabanlaşma eğilimleri, bu sistematik örnekleme yöntemiyle kayıt altına alınmıştır.

3.2.5.2 Sarıçam'da yabanlaşma durumu

Çalışmamızda yabanlaşma durumunu tespit etmek için 04.07.2023 tarihinde her bir deneme alanını temsil eden noktalardaki kazıkların soluna ve sağına 1 m² çıta (10 cm²

bölümlenmiş) yerleştirilerek Kuadrat Yöntemi ile ot durum yüzdesi belirlenmiştir. Kuadrat (Çerçeve) Yöntemi Çok eskiden beri uygulanan bu yöntemin esası, vejetasyon üzerinde belirli bir yüzeyi sınırlandırarak bu alandaki bitki türlerinin, çoğunlukla yaprakla kaplama bakımından, örtü derecelerini veya diğer kantitatif karakterlerini tetkik ve tespit etmekten ibarettir. Sınırlandırılan alan genellikle kare şeklinde olacağı gibi, dikdörtgen, hatta daire şeklinde de olabilmektedir (Şekil 3.10), (Gençkan, 1985). Çerçevenin yapısı ve nitelikleri, vejetasyonun tipine ve çalışmanın amacına göre değişmekle beraber, en çok 1 m²'lik veya 0,5 m²'lik alana sahip çerçeveler kullanılmaktadır İstenilen alanı içten içe verecek şekilde 4 cm eninde, 1 cm kalınlığında çıtalar kesilerek çakılmıştır. Çıtaların her kenarına 10 cm aralıklarla çiviler çakılarak karşılıklı kenarlara ip veya tel gerilmiştir. Böylece 0,5 m²'lik bir çerçeveden 50 dm², 1 m²'lik den ise 100 dm² elde edilmiştir. Eğer küçük alanlarda çalışılacak ise ve bitki ile kaplı alan yüzdesi fazla ise 0,5 m²'lik çerçeve, çalışılacak alan büyük ve bitki ile kaplı alan yüzdesi az ise 1 m²'lik çerçeve tercih edilmektedir. Hazırlanan çerçeveler incelenecek alanlara yerleştirilir. Çerçevenin her köşesine önceden açılan deliklere ince çubuklar sokularak sabitleştirilir. İncelemede her dm²'deki bitki ile kaplı alan, ya bir araç yardımıyla (örneğin bir pantograf ile ölçülerek), ya da gözle tahmin edilmek suretiyle tespit edilerek yazılır. Daha sonra her dm²'deki bitki türleri sayılır ve kaydedilir. Sonuçlar ise her bir tür için alana göre yüzde olarak ifade edilmektedir (Çakmakçı, 2003).

Uygulanan farklı toprak işleme tekniklerinin ardından sahada meydana gelen floristik değişimleri ve hedef tür dışındaki diri örtü gelişimini (yabanlaşma) belirlemek amacıyla periyodik izleme çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda, 2024 ve 2025 yıllarının ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde, vejetasyonun mevsimsel dinamiklerini yansıtacak şekilde durum tespitleri gerçekleştirilmiştir.

Envanter çalışmaları, deneme alanındaki 36 parselin her birinde sistematik bir yaklaşımla kurgulanmıştır. Her parseli temsil edecek şekilde belirlenen bir merkez noktanın solunda ve sağında istikametlerinde tesis edilen alt örnekleme birimleri kullanılmıştır. Toplamda 84 örnekleme noktasında (42 x 2 nokta) yürütülen bu gözlemlerle, sahanın yabanlaşma derecesi, istilacı türlerin yayılım yoğunluğu ve bu

türlerin hedef tür gençliği üzerindeki baskısı kantitatif olarak analiz edilmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Sarıçam sahasında yabanlaşma tespiti

Üç yıl boyunca vejetasyon dönemlerinin başında ve sonunda tekrarlanan bu tespitler, toprak işleme yöntemlerinin toprak yapısında meydana getirdiği değişimlerin, yabani floranın rekabet gücü üzerindeki uzun dönemli etkilerini istatistiksel olarak değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Özellikle mekanize toprak işlemenin yapıldığı parseller ile manuel müdahale edilen parseller arasındaki yabanlaşma eğilimleri, bu sistematik örnekleme yöntemiyle kayıt altına alınmıştır.

3.2.6 Çalışma Alanlarında Fidan Parametrelerinin Belirlenmesi

3.2.6.1 Karaçam ve Sarıçam'da tespit edilecek parametreler

1. Tohum dökümü seyri: Parsellerde doğal tohum dökümü seyrini takip amacıyla tohum kapanları kullanılmıştır. Her bir parseli temsil edecek bir noktaya tohum kapanlar yerleştirilmiş ve Haziran ayının sonunda kaldırılmıştır. Tohum kapanlara dökülen tohum miktarları tespit edilerek ve kayıt altına alınmıştır.

2. Parsellerde diri örtü oluşumunun tespiti: Her iki çalışma sahasında ilkbahardan itibaren parsellerde diri örtü oluşum seyri tespit edilmiştir. Böylece parsellerdeki farklı işlemlerin yabanlaşmaya olan etkisi ortaya konulmuştur.

3. Gençlik sayısı: Her işlemde yeterli sayıda 2 m² alanlarda gençlik sayısı ilk vejetasyon mevsiminden itibaren ilkbahar ve sonbahar olmak üzere yılda 2 kez tespit edilmiştir.

4. Gençliğin gelişimi: Karaçam çalışma sahasında 3 üncü yılın vejetasyon mevsimi sonunda, Sarıçam sahasında 2 nci yılın vejetasyon mevsimi sonunda gençliklerin boy ve çap gelişimi tespit edilecektir. Bu tespitler fidan sayımı yapılan noktalarda seçilecek yeterli sayıda (en az 20-30) fidanda çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Çap ölçümlerinde mini çap ölçer, boy ölçümlerinde cetvel kullanılmıştır.

5. Karaçam çalışma sahasında 3 üncü yılın vejetasyon mevsimi sonunda, Sarıçam sahasında 2 nci yılın vejetasyon mevsimi sonunda fidanlar üzerinde yapılan ölçümlerle aşağıdaki parametreler tespit edilmiştir:

a) Kök Boğaz Çapı (KBÇ) Fidanın toprak

b) Kök Uzunluğu (KU)

c) Fidan Boyu (FB)

d) Kök Adedi (KA) Fidanın kök boyuna göre 5 cm veya 10 cm'de bulunan kök sayısı.

e) Gövde Taze Ağırlığı (GTA) Fidanın toprak üstü organlarının hemen sökümden sonraki ağırlığı (gr)

f) Kök Taze Ağırlığı (KTA) Kök boğazı çapı hizasından kesilerek gövdeden ayrılan kök aksamının sökümden sonraki ağırlığı (gr)

g) Fidan Taze Ağırlığı (FTA) Gövde ve kök taze ağırlıklarının toplanmasıyla elde edilen değer (gr).

h) Gövde Kuru Ağırlığı (GKA) Fidan toprak üstü kısımlarının etüvde (105 ± 3 oC, 24 saat) kurutulmuş ağırlığı (0,001 gr hassasiyetinde)

i) Kök Kuru Ağırlığı (KKA) Kök boğazı çapının ölçüldüğü yerden kesilerek gövdeden ayrılan kök kısımlarının etüvde (105 ± 3 ^{o}C, 24 saat) kurutulmuş ağırlığı (0,001 gr hassasiyetinde)

j) Fidan Kuru Ağırlığı (FKA) Gövde ve kök kuru ağırlıklarının toplanmasıyla elde edilen değer (gr)

k) İbre Kuru Ağırlığı (İKA) Fidan gövdeleri etüvde (105 ± 3^{o}C, 24 saat) kurutulması sonrası ibreler ayrılarak elde edilen değerler (0,001 gr hassasiyetinde)

l) Kuru Kök Yüzdesi (KY) [(KKA (gr) / FKA (gr)). 100]: Kök kuru ağırlığı değerinin fidan kuru ağırlığı değerine bölünmesiyle bulunan oransal değer

m) Katlılık (K) [GKA (gr) / KKA (gr)]: Gövde kuru ağırlığı değerinin kök kuru ağırlığı değerine bölünmesi sonucu bulunan oransal değer

n) Gürbüzlük İndeksi (Gİ): [FB (cm) / KBÇ (mm)]: Fidan boyu değerinin, kök boğazı çapı değerine bölünmesi sonucu bulunan oransal değer.

3.2.6.2 Karaçam'da fidan parametrelerinin belirlenmesi

2025 yılı vejetasyon mevsimi sonunda 36 parselden otuzar adet fidan sökümü yapılmıştır. Araştırma sahasındaki örnekleme parsellerinden seçilen fidanların sökümü, kök sisteminin doğal yapısını korumak ve ince kök kayıplarını minimize etmek amacıyla tamamen manuel yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Söküm işlemi sırasında, fidan gövdesinin yaklaşık 30-40 cm yarıçapındaki izdüşümü esas alınarak, bel küreği ve çapa yardımıyla toprak bloğu gevşetilmiş ve fidanlar, kök yumağıyla birlikte (topraklı olarak) çıkarılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Karaçam sahasında fidan sökülmesi

Kök sistemine yapışık haldeki rizosfer toprağının temizlenmesi aşamasında ise, kök epidermisine zarar vermemek adına hassas bir çalışma yürütülmüştür. Bu aşamada kaba toprak elle uzaklaştırılmış, kök boğazı ve yan köklerin arasındaki sıkışmış materyal ise el çapası ve mala kullanılarak temizlenmiştir. Özellikle kılcal köklerin (fine roots) kopmasını engellemek için mala ile yapılan müdahaleler, köklerin çıkış yönüne paralel hareketlerle uygulanmıştır.

Araştırma kapsamında sökülen fidanların morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla; fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), kök uzunluğu (KU), kök adedi (KA), fidan taze ağırlığı (FTA), kök taze ağırlığı (KTA) ölçülmüştür (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Karaçam'da fidan parametreleri ölçümü

Fidanların taze ve kuru ağırlık bileşenleri (GTA, KTA, FTA, GKA, KKA, FKA, İKA) ile kalite parametrelerini ortaya koyan kuru kök yüzdesi (KY), katlılık (K) ve gürbüzlük indeksi (Gİ) değerleri, literatürde kabul görmüş standart silvikültürel metotlar ve formüller esas alınarak belirlenmiştir (Aphalo ve Rikala1 2003; Ayan, 2002; Ritchie, 1984). Fidan biyo kütle bileşenlerinin kuru ağırlıklarının tespitinde, numuneler etüvde 105 ± 3 C sıcaklıkta 24 saat süreyle stabil ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuş ve 0,01 g hassasiyetle tartılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 Karaçam'da fidan kurusu parametreleri ölçümü

Fidan morfolojik özelliklerinden kök boğazı çapı (KBÇ) ve fidan boyu (FB) ölçümlerinin ardından, fidanların dengeli bir gelişim gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla gürbüzlük indeksi [FB (cm) / KBÇ (mm)] ve katlılık oranı [GKA (g) / KKA (g)] hesaplanmıştır. Etüv kurusu ağırlık parametrelerinin (GKA, KKA, FKA, İKA) elde edilmesinde standart kurutma normları uygulanmıştır. Fidan kalitesinin önemli bir göstergesi olan gürbüzlük indeksi ve biyo kütle dağılımları, orman ağacı fidanlarının kalite standartlarının belirlenmesinde kritik birer parametre olarak ele alınmıştır (Aphalo ve Rikala1 2003; Ayan, 2002; Ritchie, 1984).

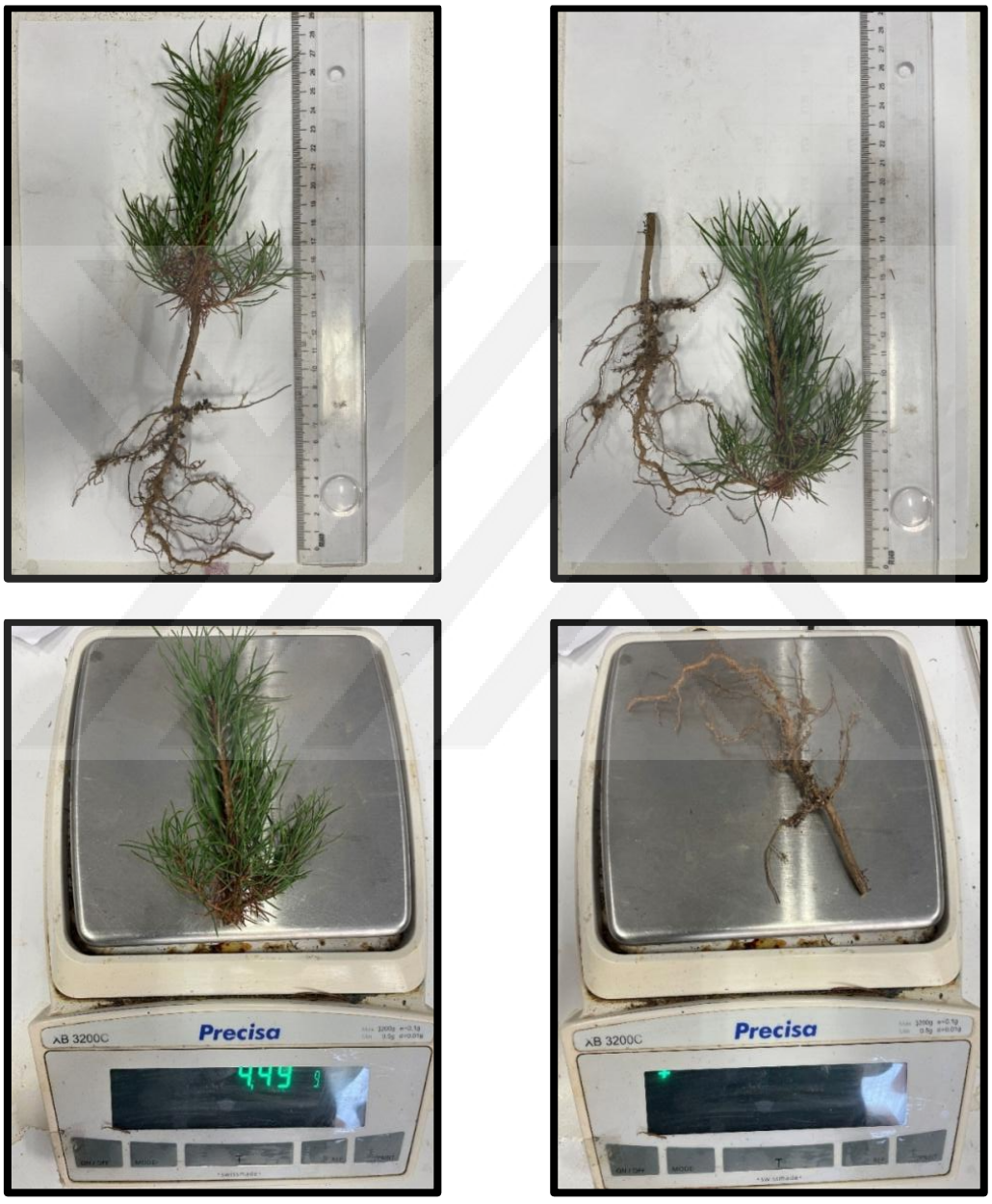
3.2.6.3 Sarıçam'da fidan parametrelerinin belirlenmesi

2025 yılı vejetasyon mevsimi sonunda 42 parselin her birinden otuzar adet fidan sökümü yapılmıştır. Araştırma sahasındaki örnekleme parsellerinden seçilen fidanların sökümü, kök sisteminin doğal yapısını korumak ve ince kök kayıplarını minimize etmek amacıyla tamamen manuel yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Söküm işlemi sırasında, fidan gövdesinin yaklaşık 30-40 cm yarıçapındaki izdüşümü esas alınarak, bel küreği ve çapa yardımıyla toprak bloğu gevşetilmiş ve fidanlar, kök yumağıyla birlikte (topraklı olarak) çıkarılmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Sarıçam sahasında fidan sökülmesi

Kök sistemine yapışık haldeki rizosfer toprağının temizlenmesi aşamasında ise, kök epidermisine zarar vermemek adına hassas bir çalışma yürütülmüştür. Bu aşamada kaba toprak elle uzaklaştırılmış, kök boğazı ve yan köklerin arasındaki sıkışmış materyal ise el çapası ve mala kullanılarak temizlenmiştir. Özellikle kılcal köklerin kopmasını engellemek için mala ile yapılan müdahaleler, köklerin çıkış yönüne paralel hareketlerle uygulanmıştır.



Şekil 3.26 Sarıçam'da fidan parametreleri ölçümü

Araştırma kapsamında sökülen fidanların morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla; fidan boyu (FB), kök boğazı çapı (KBÇ), kök uzunluğu (KU), kök adedi

(KA), fidan taze ağırlığı (FTA), kök taze ağırlığı (KTA) ölçülmüştür (Şekil 3.26). Fidanların taze ve kuru ağırlık bileşenleri (GTA, KTA, FTA, GKA, KKA, FKA, İKA) ile kalite parametrelerini ortaya koyan kuru kök yüzdesi (KY), katlılık (K) ve gürbüzlük indeksi (Gİ) değerleri, literatürde kabul görmüş standart silvikültürel metotlar ve formüller esas alınarak belirlenmiştir (Aphalo ve Rikala1 2003; Ayan, 2002; Ritchie, 1984). Fidan biyo kütle bileşenlerinin kuru ağırlıklarının tespitinde, numuneler etüvde 105 ± 3 C sıcaklıkta 24 saat süreyle stabil ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuş ve 0,01 g hassasiyetle tartılmıştır.

Fidan morfolojik özelliklerinden kök boğazı çapı (KBÇ) ve fidan boyu (FB) ölçümlerinin ardından, fidanların dengeli bir gelişim gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla gürbüzlük indeksi [FB (cm) / KBÇ (mm)] ve katlılık oranı [GKA (g) / KKA (g)] hesaplanmıştır. Etüv kurusu ağırlık parametrelerinin (GKA, KKA, FKA, İKA) elde edilmesinde standart kurutma normları uygulanmıştır. Fidan kalitesinin önemli bir göstergesi olan gürbüzlük indeksi ve biyo kütle dağılımları, orman ağacı fidanlarının kalite standartlarının belirlenmesinde kritik birer parametre olarak ele alınmıştır (Aphalo ve Rikala1 2003; Ayan, 2002; Ritchie, 1984).

3.2.7 Fidan Parametrelerinin İstatiksel Analizleri

Araştırma kapsamında elde edilen verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel analizler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences**)** paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneme alanlarından (İhsangazi ve Kirazlıtepe) elde edilen veriler öncelikle tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart hata, minimum ve maksimum değerler) aracılığıyla betimlenmiştir.

Bu kapsamda öncelikle tüm parametrelerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorow-Smirnov, Shapiro – Wilk, basıklık, çarpıklık analizleri ve histogram grafikleri ile çoklu olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ön inceleme sonucunda araştırılan parametrelerin normallikten büyük oranda saptığı görülmüş ve logaritmik ve trigonometrik dönüşümler ile veriler tekrar değerlendirmiştir. Bu değerlendirmeler akabinde, tüm parametrelerde logaritmik dönüşüm ile normal dağılıma yakın bir

dağılım elde edildikten sonra karşılaştırma analizlerine parametrik testler ile devam edilmiştir.

Toprak işleme tiplerinin karşılaştırılması için tüm parametreler logaritmik dönüşüm sonrası ANOVA analizi ile birlikte Tukey testi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen ANOVA sonuçları ve tukey testi ile belirlenen homojen gruplar tablolaştırılmıştır. Tüm istatiksel SPSS paket programı ile %95 güven aralığında değerlendirilmiştir (Osborne, 2002; Tabachnick ve Fidell, 2013).

Fidanların morfolojik parametreleri arasındaki doğrusal ilişkilerin ve bu ilişkilerin şiddetinin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Verilerin normal dağılım varsayımını karşılaması ve değişkenler arasındaki ilişkilerin daha kararlı bir şekilde ortaya konulabilmesi için ölçülen tüm değerlerin logaritmik dönüşümleri alınmış ve analiz bu değerler üzerinden gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametreler arasındaki korelasyon ilişkisinin belirlenmesi amacı ile logoritmik değerler pearson korelasyon analizine tabii tutulmuştur. İstatiksel olarak $p<0,05$ de daha anlamlı çıkan değerler renklendirerek grafiklerde gösterilmiştir.

Farklı Toprak İşleme tekniklerinin benzerliklerinin istatiksel olarak ortaya konulabilmesi amacıyla UPGM analizlerine başvurulmuştur. Bu kapsamda incelenen paremetreler ölçüm skalalarına göre ön öncelikle üç gurup altında gruplanmıştır. Bu kapsamda Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) 1.grup, Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) 2.grup, Log(KKY) , Log(K) ve -Log(GI) 3. grup altında incelenmiştir. GI değerinin bitki kalitesi açısında etkisi ters korelasyonu olduğundan UPGM analizlerinde bu değer -1 ile çarpılmıştır. Dendrogram üzerinde oluşan dallanmaların ve düğüm noktalarının destek derecelerini belirlemek amacıyla 1000 tekrarlı bootstrap (Boot N: 1000) analizi gerçekleştirilmiştir. Tüm hiyerarşik kümeleme ve bootstrap işlemleri PAST (Palaeontological Statistics) istatistik yazılımı kullanılarak yürütülmüştür.

4. BULGULAR

4.1 Karaçam ve Sarıçam'da Toprak Numunelerine İlişkin Bulgular

Karaçam 73 nolu bölme toprakları; kireçsiz, tuzsuz, yüzey katmanlarında organik maddece zengin, genellikle killi ve killi-balçık bünyeye sahip, hafif asidik karakterde topraklardır. Bu fizikokimyasal özellikler, Karaçam (*Pinus nigra*) gelişimi için ekstrem bir kısıt oluşturmamakla birlikte, düşük pH'lı bölgelerde besin elementi yarayışlılığına dikkat edilmelidir.

4.1.1 Karaçam'da Toprak Numunelerine İlişkin Bulgular

Karaçam 73 nolu bölmeden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan analizler; tekstür yapısı, reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç içeriği ve organik madde miktarı açısından değerlendirilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Karaçam sahası toprak analiz sonuçları

Profil No	Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	TT (Toprak Türü)	pH	EC (mS/cm)	Kireç (%)	OM (Organik Madde %)
Prf-1	0-30	33,77	39,33	26,91	Killi Balçık	6,54	0,05	0,01	6,64
Prf-1	30-60	31,41	41,57	27,02	Kil	6,54	0,02	0,01	0,89
Prf-1	60-90	42,18	28,91	28,91	Killi Balçık	6,78	0,02	0,01	0,53
Prf-2	0-30	59,43	16,23	24,34	Kumlu Balçık	6,57	0,03	0,01	3,38
Prf-2	30-60	49,48	26,27	24,25	Kumlu Killi Balçık	6,86	0,04	0,01	1,3
Prf-2	60-90	41,08	40,63	18,29	Kil	7,25	0,12	0,17	0,75
Prf-3	0-30	36,74	32,65	30,61	Killi Balçık	6,45	0,05	0,01	4,66
Prf-3	30-60	30,56	44,93	24,51	Kil	6,16	0,01	0,01	1,04
Prf-3	60-90	38,23	32,95	28,83	Killi Balçık	6,51	0,04	0,01	0,76
Prf-4	0-30	49,28	20,29	30,43	Balçık	6,46	0,04	0,01	6,05
Prf-4	30-60	41,12	36,54	22,33	Killi Balçık	6,25	0,02	0,01	2,09
Prf-4	60-90	38,86	40,76	20,38	Kil	6,14	0,02	0,01	0,81
Prf-5	0-30	53,43	16,2	30,37	Kumlu Balçık	6,16	0,04	0,01	5,37
Prf-5	30-60	53,2	20,35	26,45	Kumlu Killi Balçık	5,69	0,02	0,01	1,66
Prf-5	60-90	57,16	20,4	22,44	Kumlu Killi Balçık	5,82	0,01	0,01	0,97
Ortalama Değerler		**43,73**	**30,53**	**25,74**		**6,41**	**0,04**	**0,02**	**2,46**

4.1.1.1 Toprak tekstürü ve fiziksel yapı

Araştırma alanı topraklarının tekstür bileşenleri incelendiğinde, ortalama kum oranının %43,73, kil oranının %30,53 ve toz oranının %25,74 olduğu tespit edilmiştir. Saha genelinde "Killi Balçık" ve "Kil" bünye sınıfları hakimdir. Özellikle Prf-1, Prf-3 ve Prf-4 profillerinde derinliğe bağlı olarak kil birikiminin arttığı ve 30 cm derinlikten sonra bünyenin ağır kil karakteri kazandığı görülmektedir. Prf-5 profili, diğer profillerden farklı olarak tüm derinlik kademelerinde daha yüksek kum içeriğiyle (%53-57) ayrışmakta ve "Kumlu Killi Balçık" sınıfında yer almaktadır. Bu tekstürel çeşitlilik, sahadaki su tutma kapasitesi ve havalanma koşullarının lokal olarak farklılık gösterebileceğine işaret etmektedir. Yüksek kil içeriği, sahanın su tutma kapasitesinin yüksek olduğunu ancak drenaj ve havalanma koşullarının yer yer kısıtlanabileceğini işaret etmektedir.

4.1.1.2 Toprak reaksiyonu (pH)

Örnekleme alanındaki toprakların pH değerleri 5,69 (Prf-5; 30-60 cm) ile 7,25 (Prf-2; 60-90 cm) arasında değişim göstermektedir. Genel ortalaması 6,41 olan saha toprakları, literatür verileri ışığında "hafif asidik" ve "nötr" reaksiyon derecelerine sahiptir. Prf-2'nin alt horizonunda gözlenen 7,25'lik değer, sahadaki en yüksek pH seviyesi olup muhtemelen ana materyalden kaynaklı hafif kireç birikiminin bir sonucudur. Karaçamın geniş ekolojik toleransı dikkate alındığında, bu pH aralığı türün gelişimi için oldukça elverişli bir ortam sunmaktadır.

4.1.1.3 Elektriksel iletkenlik (EC)

Çalışma alanındaki elektriksel iletkenlik değerlerinin oldukça düşük olduğu saptanmıştır. Ölçülen değerler 0,01 ile 0,12 mS/cm aralığında seyretmekte olup, saha ortalaması 0,04 mS/cm'dir. EC değerlerinin tüm profillerde kritik eşiklerin çok altında kalması, toprakta eriyebilir tuz konsantrasyonunun bitki gelişimini kısıtlamayacak düzeyde olduğunu ve sahada herhangi bir tuzluluk riskinin bulunmadığını kanıtlamaktadır.

4.1.1.4 Kireç içeriği (CaCO3)

Analiz edilen örneklerin büyük çoğunluğunda kireç içeriği %0,01 seviyesinde olup, topraklar "kireçsiz" kategorisindedir. Yalnızca Prf-2 profilinin 60-90 cm derinlik kademesinde kireç oranının %0,17 seviyesine çıktığı gözlenmiştir. Bu düşük kireç seviyeleri, bölgedeki toprak oluşum süreçlerinde yıkanmanın etkili olduğunu ve Karaçamın kireçli ana materyaller üzerindeki yaygınlığının aksine, bu bölmede kalsiyum karbonatın yüzeyden uzaklaştığını göstermektedir.

4.1.1.5 Organik madde (OM)

Araştırma alanında organik madde içeriği, yüzey katmanlarında (0-30 cm) oldukça yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Üst toprakta organik madde miktarı Prf-1'de %6,64; Prf-4'te %6,05 ve Prf-5'te %5,37 gibi zengin değerlere ulaşmaktadır. Derinlikle birlikte organik madde miktarında beklenen bir azalış gözlenmiş; 60-90 cm derinlikte ortalama değer %0,76'ya gerilemiştir. Saha genel ortalamasının %2,46 olması, Karaçam meşcerelerinde ölü örtü ayrışmasının ve humifikasyon süreçlerinin verimli işlediğini, bunun da toprağın fiziksel ve kimyasal verimliliğine pozitif katkı sağladığını göstermektedir.

4.1.2 Sarıçam'da Toprak Numunelerine İlişkin Bulgular

Sarıçam 62 nolu bölmeden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan analizler; tekstür yapısı, reaksiyon (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç içeriği ve organik madde miktarı açısından değerlendirilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Sarıçam sahası toprak analiz sonuçları

Profil No	Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	TT (Toprak Türü)	pH	EC (mS/cm)	Kireç (%)	OM (Organik Madde %)
Prf-1	0-30	63,58	14,16	22,26	Kumlu Balçık	5,42	0,03	0,01	2,52
Prf-1	30-60	71,92	12,03	16,04	Kumlu Balçık	5,78	0,01	0,01	0,61
Prf-1	60-90	61,56	22,25	16,18	Kumlu Killi Balçık	5,63	0,01	0,01	0,48
Prf-2	0-30	53,48	20,22	26,29	Kumlu Killi Balçık	5,35	0,02	0,01	1,66
Prf-2	30-60	57,63	20,18	22,2	Kumlu Killi Balçık	5,49	0,01	0,01	0,7
Prf-2	60-90	63,4	18,3	18,3	Kumlu Balçık	5,61	0,01	0,01	0,37
Prf-3	0-30	55,42	16,21	28,37	Kumlu Balçık	5,79	0,03	0,01	4,31
Prf-3	30-60	53,64	20,16	26,2	Kumlu Killi Balçık	5,78	0,01	0,01	0,54
Prf-3	60-90	28,51	44,94	26,55	Kil	5,35	0,01	0,01	0,66
Prf-4	0-30	63,85	18,08	18,08	Kumlu Balçık	5,71	0,01	0,01	0,96

Tablo 4.2'nin devamı

Profil No	Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	TT (Toprak Türü)	pH	EC (mS/cm)	Kireç (%)	OM (Organik Madde %)
Prf-4	30-60	39,28	40,48	20,24	Kil	5,25	0,02	0,01	0,79
Prf-4	60-90	24,69	54,96	20,35	Kil	5,09	0,02	0,01	0,62
Prf-5	0-30	61,41	16,25	22,34	Kumlu Balçık	5,56	0,03	0,01	3,64
Prf-5	30-60	57,76	18,1	24,14	Kumlu Balçık	5,77	0,01	0,01	0,45
Prf-5	60-90	49,62	30,23	20,15	Kumlu Killi Balçık	5,99	0,01	0,01	0,57
Ortalama Değerler		**53,72**	**24,44**	**21,85**		**5,57**	**0,02**	**0,01**	**1,26**

4.1.2.1 Toprak tekstürü ve fiziksel yapı

Profil analizleri incelendiğinde, sahanın genel ortalama kum içeriğinin %53,72 olduğu, buna karşılık kil oranının %24,44; toz oranının ise %21,85 seviyesinde seyrettiği tespit edilmiştir.

Profil içi Değişim: Prf-1, Prf-2 ve Prf-5 profillerinde derinlik boyunca "Kumlu Balçık" ve "Kumlu Killi Balçık" sınıfları baskın iken, özellikle Prf-4 profilinde 30 cm derinlikten sonra kil içeriğinin belirgin şekilde artarak (%54,96) bünyenin "Kil" sınıfına dönüştüğü gözlenmiştir.

Ekolojik Yorum: Kum içeriğinin yüksekliği, Sarıçamın kök havalanması ve drenaj isteği ile örtüşmektedir. Ancak Prf-3 ve Prf-4'teki alt horizonlardaki kil birikimi, su tutma kapasitesini artırsa da aşırı yağışlarda lokal drenaj sorunlarına işaret edebilir.

4.1.2.2 Toprak reaksiyonu (pH)

Araştırma alanı topraklarının tamamı asidik reaksiyon göstermektedir. Örneklerin pH değerleri 5,09 ile 5,99 arasında değişim arz etmekte olup, genel ortalama 5,57 olarak saptanmıştır. En düşük pH değeri (5,09), killeşmenin en yüksek olduğu Prf-4 profilinin alt horizonunda ölçülmüştür. Sarıçamın asidik toprakları tercih eden ekolojik karakteri göz önüne alındığında, mevcut pH değerlerinin türün gelişimi için optimal sınırlar içerisinde olduğu ve besin elementi yarayışlılığını desteklediği söylenebilir.

4.1.2.3 Elektriksel iletkenlik (EC)

Toprakların çözünebilir toplam tuz içeriğinin bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik değerleri, tüm profil ve derinlik kademelerinde oldukça düşük seviyelerde

saptanmıştır. Ölçülen değerler 0,01 ile 0,03 mS/cm aralığında değişmektedir. Bu bulgular, sahada bitki gelişimini olumsuz etkileyecek herhangi bir tuzluluk sorununun bulunmadığını ve toprakların "tuzsuz" sınıfında yer aldığını teyit etmektedir.

4.1.2.4 Kireç içeriği (CaCO3)

Kimyasal analiz sonuçlarına göre, sahadaki tüm örneklerin kireç içeriği %0,01 olarak tespit edilmiştir. Profil derinliği boyunca kireç miktarında bir değişim gözlenmemiştir. Toprakların "kireçsiz" olarak nitelendirilmesi, ana materyalin kireçsiz yapısını ve bölgedeki yıkanma yoğunluğunu yansıtmaktadır. Bu durum, kalsifüj (kireçten kaçan) bir tür olan Sarıçamın kök bölgesi kimyası için uygun bir yetişme ortamı teşkil etmektedir.

4.1.2.5 Organik madde

Toprakların organik madde içeriği, derinliğe bağlı olarak belirgin bir değişim sergilemektedir. 0-30 cm derinlik kademesinde organik madde miktarı Prf-3'te %4,31; Prf-5'te ise %3,64 ile en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Ancak derinlik arttıkça organik madde miktarı hızla azalarak 60-90 cm katmanında ortalama %0,54 seviyesine gerilemiştir. Saha genelindeki toplam organik madde ortalaması %1,26 olarak hesaplanmış olup, bu birikimin temel kaynağının yüzeydeki bitkisel artıklar (ibre ve dal döküntüsü) olduğu anlaşılmaktadır.

4.2 Karaçam ve Sarıçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi

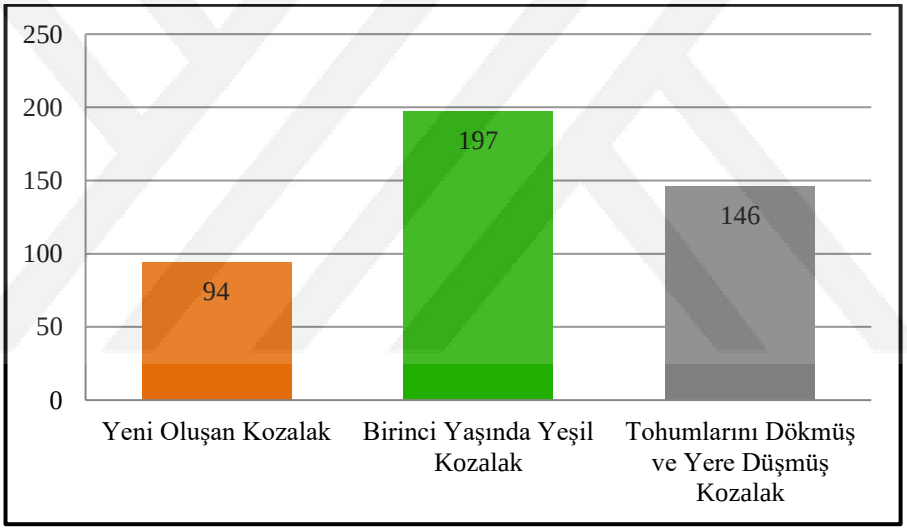
4.2.1 Karaçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi

Karaçam inceleme alanında seçilen örnek ağaçlar üzerinde yapılan sayımlar sonucunda elde edilen kozalak verileri; yeni oluşan, birinci yaşını idrak etmiş yeşil renkli ve tohumlarını dökerek yere düşmüş gri-kahverengi renkte olgun kozalaklar olmak üzere üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Örnek ağaç bazında elde edilen veriler ve bu verilerin aritmetik ortalamaları Tablo 4.3'te sunulmuştur.

Tablo 4.3 Karaçam 73 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2022)

Kesilen Ağaç No	Yeni Oluşan Kozalak Adedi	Birinci Yaşını İdrak Etmiş Yeşil Renkli Kozalak Adedi	Tohumlarını Dökmüş ve Yere Düşmüş Kozalak Adedi
1	78	189	129
2	65	201	171
3	103	162	113
4	129	235	172
TOPLAM (ORTALAMA)	**94**	**197**	**146**

Yapılan analizler sonucunda, örnek ağaçlar üzerinde birinci yaşını idrak etmiş yeşil renkli kozalak miktarının (ortalama 197 adet/ağaç), yeni oluşan kozalak miktarına (ortalama 94 adet/ağaç) göre belirgin düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, meşcerede mevcut vejetasyon döneminden bir önceki dönemin, tohum taslağı oluşumu bakımından daha verimli geçtiğini ve takip eden tohum yılında güçlü bir tohum dökümü beklendiğini göstermektedir.



Şekil 4.1 Karaçam 73 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2022)

Tohumlarını dökmüş ve yere düşmüş eski kozalakların ortalaması ise 146 adet olarak belirlenmiştir. Yeni oluşan kozalak miktarının (94 adet), hem dökülen eski kozalaklardan hem de bir yaşındaki olgunlaşmaya yakın yeşil kozalaklardan düşük olması, incelenen türde tohum veriminin periyodik bir dalgalanma (periodisite) içerisinde olduğunu destekler niteliktedir. Kesilen 4 adet örnek ağaç arasında en yüksek toplam kozalak varlığı 4 nolu fertte gözlemlenmiş olup, bu durum bireysel

varyasyonların ve ağaçların tepe yapılarının verim üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (Tablo 4.3).

Örnek ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen kozalak sayımları neticesinde, 2023 yılının "bol tohum yılı" olacağı öngörülmüştür. Bu veriye dayalı olarak, tohumların sahaya düşmeden önce uygun çimlenme yatağının hazırlanması amacıyla 2022 yılının Eylül ayında tohumlama kesimi faaliyetlerine başlanmıştır.

Gençleştirme çalışmaları kapsamında, 15,5 hektarlık toplam uygulama alanında meşcere kapalılığını 0,5-0,6 seviyesine indirmek ve ideal ışık koşullarını sağlamak üzere damgalama çalışmaları yapılmıştır. Bu süreçte; göğüs çapı (d1,30) 20 cm'nin altında olan 1.788 adet (149,30 m^3) ağaç ile 20 cm'nin üzerinde olan 848 adet (521,308 m^3) ağaç damgalanmıştır. Toplamda 2.636 adet ve 670,608 m^3 hacmindeki ağacın sahadan çıkarılması planlanmıştır. Birim alan bazında yapılan değerlendirmede, hektar başına ortalama 170 adet ağaç damgalanmış ve 43,265 m^3/ha düzeyinde bir eta sahadan çıkarılmıştır.

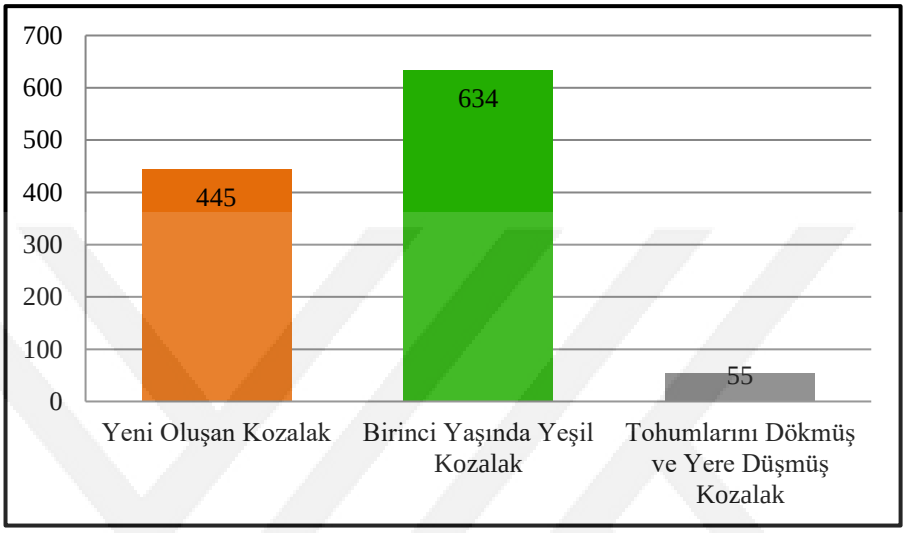
Tohumlama kesiminin tamamlanmasının ardından, sahanın doğal yolla gençleşmesini sağlamak üzere toplam 180 adet "tohum ağacı" bırakılmıştır. Deneme alanının net büyüklüğü olan 1,44 hektar dikkate alındığında, hektar başına düşen tohum ağacı sayısı 125 adet/ha olarak hesaplanmıştır. Bırakılan bu ağaçların, meşcere genelini temsil eden, formu düzgün ve tohum verimi yüksek fertler olmasına dikkat edilerek sahanın homojen bir şekilde tohumlanması hedeflenmiştir.

4.2.2 Sarıçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi

Sarıçam çalışma alanında seçilen örnek ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen kantitatif sayımlar; yeni oluşan kozalaklar, gelişimini sürdüren bir yaşındaki yeşil kozalaklar ve fonksiyonunu tamamlayarak tohumunu dökmüş olgun kozalaklar olmak üzere üç kategoride analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, meşcerenin mevcut üreme kapasitesini ve gelecek vejetasyon dönemindeki gençleşme potansiyelini ortaya koymaktadır (Tablo 4.4; Şekil 4.2).

Tablo 4.4 Sarıçam 62 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2023)

Kesilen Ağaç No	Yeni Oluşan Kozalak Adedi	Birinci Yaşını İdrak Etmiş Yeşil Renkli Kozalak Adedi	Tohumlarını Dökmüş ve Yere Düşmüş Kozalak Adedi
1	225	280	45
2	850	1240	85
3	260	385	35
TOPLAM (ORTALAMA)	**445**	**634**	**55**



Şekil 4.2 Sarıçam 62 bölme kozalak sayımı (Temmuz 2023)

Yapılan incelemeler sonucunda, örnek ağaçlar üzerinde birinci yaşını idrak etmiş yeşil renkli kozalak miktarının (ortalama 634 adet/ağaç), diğer kategorilere oranla belirgin bir üstünlük sağladığı tespit edilmiştir. Özellikle 2 nolu örnek ağaçta bu sayının 1240 adede ulaşması, meşcere içerisinde genetik veya mikroklimatik faktörlere bağlı olarak yüksek tohum verimi kapasitesine sahip fertlerin bulunduğunu göstermektedir. Bir yaşındaki yeşil kozalakların bu denli yüksek olması, takip eden vejetasyon döneminde sahada çok yoğun bir tohum yağmuru gerçekleşeceğinin somut bir göstergesidir (Tablo 4.4).

Yeni oluşan kozalak miktarının (ortalama 445 adet/ağaç) mevcut yeşil kozalaklardan daha düşük olması, türün biyolojisinde görülen periyodik verim dalgalanmalarının (periodisite) bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, tohumlarını dökmüş ve yere düşmüş kozalak sayısının (ortalama 55 adet/ağaç) oldukça düşük

kalması, bir önceki dönemin zayıf bir tohum yılı olduğuna, buna karşın mevcut ve gelecek dönemin "bol tohum yılı" karakteristiği taşıdığına işaret etmektedir.

Örnek ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen kozalak sayımları sonucunda elde edilen veriler ışığında, 2024 yılının "bol tohum yılı" olacağı öngörülmüştür. Bu öngörüye istinaden, tohumların dökümünden önce sahada uygun bir çimlenme yatağı oluşturmak ve ışık koşullarını optimize etmek amacıyla 2023 yılının Ağustos ayında tohumlama kesimi faaliyetlerine başlanmıştır.

Gençleştirme çalışmaları, 6,3 hektar büyüklüğündeki ÇsGd3 meşceresinde yürütülmüştür. Müdahale kapsamında, meşcere kapalılık seviyesini 0,6-0,7 düzeyine indirmek amacıyla damgalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte; göğüs çapı d1,30) 20 cm'nin altında olan 602 adet (40,021 m3) fert ile 20 cm'nin üzerinde olan 701 adet (960,059 m3) fert damgalanarak sahadan çıkarılmıştır. Toplamda 1.303 adet ağaç ve 1.000,08 m3 hacminde eta alınmıştır. Birim alan bazında yapılan hesaplamalarda, hektar başına ortalama 207 adet ağaç damgalandığı ve 160,012 m3/ha düzeyinde bir eta alındığı belirlenmiştir.

Tohumlama kesimini (TK) takiben, sahanın tohumlama kapasitesini korumak ve doğal gençleşmeyi desteklemek amacıyla toplam 224 adet *"tohum ağacı"* sahada bırakılmıştır. Deneme alanının net büyüklüğü olan 1,68 hektar esas alındığında, hektar başına düşen tohum ağacı sayısı 133 adet/ha olarak hesaplanmıştır. Tohumlama kesimiyle sağlanan yapısal düzenlemelerin ardından, mineral toprağın açığa çıkarılması ve tohumların toprakla temasının sağlanması amacıyla bölmede mekanize arazi hazırlığı işlemlerine geçilmiştir.

4.3 Karaçam ve Sarıçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizleri Üzerine Bulgular

Çalışma kapsamında uygulanan toprak işleme yöntemlerinin teknik ve ekonomik uygulanabilirliğini belirlemek amacıyla ayrıntılı zaman ve maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarındaki iş zamanı ölçümlerinde *"Sürekli Kronometraj Yöntemi"* esas alınmıştır. Bu doğrultuda; ekskavatör ve rotavatör gibi makinalı sistemler ile el çapası ve el tırmığı gibi manuel yöntemlerin efektif çalışma

süreleri ve zorunlu gecikme süreleri ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır. Elde edilen veriler üzerinden her bir yöntemin birim alandaki (ha/saat) iş verimliliği ve ekonomik maliyeti hesaplanmıştır.

4.3.1 Karaçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizleri Üzerine Bulgular

Karaçam sahası araştırma kapsamında uygulanan farklı toprak işleme tekniklerinin operasyonel verimliliğini ve ekonomik uygulanabilirliğini saptamak amacıyla, 2023 yılı vejetasyon dönemi sonunda *"Sürekli Kronometraj Yöntemi"* ile yapılan ayrıntılı zaman ve maliyet analizleri neticesinde elde edilen veriler, 1 hektar (ha) alan bazında aşağıdaki şekilde standardize edilmiştir.

4.3.1.1 Manuel toprak işleme yöntemleri

1. Elle Tırmıklama: 18.12.2022 tarihinde gerçekleştirilen ölçümlerde, 400 m² alanın 6 işçi ile 25 dakikada tamamlandığı saptanmıştır. Bu veriler uyarınca, 1 ha sahanın tek bir işçi tarafından işlenmesi durumunda toplam 3.750 dakika (62,5 saat) çalışma gerektiği hesaplanmıştır. Günlük 8 saatlik mesai üzerinden yapılan değerlendirmede, hektar başına 7,8 iş günü iş gücü ihtiyacı doğmaktadır. 2022 yılı yevmiye bedeli (200 TL) baz alındığında, birim maliyet 1.560,00 TL/ha olarak gerçekleşmiştir.

2. Elle Çapa: 21.12.2022 tarihinde yapılan çalışmada, 400 m² alanın 9 işçi ile 54 dakikada işlendiği tespit edilmiştir. 1 ha alan için toplam iş gücü ihtiyacı 12.150 dakika (202,5 saat) olarak öngörülmüştür. Bu süre, bir işçi için 25,3 iş gününe tekabül etmekte olup birim maliyet 5.060,00 TL/ha olarak hesaplanmıştır.

4.3.1.2 Mekanize toprak işleme yöntemleri

1. Traktör + Rotavatör: 20.12.2022 tarihindeki ölçümlerde; 800 2 alanın 32 dakikada işlendiği belirlenmiştir. 1 ha saha için işlem süresi 6,66 saat olarak projekte edilmiştir. 2022 yılı kiralama bedeli (750 TL/saat) üzerinden birim maliyet 4.995,00 TL/ha olarak saptanmıştır.

2. Ekskavatör Uygulamaları: 900 TL/saatlik piyasa kiralama bedeli üzerinden yapılan hesaplamalarda;

- Ekskavatör Tırmık: 1 ha alanın 7,08 saatte işlenebileceği ve maliyetin 6.372,00 TL/ha olduğu,

- Ekskavatör Kova: 1 ha alanın 10,83 saatte işlenebileceği ve maliyetin 9.747,00 TL/ha olduğu tespit edilmiştir.

Karaçam (*Pinus nigra*) çalışma sahasında 1 hektar alanın işlenmesine yönelik elde edilen veriler, yöntemler arasında hem zaman hem de birim maliyet açısından önemli farklar olduğunu göstermiştir. 1 hektar alan için hesaplanan değerler Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5 Karaçam birim maliyet analiz verileri

Uygulama Yöntemi	**İşlem Süresi (saat/ha)**	**Birim Maliyet (TL/ha)**	**Verimlilik Düzeyi**
Elle Tırmık	62,50	1.560,00	Yavaş / Ekonomik
Rotavatör	6,66	4.995,00	Çok Hızlı/Verimli
Elle Çapa	202,50	5.060,00	Çok Yavaş/Düşük
Ekskavatör Tırmık	7,08	6.372,00	Hızlı/Yüksek Maliyet
Ekskavatör Kova	10,83	9.747,00	Orta Hız/En Yüksek Maliyet

En ekonomik yöntem; 7,8 (62,5 saat) günlük çalışma süresi ve 1.560,00 TL maliyet ile elle tırmıklama işlemi olmuştur. Traktör+Rotavatör kombinasyonu 6,66 saatlik kısa uygulama süresine karşın 4.995,00 TL maliyet oluşturmuştur. Ekskavatör tırmık uygulaması 7,08 saatte 6.372,00 TL maliyet üretirken, en yüksek maliyetli yöntem 10,83 saatlik çalışma süresi ve 9.747,00 TL maliyet ile ekskavatör kova uygulaması olarak saptanmıştır (Tablo 4.5)

4.3.2 Sarıçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizleri Üzerine Bulgular

Sarıçam Sahası araştırma kapsamında uygulanan farklı toprak işleme tekniklerinin operasyonel verimliliğini ve ekonomik uygulanabilirliğini saptamak amacıyla, 2023 yılı vejetasyon dönemi sonunda *"Sürekli Kronometraj Yöntemi"* ile yapılan ayrıntılı zaman ve maliyet analizleri neticesinde elde edilen veriler, 1 hektar (ha) alan bazında aşağıdaki şekilde standardize edilmiştir:

4.3.2.1 Manuel toprak işleme yöntemleri

1. Elle Tırmıklama: 02.12.2023 tarihinde 1/5 ve 5/3 numaralı deneme parsellerinde (400 m²) 7 işçiden oluşan bir ekiple yürütülen çalışmalarda, parsel temizliği dahil ortalama işlem süresi 19 dakika olarak saptanmıştır. Bu verilerin hektar bazlı projeksiyonunda;

- 1 ha alanın tek bir işçi tarafından işlenmesi durumunda toplam 3.325 dakika (55,41 saat) çalışma gerektiği,

- Günlük 8 saatlik mesai düzeninde, birim alan için 6,93 iş günü iş gücü sarfiyatı oluştuğu,

- 2023 yılı birim yevmiye bedeli (500 TL) üzerinden toplam maliyetin de 3.465,00 TL/ha olarak belirlendiği görülmüştür.

2. Elle Çapa: 25.11.2023 tarihinde 2/9 numaralı parselde yapılan ölçümlerde, 7 işçinin 400 m² alanı 61 dakikada tamamladığı tespit edilmiştir. 1 ha alan için toplam iş gücü ihtiyacı 10.675 dakika (177,92 saat) olarak öngörülmüştür. Bu süre, münferit bir işçi için 22,24 iş gününe tekabül etmekte olup birim maliyet 11.120,00 TL/ha olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.2 Mekanize toprak işleme yöntemleri

1. Traktör + Rotavatör: 02.12.2023 tarihinde farklı parsellerde yapılan ölçümler neticesinde, 400 m² alan için ortalama işleme süresi 18,5 dakika olarak belirlenmiştir.

- 1 ha sahanın toplam işleme süresi 7,71 saat olarak hesaplanmıştır.

- 2023 yılı kiralama bedelleri (1.000 TL/saat) dikkate alındığında, yöntem maliyeti 7.710,00 TL/ha düzeyinde gerçekleşmiştir.

3. Ekskavatör Uygulamaları: Ekskavatör kullanımında kova ve tırmık (yatay/dikey) ataşmanları üzerinden yapılan 2023 yılı piyasa bedeli (1.250 TL/saat) analizleri şu sonuçları vermiştir:

- Ekskavatör Kova: 1 ha alanın 11,67 saatte tamamlanabileceği ve birim maliyetin 14.587,50 TL olduğu saptanmıştır.

- Ekskavatör Tırmık (Yatay): İşlem süresi 10,00 saat/ha olup birim maliyetin 12.500,00 TL olduğu hesaplanmıştır.

- Ekskavatör Tırmık (Dikey): 9,17 saat/ha ile mekanize tırmıklama yöntemleri arasında en hızlı uygulama olarak öne çıkmış ve maliyeti 11.462,50 TL olarak hesaplanmıştır.

Sarıçam (*Pinus silvestris*) sahasında gerçekleştirilen maliyet projeksiyonları, düşük maliyetten yükseğe doğru sıralandığında Karaçam sahası ile benzer bir eğilim sergilemiştir. 1 hektar alan için hesaplanan değerler Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Sarıçam birim maliyet analiz verileri

Uygulama Yöntemi	İşlem Süresi (saat/ha)	Birim Maliyet (TL/ha)	Verimlilik Düzeyi
Elle Tırmık	55,41	3.465,00	Yavaş / Ekonomik
Rotavatör	7,71	7.710,00	Çok Hızlı/Verimli
Elle Çapa	177,92	11.120,00	Çok Yavaş/Düşük
Ekskavatör Tırmık (Dikey)	9,17	11.462,50	Hızlı/Yüksek Maliyet
Ekskavatör Tırmık (Yatay)	10,00	12.500,00	Orta/Yüksek Maliyet
Ekskavatör Kova	11,67	14.587,50	Düşük-Orta En Yüksek Maliyet

En ekonomik yöntem, 6,93 günlük çalışma süresi ve 3.464,00 TL maliyet ile elle tırmıklama işlemi olmuştur. Traktör+Rotavatör işlemleri kombinasyonu 7,71 saatlik kısa uygulama süresine karşın 7.710,00 TL maliyet oluşturmuştur. En yüksek maliyetli yöntem 11,67 saatlik çalışma süresi ve 14.587,50 TL maliyet ile ekskavatör kova uygulaması olarak saptanmıştır. Mekanize yöntemler arasında Rotavatör kullanımı, birim zamanda en yüksek iş verimliliğini sağlayarak operasyonel avantaj sunmuştur. Ekskavatör uygulamalarında ise dikey tırmıklamanın, kova ve yatay tırmıklamaya göre hem zaman hem de maliyet açısından daha verimli bir seçenek olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 4.6)

4.3.3 Karaçam ve Sarıçam Birim Zaman Analizleri Genel Değerlendirme

Her iki çalışma sahasında da elle tırmık uygulaması, birim maliyet açısından en ekonomik seçenek olarak öne çıkarken; ekskavatör kova ile yapılan toprak işleme çalışmaları en yüksek maliyetli yöntem olarak belirlenmiştir. Makinalı yöntemlerin (rotavatör ve ekskavatör) iş zamanı açısından büyük bir hız avantajı sağladığı, ancak işletme giderleri ve amortisman kalemleri nedeniyle birim maliyeti yükselttiği gözlemlenmiştir. Buna karşın, manuel yöntemlerden olan elle çapa uygulaması, iş gücü yoğunluğu ve çalışma süresinin uzunluğu nedeniyle maliyet açısından makinalı yöntemlerin bir kısmına yaklaşmıştır.

4.4 Karaçam ve Sarıçam'da Tohum Verimi Bulguları

4.4.1 Karaçam'da Tohum Verimi Bulguları

Araştırma alanında 36 parsel parselde bulunan tohum kapanlar 1 Mart 2023 tarihinden itibaren takip edilmeye başlanmıştır. 2023 yılı 1 Mart, 15 Mart, 1 Nisan, 15 Nisan ve 2 Haziran da yapılan kontrollerde tohum kapanlarda tohum tespit edilmemiştir. 2023 yılı 2 Mayıs, 7 Mayıs, 12 Mayıs, 18 Mayıs, 23 Mayıs, 29 Mayıs ve 9 Haziran tarihlerinde yapılan kontrollerde tohum kapanlarda tohum olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.3; Tablo 4.7).

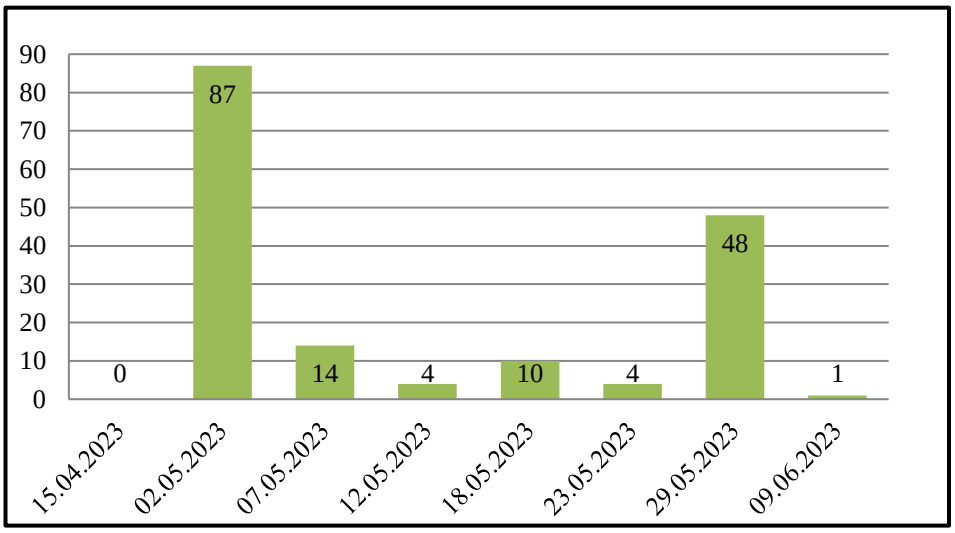


Şekil 4.3 Karaçam'da tohum kapanlarda tohum kontrolü

Tohum dökülme zamanlarının zamansal dağılımı incelendiğinde, dökülme yoğunluğunun belirli bir periyotta yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Yapılan fenolojik gözlemler neticesinde, 15 Nisan- 2 Mayıs 2023 ile 23-29 Mayıs 2023 tarihleri arası, tohum dökülme faaliyetinin en yüksek seviyeye ulaştığı *"pik dönemi"* olarak kayıt altına alınmıştır. Bu durum, türün generatif başarı potansiyelinin ve gençleştirme çalışmalarında toprak hazırlığının zamanlaması açısından kritik bir veri sunmaktadır (Şekil 4.4).

Tablo 4.7 Karaçam sahası tohum kapanlarda tespit edilen tohum miktarları

	Elle Çapa	Elle Tırmık TTÇk	Rotavatör	Rotavatör	Ekskavatör Kova	Elle Tırmık TTÇk	Elle Tırmık	KONTROL	Rotavatör	Elle Çapa	Ekskavatör Tırmık	Rotavatör
Tarihler	**Parsel 1**	**Parsel 2**	**Parsel 3**	**Parsel 4**	**Parsel 5**	**Parsel 6**	**Parsel 7**	**Parsel 8**	**Parsel 9**	**Parsel 10**	**Parsel 11**	**Parsel 12**
2.05.2023	0	1	0	0	0	0	0	41	0	3	0	1
7.05.2023	0	0	1	2	0	0	0	1	0	1	0	1
12.05.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.05.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
23.05.2023	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
29.05.2023	1	2	1	2	3	3	3	2	1	2	1	2
9.06.2023	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	**4**	**2**	**5**	**3**	**3**	**3**	**44**	**3**	**6**	**1**	**6**
	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL	KONTROL	Elle Çapa	Elle Çapa	Rotavatör	Rotavatör	Elle Çapa	KONTROL	Ekskavatör Kova	Elle Tırmık
Tarihler	**Parsel 13**	**Parsel 14**	**Parsel 15**	**Parsel 16**	**Parsel 17**	**Parsel 18**	**Parsel 19**	**Parsel 20**	**Parsel 21**	**Parsel 22**	**Parsel 23**	**Parsel 24**
2.05.2023	1	0	1	0	1	0	5	1	6	3	2	0
7.05.2023	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
12.05.2023	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
18.05.2023	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
23.05.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
29.05.2023	3	0	3	2	0	1	1	0	1	0	1	1
9.06.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	**1**	**5**	**4**	**3**	**1**	**7**	**2**	**7**	**4**	**5**	**1**
	Elle Tırmık	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	Elle Çapa	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL	Ekskavatör Tırmık	Elle Tırmık	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL
Tarihler	**Parsel 25**	**Parsel 26**	**Parsel 27**	**Parsel 28**	**Parsel 29**	**Parsel 30**	**Parsel 31**	**Parsel 32**	**Parsel 33**	**Parsel 34**	**Parsel 35**	**Parsel 36**
2.05.2023	2	1	0	6	1	4	0	0	3	2	1	1
7.05.2023	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
12.05.2023	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
18.05.2023	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
23.05.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29.05.2023	1	0	1	1	0	0	1	1	2	1	2	2
9.06.2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	**3**	**1**	**8**	**1**	**5**	**2**	**2**	**5**	**4**	**4**	**3**



Şekil 4.4 Karaçam'da tohum kapanlarda tohum tespiti

Tohum verimliliğini ve birim alana düşen tohum miktarını belirlemek amacıyla kullanılan tohum kapanı verileri analiz edilmiştir. Örneğin 1 nolu Elle Çapa işlemi yapılan parselde yer alan 0,0907 m² (yaklaşık 1/11 m²) yüzey alanına sahip tohum kapanlarında toplam 1 adet tohum tespit edilmiştir. Metrekareye düşen tohum miktarının (MDT) belirlenmesinde, tohum kapanı alanı ile tespit edilen tohum sayısı arasındaki oran esas alınmıştır. Hesaplamalarda aşağıdaki formülasyon kullanılmıştır:

$$MDT = (1 / 0{,}0907) \times TS \qquad (4.1)$$

Burada TS (Toplam Tohum Sayısı) değeri 1 olarak alındığında, metrekare başına düşen ortalama tohum miktarı 11,025 adet/m² olarak hesaplanmıştır. Örneğin 400 m² büyüklüğündeki 1 nolu Elle Çapa işlemi yapılan deneme parseline projekte edildiğinde, parsel genelinde toprakla buluşan toplam tohum miktarının 4.410 adet olduğu öngörülmektedir. Bu verinin hektar (10.000 m²) bazındaki karşılığı ise (parsel alanının 25 katı oranında genişletilmesiyle) hektar başına 110.250 adet tohum olarak hesaplanmıştır. Çalışma sahasındaki tüm parsellerde tohum kapanlara düşen tohumlar, metrekareye düşen ve hektara düşen tohumlar Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8 Karaçam parsellerinde tohum miktarları

1 Sıra Nolu Parseller	Elle Çapa	Elle Tırmık TTÇk	Rotavatör	Rotavatör	Ekskavatör Kova	Elle Tırmık TTÇk	Elle Tırmık	KONTROL	Rotavatör	Elle Çapa	Ekskavatör Tırmık	Rotavatör
	Parsel 1	**Parsel 2**	**Parsel 3**	**Parsel 4**	**Parsel 5**	**Parsel 6**	**Parsel 7**	**Parsel 8**	**Parsel 9**	**Parsel 10**	**Parsel 11**	**Parsel 12**
Tohumkapana Düşen Tohum	1	4	2	5	3	3	3	44	3	6	1	6
400 m² Parsele Düşen Tohum	4410	17640	8820	22050	13230	13230	13230	194040	13230	26460	4410	26460
1 Ha Düşen Tohum	110250	441000	220500	551250	330750	330750	330750	4851000	330750	661500	110250	661500
2 Sıra Nolu Parseller	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL	KONTROL	Elle Çapa	Elle Çapa	Rotavatör	Rotavatör	Elle Çapa	KONTROL	Ekskavatör Kova	Elle Tırmık
	Parsel 13	**Parsel 14**	**Parsel 15**	**Parsel 16**	**Parsel 17**	**Parsel 18**	**Parsel 19**	**Parsel 20**	**Parsel 21**	**Parsel 22**	**Parsel 23**	**Parsel 24**
Tohumkapana Düşen Tohum	5	1	5	4	3	1	7	2	7	4	5	1
400 m² Parsele Düşen Tohum	22050	4410	22050	17640	13230	4410	30870	8820	30870	17640	22050	4410
1 Ha Düşen Tohum	551250	110250	551250	441000	330750	110250	771750	220500	771750	441000	551250	110250

Tablo 4.8'in devamı

3 Sıra Nolu Parseller	Elle Tırmık	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	Elle Çapa	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL	Ekskavatör Tırmık	Elle Tırmık	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık	KONTROL
	Parsel 25	**Parsel 26**	**Parsel 27**	**Parsel 28**	**Parsel 29**	**Parsel 30**	**Parsel 31**	**Parsel 32**	**Parsel 33**	**Parsel 34**	**Parsel 35**	**Parsel 36**
Tohumkapana Düşen Tohum	4	3	1	8	1	5	2	2	5	4	4	3
400 m² Parsele Düşen Tohum	17640	13230	4410	35280	4410	22050	8820	8820	22050	17640	17640	13230
1 Ha Düşen Tohum	441000	330750	110250	882000	110250	551250	220500	220500	551250	441000	441000	330750

Tohum takviyesinde kullanılan tohumların fiziksel özelliklerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen 1000 dane ağırlığı (TDA) ölçümleri, ISTA (International Seed Testing Association) standartlarına göre yürütülmüştür. Araştırma sahasından (Kastamonu-İhsangazi) elde edilen saf tohum partilerinden tesadüfi olarak seçilen 100 adetlik 8 tekerrürde yapılan ölçümlerde karaçam tohumları için 100 adet ağırlık ortalaması 1,84 g olarak ölçülmüş ve 1000 dane ağırlığı 18,40 g olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 Karaçam tohumlarının 1000 dane ağırlığı

Tekerrür No	**Karaçam (100 Adet Ağırlığı - g)**
1. Tekerrür	1,85
2. Tekerrür	1,82
3. Tekerrür	1,86
4. Tekerrür	1,83
5. Tekerrür	1,84
6. Tekerrür	1,85
7. Tekerrür	1,81
8. Tekerrür	1,86
Toplam (800 adet)	**14,72 g**
Ortalama (100 adet)	**1,84 g**
1000 Dane Ağırlığı	**18,40 g**

Elde edilen 18,40 g (Karaçam) ağırlıkları, tohumların besin rezervlerinin yeterli olduğunu göstermektedir. Bu durum, sahada uygulanacak olan farklı toprak işleme teknikleri (mini ekskavatör, traktör vb.) sonrasında çimlenme başarısının ve fidan gelişiminin tohum kaynağından ziyade uygulanan tekniklerin başarısına bağlı olduğunu kanıtlar niteliktedir.

4.4.2 Sarıçam'da Tohum Verimi Bulguları

Araştırma alanında 42 parsel parselde bulunan tohum kapanlar 1 Mart 2024 tarihinden itibaren takip edilmeye başlanmıştır. 2024 yılı 1 Mart, 15 Mart, 20 Haziran ve 30 Haziran da yapılan kontrollerde tohum kapanlarda tohum tespit edilmemiştir. 2024 yılı 1 Nisan, 14 Nisan, 30 Nisan, 9 Mayıs, 22 Mayıs, 3 Haziran ve 15 Haziran tarihlerinde yapılan kontrollerde tohum kapanlarda tohum olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.10).

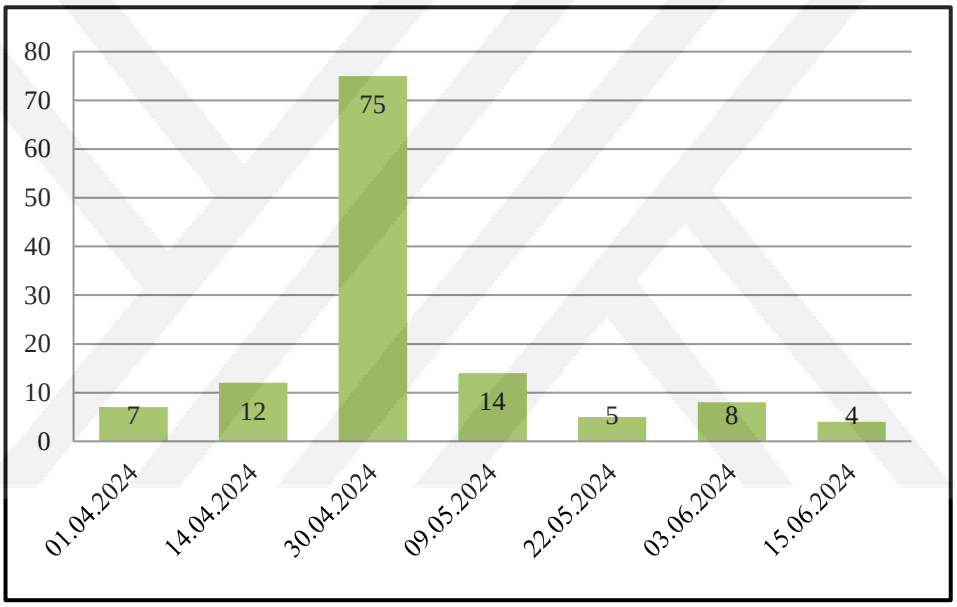
Tohum dökülme zamanlarının zamansal dağılımı incelendiğinde, dökülme yoğunluğunun belirli bir periyotta yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Yapılan fenolojik gözlemler neticesinde, 14-30 Nisan 2024 tarihleri arası, tohum dökülme faaliyetinin en yüksek seviyeye ulaştığı "pik dönemi" olarak kayıt altına alınmıştır. Bu durum, türün generatif başarı potansiyelinin ve gençleştirme çalışmalarında toprak hazırlığının zamanlaması açısından kritik bir veri sunmaktadır.

Tablo 4.10 Sarıçam sahasında uygulanan işlemlere göre parsellerde tohum kapanlarda tespit edilen tohum miktarları

1 Sıra Nolu Parseller		Eksk Tırmık Yatay	Rotavatör TT	Rotavatör	Eksk Kova	Elle Tırmık TT	Elle Tırmık	KONTROL TT	Rotavatör	Elle Çapa	Eksk Tır Dik TT	Rotavatör TT
		Parsel 1	**Parsel 2**	**Parsel 3**	**Parsel 4**	**Parsel 5**	**Parsel 6**	**Parsel 7**	**Parsel 8**	**Parsel 9**	**Parsel 10**	**Parsel 11**
	Tarihler	**Parsel 1-1**	**Parsel 1-2**	**Parsel 1-3**	**Parsel 1-4**	**Parsel 1-5**	**Parsel 1-6**	**Parsel 1-7**	**Parsel 1-8**	**Parsel 1-9**	**Parsel 1-10**	**Parsel 1-11**
1	1.04.2024	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2	14.04.2024	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	30.04.2024	0	1	1	1	4	3	4	1	2	4	6
4	9.05.2024	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	22.05.2024	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	3.06.2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	15.06.2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOPLAM	**4**	**2**	**1**	**2**	**4**	**3**	**4**	**1**	**3**	**4**	**7**
2 Sıra Nolu Parseller		Eksk Tırmık Yat TT	Elle Çapa	KONTROL	Elle Çapa TT	Elle Çapa	Rotavatör TT	Eksk Tırmık Dik TT	Eksk Tırmık Yat TT	KONTROL TT	Eksk Kova TT	Elle Tırmık
		Parsel 12	**Parsel 13**	**Parsel 14**	**Parsel 15**	**Parsel 16**	**Parsel 17**	**Parsel 18**	**Parsel 19**	**Parsel 20**	**Parsel 21**	**Parsel 22**
Tarihler		**Parsel 2-1**	**Parsel 2-2**	**Parsel 2-3**	**Parsel 2-4**	**Parsel 2-5**	**Parsel 2-6**	**Parsel 2-7**	**Parsel 2-8**	**Parsel 2-9**	**Parsel 2-10**	**Parsel 2-11**
1	1.04.2024	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
2	14.04.2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	30.04.2024	0	1	0	1	0	1	2	0	1	1	4
4	9.05.2024	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
5	22.05.2024	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3.06.2024	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
7	15.06.2024	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	TOPLAM	**2**	**3**	**1**	**2**	**1**	**2**	**3**	**1**	**2**	**2**	**5**
3 Sıra Nolu Parseller		Eksk Kova TT	Eksk Tırmık Dik TT	Elle Çapa TT	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık Yat TT	KONTROL	Rotavatör	Elle Tırmık TT	Eksk Kova	Eksk Tırmık Yatay	KONTROL
		Parsel 23	**Parsel 24**	**Parsel 25**	**Parsel 26**	**Parsel 27**	**Parsel 28**	**Parsel 29**	**Parsel 30**	**Parsel 31**	**Parsel 32**	**Parsel 33**
Tarihler		**Parsel 3-1**	**Parsel 3-2**	**Parsel 3-3**	**Parsel 3-4**	**Parsel 3-5**	**Parsel 3-6**	**Parsel 3-7**	**Parsel 3-8**	**Parsel 3-9**	**Parsel 3-10**	**Parsel 3-11**
1	1.04.2024	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	14.04.2024	0	0	1	0	0	7	0	0	0	0	0
3	30.04.2024	0	2	3	2	1	4	0	1	1	2	8
4	9.05.2024	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0
5	22.05.2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3.06.2024	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
7	15.06.2024	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	TOPLAM	**1**	**4**	**4**	**7**	**1**	**11**	**1**	**1**	**1**	**2**	**10**

Tablo 4.10'un devamı

4 Sıra Nolu Parseller		Elle Tırmık TT	KONTROL TT	Eksk Tırmık Dikey	Eksk Tırmık Yatay	Eksk Tırmık Dikey			Elle Çapa TT	Eksk Tırmık Dikey		
		Parsel 34	**Parsel 35**	**Parsel 36**	**Parsel 37**	**Parsel 38**			**Parsel 39**	**Parsel 40**		
Tarihler		**Parsel 4-1**	**Parsel 4-2**	**Parsel 4-3**	**Parsel 4-4**	**Parsel 4-5**	**Parsel 4-6**	**Parsel 4-7**	**Parsel 4-8**	**Parsel 4-9**		
1	1.04.2024	0	0	0	0	0			0	0		
2	14.04.2024	0	0	2	0	0			0	0		
3	30.04.2024	0	2	1	2	2			1	3		
4	9.05.2024	1	0	0	0	0			0	0		
5	22.05.2024	0	0	0	0	0			1	0		
6	3.06.2024	0	0	0	0	0			1	1		
7	15.06.2024	0	0	0	0	0			0	0		
	TOPLAM	**1**	**2**	**3**	**2**	**2**			**3**	**4**		
5 Sıra Nolu Parseller			Eksk Kova	Elle Tırmık								
			Parsel 41	**Parsel 42**								
Tarihler		**Parsel 5-1**	**Parsel 5-2**	**Parsel 5-3**								
1	1.04.2024		1	0								
2	14.04.2024		0	0								
3	30.04.2024		1	1								
4	9.05.2024		0	1								
5	22.05.2024		0	2								
6	3.06.2024		0	0								
7	15.06.2024		0	0								
	TOPLAM	**0**	**2**	**4**								



Şekil 4.5 Sarıçam'da tohum kapanlarda genel olarak tespit edilen tohum miktarları (adet)

Tohum verimliliğini ve birim alana düşen tohum miktarını belirlemek amacıyla kullanılan tohum kapanı verileri analiz edilmiştir. Öreneğin 3 nolu Rotavatör işlemi yapılan deneme parselinde yer alan 0,0907 m² (yaklaşık 1/11 m²) yüzey alanına sahip tohum kapanlarında toplam 1 adet tohum tespit edilmiştir. Metrekareye düşen tohum miktarının (MDT) belirlenmesinde, tohum kapanı alanı ile tespit edilen tohum sayısı arasındaki oran esas alınmıştır. Hesaplamalarda aşağıdaki formülasyon kullanılmıştır.

$$\underline{MDT = (1 / 0{,}0907) \times TS} \qquad (4.2)$$

Burada TS (Toplam Tohum Sayısı) değeri 1 olarak alındığında, metrekare başına düşen ortalama tohum miktarı 11,025 adet/m² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen birim alan verileri, 400 m² büyüklüğündeki 3 nolu deneme parseline projekte edildiğinde, parsel genelinde toprakla buluşan toplam tohum miktarının 4.410 adet olduğu öngörülmektedir. Bu verinin hektar (10.000 m²) bazındaki karşılığı ise (parsel alanının 25 katı oranında genişletilmesiyle) hektar başına 110.250 adet tohum olarak hesaplanmıştır. Çalışma sahasındaki tüm parsellerde tohum kapanlara düşen tohumlar, metrekareye düşen ve hektara düşen tohumlar Tablo 4.11'te gösterilmiştir.

Tablo 4.11 Sarıçam parsellerinde uygulanan işlemlere ait 1 hektarda tespit edilen tohum miktarları (Adet)

1 Sıra Nolu Parseller	Eksk Tırmık Yatay	Rotavatör TT	Rotavatör	Eksk Kova	Elle Tırmık TT	Elle Tırmık	KONTROL TT	Rotavatör	Elle Çapa	Eksk Tır Dik TT	Rotavatör TT
	Parsel 1	**Parsel 2**	**Parsel 3**	**Parsel 4**	**Parsel 5**	**Parsel 6**	**Parsel 7**	**Parsel 8**	**Parsel 9**	**Parsel 10**	**Parsel 11**
	Parsel 1-1	**Parsel 1-2**	**Parsel 1-3**	**Parsel 1-4**	**Parsel 1-5**	**Parsel 1-6**	**Parsel 1-7**	**Parsel 1-8**	**Parsel 1-9**	**Parsel 1-10**	**Parsel 1-11**
Tohumkapana Düşen Tohum	4	2	1	2	4	3	4	1	3	4	7
400 m² Deneme Parseline Düşen Tohum	17640	8820	4410	8820	17640	13230	17640	4410	13230	17640	30870
1 Ha Düşen Tohum	441000	220500	110250	220500	441000	330750	441000	110250	330750	441000	771750
2 Sıra Nolu Parseller	Eksk Tır Yat TT	Elle Çapa	KONTROL	Elle Çapa TT	Elle Çapa	Rotavatör TT	Eksk Tır Dik TT	Eksk Tır Yat TT	KONTROL TT	Eksk Kova TT	Elle Tırmık
	Parsel 12	**Parsel 13**	**Parsel 14**	**Parsel 15**	**Parsel 16**	**Parsel 17**	**Parsel 18**	**Parsel 19**	**Parsel 20**	**Parsel 21**	**Parsel 22**
	Parsel 2-1	**Parsel 2-2**	**Parsel 2-3**	**Parsel 2-4**	**Parsel 2-5**	**Parsel 2-6**	**Parsel 2-7**	**Parsel 2-8**	**Parsel 2-9**	**Parsel 2-10**	**Parsel 2-11**
Tohumkapana Düşen Tohum	2	3	1	2	1	2	3	1	2	2	5
400 m² Deneme Parseline Düşen Tohum	8820	13230	4410	8820	4410	8820	13230	4410	8820	8820	22050
1 Ha Düşen Tohum	220500	330750	110250	220500	110250	220500	330750	110250	220500	220500	551250
3 Sıra Nolu Parseller	Ekskavatör Kova TT	Eksk Tırmık Dikey TT	Elle Çapa TT	Ekskavatör Kova TT	Eksk Tırmık Yatay TT	KONTROL	Rotavatör	Elle Tırmık TT	Ekskavatör Kova	Ekskavatör Tırmık Yatay	KONTROL
	Parsel 23	**Parsel 24**	**Parsel 25**	**Parsel 26**	**Parsel 27**	**Parsel 28**	**Parsel 29**	**Parsel 30**	**Parsel 31**	**Parsel 32**	**Parsel 33**
	Parsel 3-1	**Parsel 3-2**	**Parsel 3-3**	**Parsel 3-4**	**Parsel 3-5**	**Parsel 3-6**	**Parsel 3-7**	**Parsel 3-8**	**Parsel 3-9**	**Parsel 3-10**	**Parsel 3-11**
Tohumkapana Düşen Tohum	1	4	4	7	1	11	1	1	1	2	10
400 m² Deneme Parseline Düşen Tohum	4410	17640	17640	30870	4410	48510	4410	4410	4410	8820	44100
1 Ha Düşen Tohum	110250	441000	441000	771750	110250	1212750	110250	110250	110250	220500	1102500

Tablo 4.11'in devamı

4 Sıra Nolu Parseller	Elle Tırmık TT	KONTROL TT	Eksk Tırmık Dikey	Eksk Tırmık Yatay	Ekskavatör Tır Dikey			Elle Çapa TT	Eksk Tırmık Dikey		
	Parsel 34	**Parsel 35**	**Parsel 36**	**Parsel 37**	**Parsel 38**			**Parsel 39**	**Parsel 40**		
	Parsel 4-1	**Parsel 4-2**	**Parsel 4-3**	**Parsel 4-4**	**Parsel 4-5**	**Parsel 4-6**	**Parsel 4-7**	**Parsel 4-8**	**Parsel 4-9**		
Tohumkapana Düşen Tohum	1	2	3	2	2	1	2	3	4		
400 m² Deneme Parseline Düşen Tohum	4410	8820	13230	8820	8820	4410	8820	13230	17640		
1 Ha Düşen Tohum	110250	220500	330750	220500	220500	110250	220500	330750	441000		
5 Sıra Nolu Parseller		Ekskavatör Kova	Elle Tırmık								
		Parsel 41	**Parsel 42**								
	Parsel 5-1	**Parsel 5-2**	**Parsel 5-3**								
Tohumkapana Düşen Tohum		2	4								
400 m² Deneme Parseline Düşen Tohum		8820	17640								
1 Ha Düşen Tohum		220500	441000								

Tohum takviyesinde kullanılan tohumların fiziksel özelliklerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilen 1000 dane ağırlığı (TDA) ölçümleri, ISTA (International Seed Testing Association) standartlarına göre yürütülmüştür. Araştırma sahasından (Kastamonu-İhsangazi) elde edilen saf tohum partilerinden tesadüfi olarak seçilen 100 adetlik 8 tekerrürde yapılan ölçümlerde Sarıçam tohumları için 100 adet ağırlık ortalaması 0,876 g olarak ölçülmüş ve 1000 dane ağırlığı 8,76 g olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.12).

Tablo 4.12 Sarıçam tohumlarının 1000 dane ağırlığı

Tekerrür No	**Sarıçam (100 Adet Ağırlığı - g)**
1. Tekerrür	0,86
2. Tekerrür	0,89
3. Tekerrür	0,87
4. Tekerrür	0,88
5. Tekerrür	0,87
6. Tekerrür	0,89
7. Tekerrür	0,86
8. Tekerrür	0,89
Toplam (800 adet)	**7,01 g**
Ortalama (100 adet)	**0,876 g**
1000 Dane Ağırlığı	**8,76 g**

Elde edilen 8,76 g (Sarıçam) ağırlıkları, tohumların besin rezervlerinin yeterli olduğunu göstermektedir. Bu durum, sahada uygulanacak olan farklı toprak işleme teknikleri (mini ekskavatör, traktör vb.) sonrasında çimlenme başarısının ve fidan

gelişiminin tohum kaynağından ziyade uygulanan tekniklerin başarısına bağlı olduğunu kanıtlar niteliktedir.

4.5 Gençlik Başarısı Bulguları

4.5.1 Karaçam'da Gençlik Başarısı Bulguları

Uygulanan farklı toprak işleme tekniklerinin gençleştirme başarısı üzerindeki etkilerini izlemek amacıyla, deneme alanındaki 36 parselin tamamında periyodik fidan sayımları gerçekleştirilmiştir. Envanter çalışmaları 2023, 2024 ve 2025 yıllarının ilkbahar (vejetasyon başlangıcı) ve sonbahar (vejetasyon sonu) dönemlerinde tekrarlanarak gençliğin mevsimsel dinamikleri kayıt altına alınmıştır.

Sayımların sistematik ve temsil kabiliyeti yüksek bir yapıda yürütülmesi amacıyla, her bir parseli en iyi şekilde temsil eden bir orta nokta belirlenmiştir. Bu merkez noktanın solunda ve sağında olacak şekilde iki alt örnekleme noktası tesis edilerek, toplamda 72 örnekleme noktasında (36 parsel x 2 nokta) detaylı fidan sayımı yapılmıştır. Bu yöntemle, parsellerdeki gençlik yoğunluğu ve hayatta kalma oranları (yaşama yüzdesi) kantitatif olarak saptanmıştır (Tablo 4.13).

Tablo 4.13 Karaçam parsellerinde 2023-2025 yılları arasında tespit edilen fidan sayıları (Adet)

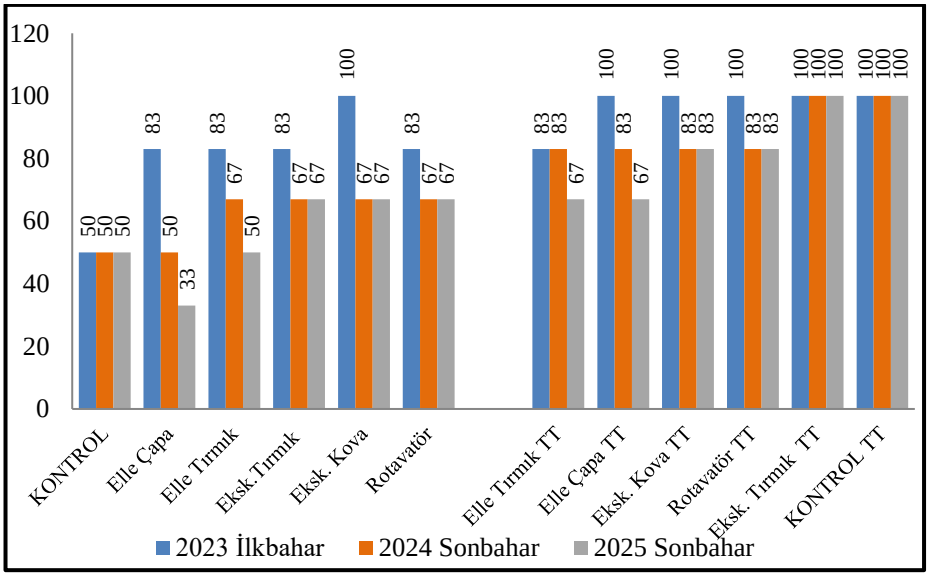
		4.07.2023		**19.10.2023**		**5.06.2024**		**4.10.2024**		**9.07.2025**		**8.11.2025**	
Parsel No	**Uygulanan İşlemler**	**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet))**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**	
1	Elle Çapa	0	2	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1
2	Elle Tırmık TT	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1
3	Rotavatör TT	3	5	3	5	3	5	3	4	3	3	3	3
4	Rotavatör	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Ekskavatör Kova	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
6	Elle Tırmık TT	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
7	Elle Tırmık	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	KONTROL TT	6	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
9	Rotavatör	3	3	2	2	1	2	0	2	0	2	0	2
10	Elle Çapa	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Ekskavatör Tırmık	3	2	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0
12	Rotavatör TT	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Ekskav. Kova	3	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0
14	Ekskavatör Tırmık TT	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	2

Tablo 4.13'ün devamı

		4.07.2023		19.10.2023		5.06.2024		4.10.2024		9.07.2025		8.11.2025	
Parsel No	**Uygulanan İşlemler**	**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet))**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**	
15	KONTROL TT	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
16	KONTROL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Elle Çapa TT	2	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
18	Elle Çapa	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
19	Rotavatör TT	1	4	1	3	0	3	0	3	0	3	0	3
20	Rotavatör	4	0	4	0	2	0	2	0	2	0	2	0
21	Elle Çapa TT	7	1	3	1	3	1	2	1	2	0	2	0
22	KONTROL TT	6	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
23	Eksk. Kova TT	4	3	4	3	3	2	3	2	3	2	2	2
24	Elle Tırmık	2	3	1	3	1	2	1	2	1	2	1	2
25	Elle Tırmık	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
26	Ekskavatör Kova TT	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
27	Eksk. Tırmık	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
28	Elle Çapa TT	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	Ekskavatör Kova TT	3	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
30	Ekskavatör Tırmık TT	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	KONTROL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	Ekskavatör Tırmık	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	Elle Tırmık TT	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0
34	Ekskavatör Kova	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
35	Ekskavatör Tırmık TT	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	KONTROL	3	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0

Karaçam (*Pinus nigra*) çalışma sahasında 2023 yılı ilkbahar döneminde gerçekleştirilen fidan sayımları hem tohum takviyesinin hem de uygulanan toprak işleme yöntemlerinin gençleştirme başarısı üzerinde belirgin farklılıklar yarattığını ortaya koymuştur. Parsel bazlı genel değerlendirmelerde, tohum takviyesi yapılan alanlardaki başarı durumu %95 iken, takviye yapılmayan alanlarda bu oran %75 seviyesinde kalmıştır. Bu bulgular, tohum takviyesinin birim alandaki fidan yoğunluğunu ve yerleşme başarısını doğrudan pozitif yönde etkilediğini kanıtlamaktadır.

Toprak işleme yöntemleri açısından 2023 ilkbahar, 2024 sonbahar ve 2025 sonbahar dönemleri fidan başarısı tespitlerine göre; tohum takviyesi yapılan mekanik işlem gören Ekskavatör Kova-Tırmık ile Rotavatör işlemleri yapılan parsellerinde başarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Öte yandan, tohum takviyesi yapılmayan Kontrol, manuel müdahale edilen Elle çapa ve Elle tırmık işlemleri yapılan parsellerde başarı oranlarının daha düşük seyrettiği tespit edilmiştir (Tablo 4.14; Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre fidan başarısı (%)

Kontrol ve manuel (el ile) müdahalede bulunulan parsellerde gözlenen düşük başarı oranı, toprak işleme faktörü ile ilişkilendirilmektedir. Bu alanlarda toprak işlemenin hiç yapılmaması veya yüzeysel (yetersiz) kalması, tohumların mineral toprakla temasını kısıtlamış ve mevcut diri örtü ile rekabeti fidan aleyhine çevirmiştir. Ekskavatör Kova-Tırmık ile Rotavatör gibi mekanize yöntemlerin ise toprağı daha derin ve homojen işlemesi, tohum yatağının fiziksel özelliklerini iyileştirerek çimlenme ve tutunma başarısını artırmıştır.

2023 yılı ilkbahar periyodu nokta bazlı sayım verilerine göre; tohum takviyesi uygulanmayan parsellerde incelenen noktaların 29'unda fidan tespit edilirken, 7 noktada fidan varlığına rastlanmamıştır. Bu durum, takviye yapılmayan alanlarda %80'lik bir başarı oranına tekabül etmektedir. Buna karşın, tohum takviyesi yapılan parsellerde sadece 1 noktada fidan eksikliği görülmüş, 35 noktada fidan varlığı saptanarak %97 gibi yüksek bir başarı oranına ulaşılmıştır. Sayımların genel ortalaması alındığında, çalışma sahasındaki toplam başarı düzeyi %89 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.14).

Gençleştirme sahasında yapılan izleme çalışmaları, fidan yerleşimi ve hayatta kalma oranlarının zamana bağlı değişimini ortaya koymuştur. 2024 ve 2025 yıllarını kapsayan veriler, tohum takviyesinin fidan varlığı üzerindeki belirleyici rolünü sürdürdüğünü göstermektedir.

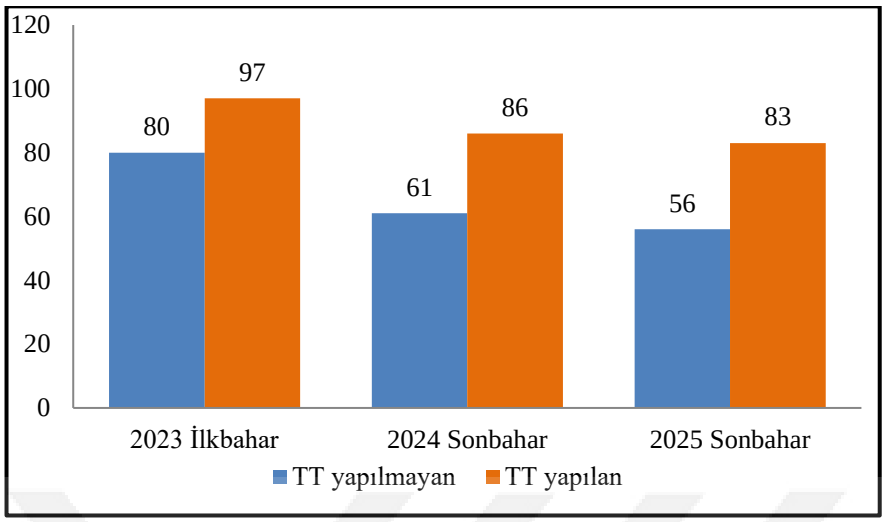
Tablo 4.14 Karaçam'da uygulanan işlemlere ve sayım noktalarına göre elde edilen fidan başarı durumları (%)

Uygulanan İşlemler	Sayım Noktası (adet)	2023 Yılı İlkbahar Fidan			2023 Yılı Sonbahar Fidan			2024 Yılı İlkbahar Fidan			2024 Yılı Sonbahar Fidan			2025 Yılı İlkbahar Fidan			2025 Yılı Sonbahar Fidan		
		Var (adet)	Yok (adet)	Başarı %	Var (adet)	Yok (adet)	Başarı %	Var (adet)	Yok (adet)	Başarı %	Var (adet)	Yok (adet)	Başarı %	Var (adet)	Yok (adet)	Başarı %	Var (adet)	Yok (adet)	Başarı %
KONTROL	6	3	3	50	3	3	50	3	3	50	3	3	50	3	3	50	3	3	50
Elle Çapa	6	5	1	83	3	3	50	3	3	50	3	3	50	2	4	33	2	4	33
Elle Tırmık	6	5	1	83	5	1	83	4	2	67	4	2	67	3	3	50	3	3	50
Eksk Tırmık	6	5	1	83	4	2	67	4	2	67	4	2	67	4	2	67	4	2	67
Eksk Kova	6	6	0	100	5	1	83	4	2	67	4	2	67	4	2	67	4	2	67
Rotavatör	6	5	1	83	5	1	83	5	1	83	4	2	67	4	2	67	4	2	67
		29	**7**	**80**	**25**	**11**	**69**	**23**	**13**	**64**	**22**	**14**	**61**	**20**	**16**	**56**	**20**	**16**	**56**
Elle Tırmık TT	6	5	1	83	5	1	83	5	1	83	5	1	83	5	1	83	4	2	67
Elle Çapa TT	6	6	0	100	6	0	100	5	1	83	5	1	83	4	2	67	4	2	67
Eksk Kova TT	6	6	0	100	5	1	83	5	1	83	5	1	83	5	1	83	5	1	83
Rotavatör TT	6	6	0	100	6	0	100	5	1	83	5	1	83	5	1	83	5	1	83
Eksk Tırmık TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100
KONTROL TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100
		35	**1**	**97**	**34**	**2**	**94**	**31**	**5**	**86**	**31**	**5**	**86**	**31**	**5**	**86**	**30**	**6**	**83**
GENEL		**64**	**8**	**89**	**59**	**13**	**82**	**54**	**18**	**75**	**53**	**19**	**74**	**51**	**21**	**71**	**40**	**22**	**69**

2024 yılı sonbahar sayım sonuçları değerlendirildiğinde; tohum takviyesi uygulanmayan parsellerde incelenen noktaların 22 noktada fidan tespit edilirken, 14 noktada fidan varlığına rastlanmamıştır. Bu durum, takviye yapılmayan alanlarda %61'lik bir başarı oranına tekabül etmektedir. Buna karşın, tohum takviyesi yapılan parsellerde 5 noktada fidan eksikliği görülmüş, 31 noktada fidan varlığı saptanarak %86 gibi yüksek bir başarı oranına ulaşılmıştır (Tablo 4.14).

2025 yılı sonbahar sayımı verileri, fidan varlığındaki azalma eğiliminin devam ettiğini ve iki grup arasındaki farkın korunduğunu kanıtlamaktadır. Tohum takviyesi yapılmayan parsellerde gözlem yapılan noktaların 20 tanesinde fidan mevcudu korunurken, 16 noktada fidan kaybı saptanmıştır. Fidan takviyesi yapılmayan parsellerde fidan mevcudiyeti başarı oranı %56 olarak tespit edilmiştir. Tohum takviyesi yapılan parsellerde fidan bulunan nokta sayısı 30, fidan bulunmayan nokta sayısı ise 6 olarak kaydedilmiştir. Tohum takviyesi yapılan alanlardaki fidan mevcudu başarı oranı ise %83 ile kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

2025 yılı ilkbahar ve sonbahar sayımlarının genel ortalaması alındığında, sahadaki ortalama başarı oranının %70 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14; Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Karaçam'da tohum takviyesi yapılan ve yapılmayan parsellerde yıllara göre elde edilen fidan başarı durumları (%)

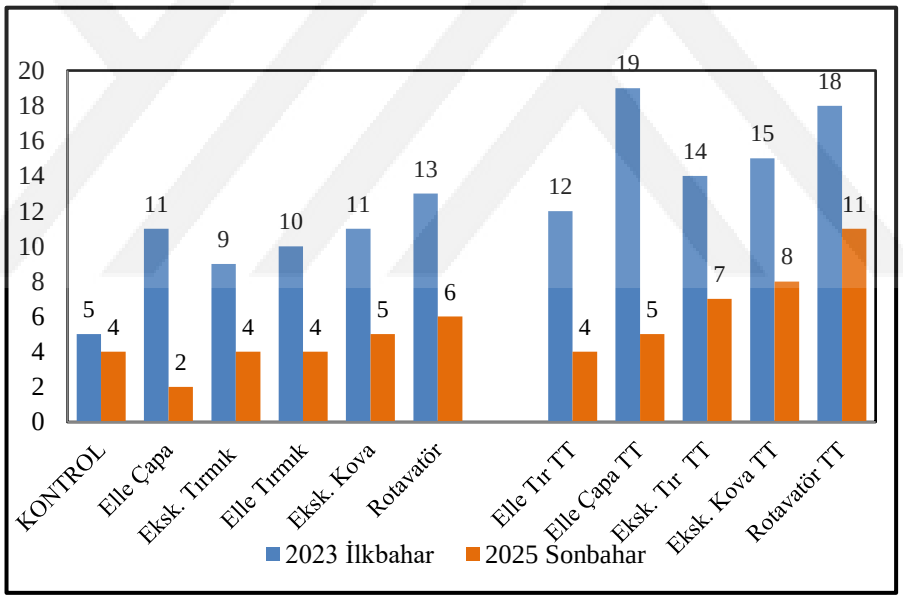
2023, 2024 ve 2025 yıllarını kapsayan izleme çalışmaları sonucunda, tohum takviyesi uygulanan ve uygulanmayan parsellerdeki fidan varlığı karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. 2023 yılı ilkbahar verilerine göre, takviye yapılmayan alanlarda 59 adet fidan tespit edilirken, takviye yapılan alanlarda bu sayı 105 olarak kaydedilmiştir. Takip eden 2024 ve 2025 yıllarında her iki grupta da fidan sayısında bir azalma eğilimi gözlenmekle birlikte; tohum takviyesi yapılan parsellerdeki sonbahar verilerine göre fidan yoğunluğunun (sırasıyla 64 ve 59 adet), takviye yapılmayan alanlara (sırasıyla 27 ve 25 adet) oranla istikrarlı bir şekilde daha yüksek seyrettiği saptanmıştır. Bu bulgular, tohum takviyesi uygulamasının fidan popülasyonu üzerinde pozitif yönlü bir etkisi olduğunu göstermektedir (Tablo 4.15).

2023 ilkbaharı ile 2025 sonbaharı arasındaki fidan adedi değişimleri, arazi hazırlama tekniklerinin etkinliği açısından çarpıcı bulgular sunmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, geleneksel manuel yöntemlerden olan Elle Çapa ve Elle Tırmık işlemleri yapılan parsellerde fidan sayısında kritik düzeyde bir azalma kaydedilmiştir. Özellikle Elle Çapa işlemi yapılan parsellerde fidan sayısının 11'den 2'ye gerilemesi (%82 azalma), bu yöntemin fidan sağkalımını korumada en düşük performansı sergilediğini ortaya koymaktadır. Buna tezat olarak, herhangi bir müdahalenin yapılmadığı Kontrol

parselleri, fidan sayısındaki azalmanın en asgari düzeyde kaldığı (%11-%20) alanlar olarak belirlenmiştir (Tablo 4.15; Şekil 4.8).

Tablo 4.15 Karaçam'da tohum takviyesi yapılan (TT) ve yapılmayan parsellerde uygulanan işlemlere ve yıllara göre elde edilen fidan sayıları (Adet) ve fidan kayıp oranları (%)

Uygulanan İşlemler	**2023 YILI SAYIMI**		**2024 YILI SAYIMI**		**2025 YILI SAYIMI**		**2024-2025 Fidan Kaybı Oranı (%)**
	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	
Elle Çapa	11	3	4	3	2	2	**82%**
Elle Tırmık	10	7	5	5	4	4	**60%**
Ekskavatör Tırmık	9	5	5	4	4	4	**56%**
Ekskavatör Kova	11	7	5	5	5	5	**55%**
Rotavatör	13	11	7	6	6	6	**54%**
KONTROL	5	4	4	4	4	4	**20%**
	59			**27**		**25**	
Elle Çapa TT	19	9	6	6	5	5	**74%**
Elle Tırmık TT	12	9	7	5	5	4	**67%**
Ekskavatör Tırmık TT	14	9	8	8	8	7	**50%**
Ekskavatör Kova TT	15	11	9	9	9	8	**47%**
Rotavatör TT	18	14	13	12	11	11	**39%**
KONTROL TT	27	24	24	24	24	24	**11%**
	105			**64**		**59**	



Şekil 4.8 Karaçam'da 2023 İlkbahar-2025 Sonbaharında uygulanan işlemlere göre elde edilen fidan sayıları (adet)

2025 yılı sonbahar döneminde yapılan fidan sayım sonuçlarına göre, birim alandaki (1 m², 2 m² ve 1 Ha) Karaçam fidan sayıları Tablo 4.16'de sunulmuştur. Tablo 4.15 ve Tablo 4.16'daki veriler incelendiğinde tohum takviyesi yapılmayan parsellerde, 2023 yılı ilkbaharında kontrol parsellerinde (5 adet) uygulanan tüm işlemler arasında en

düşük fidan mevcudiyeti ortaya çıkmıştır. Kontrol parsellerindeki yüksek yabanlaşmanın fidecikleri koruma etkisiyle başlangıçtaki fidan sayısı 2025 yılı sonbaharı itibarıyla değişmemiş (3.333 adet/ha.) buna karşın elle işleme yapılan parsellerde sonbahar yılı itibarıyla fidan sayıları (2 adet) düşmüştür. Makinalı işleme yapılan parsellerde ise 2023 yılı itibarıyla elde edilen fidan sayıları kontrol parsellerine oranla en az 2 kat daha yüksek çıkmış 2025 sonbahar itibarıyla fidan kayıp oranları kontrol parsellerine oranla çok daha yüksek olmasına rağmen Rotevatör ile işlem gören parsellerde kalan fidan mevcudiyeti (5.000 adet/ha.) kontrol parsellerinden daha fazla olmuştur.

Tablo 4.16 Karaçam'da 2025 yılı sonbaharında birim alana düşen fidan sayıları

Uygulanan İşlemler	Sayım Alanı (3X4m²)	Sonbahar Sayımı (adet)	1 m² Düşen Fidan (adet)	2 m² Düşen Fidan (adet)	1 Ha Düşen Fidan (adet)
KONTROL	12	4	0,3333	0,7	3.333
Elle Çapa	12	2	0,1667	0,3	1.667
Eksk Tırmık	12	4	0,3333	0,7	3.333
Elle Tırmık	12	4	0,3333	0,7	3.333
Eksk Kova	12	5	0,4167	0,8	4.167
Rotavatör	12	6	0,5000	**1,0**	5.000
Elle Tırmık TT	12	4	0,3333	0,7	3.333
Elle Çapa TT	12	5	0,4167	0,8	4.167
EkskTırmık TT	12	7	0,5833	**1,2**	5.833
Eksk Kova TT	12	8	0,6667	**1,3**	6.667
Rotavatör TT	12	11	0,9167	**1,8**	9.167
KONTROL TT	12	24	**2,0000**	**4,0**	20.000

Tohum takviyesi yapılan alanlarda ise özellikle tohum takviyesi fidan mevcudiyeti üzerinde çok olumlu bir etkide bulunmuştur. 2023 yılı ilkbaharıyla fidecik mevcudiyeti bakımından en fazla sayım yapılan parsel Kontrol parseli (29 adet) olmuştur. Kontrol parseli uygulanan diğer tüm parsellere göre en az %50 daha fazla fidan sayısına sahip olduğu görülmüştür. 2025 yılı sonbaharı itibarıyla Kontrol parsellerinde yüksek yabanlaşmanın fidanları koruma etkisi devam ederek en düşük fidan kayıp oranına (%11) sahip olarak fidan mevcudiyeti (20.000 adet/ha.) en yüksek parseller olmuştur. Kontrol parsellerindeki fidan varlığına en yakın fidan varlığı, ikinci en az fidan kayıp oranına (%39) sahip, Rotevatör ile işlem yapılan parsellerde (9.167 adet/ha.) görülmüştür.

4.5.2 Sarıçam'da Gençlik Başarısı Bulguları

Sarıçam çalışma sahasında uygulanan silvikültürel işlemlerin ve farklı toprak işleme tekniklerinin gençleştirme başarısı üzerindeki etkilerini kantitatif olarak belirlemek amacıyla, deneme alanında periyodik fidan sayımları gerçekleştirilmiştir. İzleme çalışmaları; 2024 ve 2025 yıllarının ilkbahar (vejetasyon başlangıcı) ve sonbahar (vejetasyon sonu) dönemlerinde tekrarlanarak, gençliğin hayatta kalma oranları kayıt altına alınmıştır.

Sayımların meşcereyi ve deneme parsellerini tam olarak temsil edebilmesi amacıyla sistematik bir örnekleme dizaynı uygulanmıştır. Bu kapsamda, toplam 42 parselin her birinde, parselin genel karakteristiğini yansıtacak bir merkez nokta tayin edilmiştir. Belirlenen bu noktaların sol ve sağ yönlerinde tesis edilen alt örnekleme birimleri vasıtasıyla (2 m² sayım çıtası), toplamda 84 örnekleme noktasında (42 parsel x 2 nokta) detaylı sayımlar yürütülmüştür (Tablo 4.17).

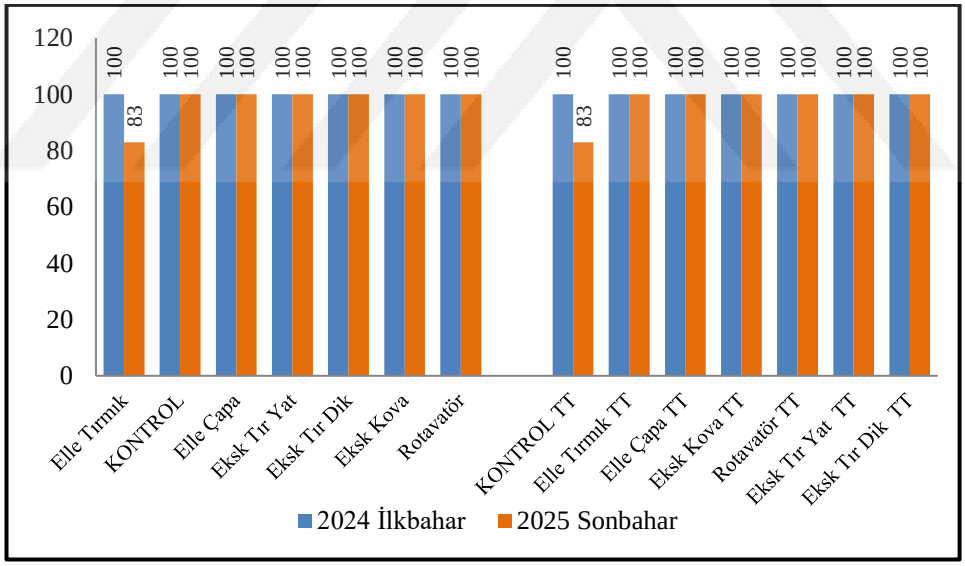
Tablo 4.17 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ve yıllara göre parsellerde elde edilen fidan sayıları (Adet)

			27.06.2024		6.10.2024		10.07.2025		16.11.2025	
Sıra No	**Parsel No**	**Uygulanan İşlemler**	**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**	
1	1-1	Ekskavatör Tır Yatay	23	21	20	20	20	19	20	18
2	1-2	Rotavatör TT	15	19	15	16	15	15	15	14
3	1-3	Rotavatör	25	12	21	12	20	10	17	10
4	1-4	Ekskavatör Kova	24	22	24	18	22	10	20	9
5	1-5	Elle Tırmık TT	33	15	33	12	27	6	26	4
6	1-6	Elle Tırmık	14	12	6	5	6	3	6	3
7	1-7	KONTROL TT	6	4	5	1	1	0	1	0
8	1-8	Rotavatör	45	34	44	34	44	34	44	32
9	1-9	Elle Çapa	14	23	12	23	11	14	11	13
10	1-10	Ekskavatör Tır Dikey TT	26	32	22	25	20	25	20	25
11	1-11	Rotavatör TT	32	20	32	17	17	13	15	13
12	2-1	Ekskavatör Tır Yatay TT	21	13	14	13	14	13	12	13
13	2-2	Elle Çapa	6	4	4	2	1	2	1	2
14	2-3	KONTROL	30	24	21	24	10	17	10	17
15	2-4	Elle Çapa TT	14	17	13	9	5	6	5	3
16	2-5	Elle Çapa	24	20	24	20	21	16	21	16
17	2-6	Rotavatör TT	29	21	29	21	28	21	28	21
18	2-7	Ekskavatör Tır Dikey TT	20	19	20	19	20	19	20	19
19	2-8	Ekskavatör Tır Yatay TT	22	18	10	15	4	12	4	12
20	2-9	KONTROL TT	11	23	11	12	11	12	11	12
21	2-10	Ekskavatör Kova TT	22	32	12	27	11	27	11	27
22	2-11	Elle Tırmık	23	20	22	20	18	3	18	3
23	3-1	Ekskavatör Kova TT	5	13	7	11	5	11	5	6
24	3-2	Ekskavatör Tır Dikey TT	15	20	15	18	13	16	13	16
25	3-3	Elle Çapa TT	23	11	22	9	21	9	21	9

Tablo 4.17'nin devamı

			27.06.2024		6.10.2024		10.07.2025		16.11.2025	
Sıra No	**Parsel No**	**Uygulanan İşlemler**	**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**İlkbahar Fidan Sayıları (Adet)**		**Sonbahar Fidan Sayıları (Adet)**	
26	3-4	Ekskavatör Kova TT	12	18	12	18	11	15	11	15
27	3-5	Ekskavatör Tır Yatay TT	23	17	23	17	15	17	15	17
28	3-6	KONTROL	32	18	30	14	30	10	30	10
29	3-7	Rotavatör	30	17	30	15	24	14	24	14
30	3-8	Elle Tırmık TT	22	11	10	5	8	4	8	4
31	3-9	Ekskavatör Kova	26	45	23	40	22	37	21	36
32	3-10	Ekskavatör Tır Yatay	16	19	16	18	12	18	12	18
33	3-11	KONTROL	17	10	17	10	14	9	14	9
34	4-1	Elle Tırmık TT	10	8	6	5	6	4	6	4
35	4-2	KONTROL TT	2	4	2	4	2	3	2	3
36	4-3	Ekskavatör Tır Dikey	12	18	12	15	10	10	10	9
37	4-4	Ekskavatör Tır Yatay	24	19	23	16	18	16	18	16
38	4-5	Ekskavatör Tır Dikey	9	28	7	25	7	25	7	25
39	4-8	Elle Çapa TT	33	26	21	25	10	22	7	20
40	4-9	Ekskavatör Tır Dikey	6	15	4	14	2	14	2	14
41	5-2	Ekskavatör Kova	14	18	6	16	4	16	4	16
42	5-3	Elle Tırmık	4	5	4	0	2	0	2	0

Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) gençleştirme sahasında 2024 yılı vejetasyon dönemi boyunca gerçekleştirilen periyodik sayımlar, fidan yerleşimi ve hayatta kalma başarısının oldukça yüksek düzeyde seyrettiğini ortaya koymuştur. 2024 yılı verileri, sahanın gençleştirme hedefleri doğrultusunda tam başarıya ulaştığını göstermektedir.



Şekil 4.9 Sarıçam'da 2024 İlkbahar-2025 Sonbaharında uygulanan işlemlere göre elde edilen fidan başarı yüzdeleri (%)

2024 yılı ilkbahar sayım sonuçlarına göre, incelenen toplam 84 örnekleme noktasının tamamında sağlıklı fidan varlığı saptanmıştır. Hiçbir noktada fidan kaybına rastlanmaması, sahanın ilkbahar periyodu itibarıyla %100 gibi mutlak bir başarı

oranına ulaştığını kanıtlamaktadır. Bu durum, tohumların çimlenme başarısının ve erken evre fidan tutunma dinamiklerinin çalışma sahasındaki ekolojik koşullarla tam uyum sağladığının bir göstergesidir (Tablo 4.17; Şekil 4.9).

2025 yılı sonbahar sayım sonuçlarına göre hem tohum takviyesi uygulanan hem de takviye uygulanmayan parsellerde incelenen noktaların 41'inde fidan tespit edilirken, 1 noktada fidan varlığına rastlanmamıştır. Bu durum, alanlarda %98'lik bir başarı oranına tekabül etmektedir. Buna karşın, tohum takviyesi yapılan parsellerde sadece 1 noktada fidan eksikliği görülmüş, 35 noktada fidan varlığı saptanarak %97 gibi yüksek bir başarı oranına ulaşılmıştır. Bu verilere göre 2025 yılı sonbahar başarı yüzdesi %99 olarak hesaplanmıştır. Toprak işleme yöntemleri açısından analiz yapıldığında; mekanizasyon ile toprak işlemeye tabi tutulan tüm parsellerde başarı oranı %100 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ait parsellerdeki sayım noktalarına göre fidan varlığı

Uygulanan İşlemler	Fidan Sayım Noktası (adet)	**2024 Yılı İlkbahar Fidan**			**2024 Yılı Sonbahar Fidan**			**2025 Yılı İlkbahar Fidan**			**2025 Yılı Sonbahar Fidan**			**GENEL Başarı Yüzdesi %**
		VAR (adet)	YOK (adet)	Başarı Yüzdesi %	VAR (adet)	YOK (adet))	Başarı Yüzdesi %	VAR (adet)	YOK (adet)	Başarı Yüzdesi %	VAR (adet)	YOK (adet)	Başarı Yüzdesi %	
Elle Tırmık	6	6	0	100	5	1	83	5	1	83	5	1	83	**88**
KONTROL	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Elle Çapa	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Ekskavatör Tır Yat	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Ekskavatör Tır Dik	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Ekskavatör Kova	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Rotavatör	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
ORTALAMA				**100**			**98**			**98**			**98**	**98**
KONTROL TT	6	6	0	100	6	0	100	5	1	83	5	1	83	**92**
Elle Tırmık TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Elle Çapa TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Ekskavatör Kova TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Rotavatör TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Ekskavatör Tır Yat TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
Ekskavatör Tır Dik TT	6	6	0	100	6	0	100	6	0	100	6	0	100	**100**
ORTALAMA				**100**			**100**			**98**			**98**	**99**
GENEL ORTALAMA				**100**			**99**			**98**			**98**	**99**

Toprak işleme yöntemlerinin gençleştirme başarısı üzerinde belirgin farklılıklar yarattığını ortaya koymuş olduğu, buna karşılık tohum takviyesinin sarıçam sahasında başarı oranında farklılık yaratmadığı gözlemlenmiştir.

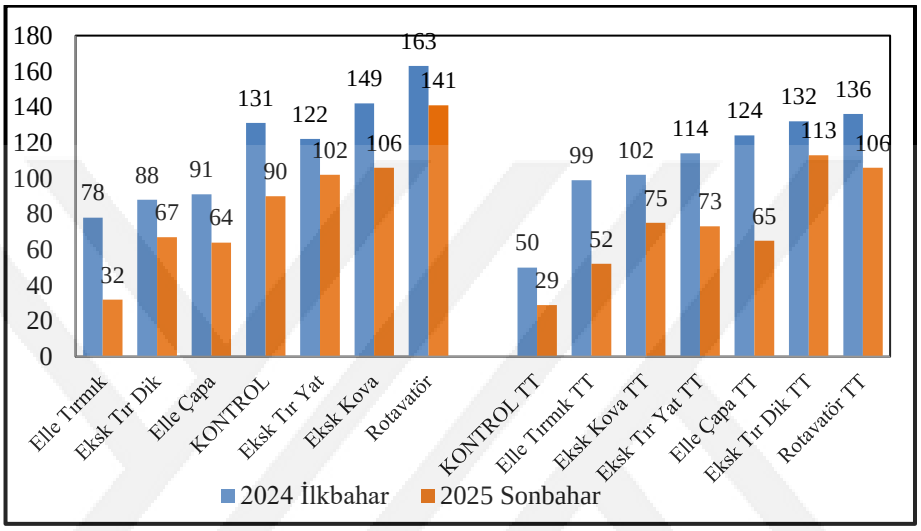
Tohum takviyesi yapılan parsellerde gözlenen bu fidan azlığı, tohum takviyesi ile alana giren yoğun tohum miktarı, çimlenme aşamasında yüksek bir yoğunluk oluşturmuş olabilir. Ancak birim alandaki aşırı yoğunluk; besin maddesi, ışık ve su kaynakları için bireyler arasında şiddetli bir rekabete yol açarak, zayıf bireylerin erken evrede elenmesine neden olmuş olabilir. Yoğun tohum ekimi yapılan alanlarda, tohum ve fide zararlılarının (özellikle damping-off gibi fungus kaynaklı çökerten hastalıklarının) daha hızlı yayılım gösterdiği bilinmektedir. Tohum yoğunluğunun patojen baskısını artırması, fidan sayısının kontrol grubunun altına düşmesinde belirleyici bir faktör olabilir. Yoğun tohum birikiminin veya çürüyen tohumların oluşturduğu biyokimyasal salgıların (allelopati), ortamdaki çimlenme başarısını veya fidan sağlığını olumsuz etkilemiş olma ihtimali yüksektir.

Sonuç olarak araştırma sahasında tohum takviyesi uygulamasının, fidan sayısını artırmanın aksine, muhtemelen yoğunluğa bağlı biyotik ve abiyotik stres faktörlerini tetikleyerek fidan başarısını sınırladığı düşünülmektedir.

Tablo 4.19 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ait parsellerdeki fidan varlığının 2024 İlkbahar-2025 Sonbahar dönemleri arasındaki değişimleri

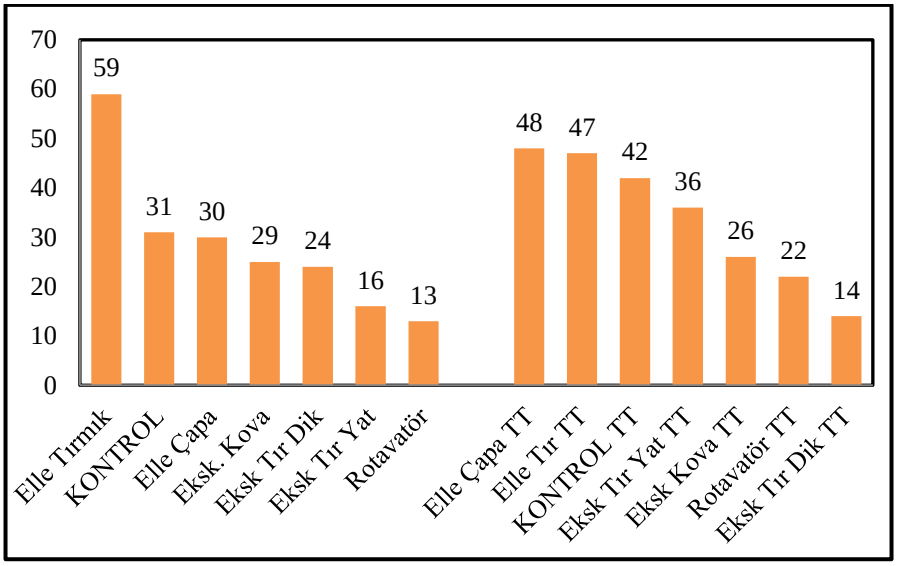
Uygulanan İşlemler	**2024 YILI SAYIMI**		**2025 YILI SAYIMI**		**2024 İlkb 2025 Sonb Düşüş Oranı (%)**
	İlkbahar	Sonbahar	İlkbahar	Sonbahar	
Elle Tırmık	78	57	32	32	**-59%**
KONTROL	131	116	90	90	**-31%**
Elle Çapa	91	85	65	64	**-30%**
Ekskavatör Kova	149	127	111	106	**-29%**
Eksk Tır Dikey	88	77	68	67	**-24%**
Eksk Tır Yatay	122	113	103	102	**-16%**
Rotavatör	163	156	146	141	**-13%**
TOPLAM	**822**			**602**	**-29%**
Elle Çapa TT	124	99	73	65	**-48%**
Elle Tırmık TT	99	71	55	52	**-47%**
KONTROL TT	50	35	29	29	**-42%**
Eksk Tır Yatay TT	114	92	75	73	**-36%**
Eksk Kova TT	102	87	80	75	**-26%**
Rotavatör TT	136	130	109	106	**-22%**
Eksk Tır Dikey TT	132	119	113	113	**-14%**
TOPLAM	**757**			**513**	**-34%**

2024-2025 vejetasyon dönemlerini kapsayan fidan sayım verileri, gençleştirme sahasındaki fidan varlığında zamana bağlı bir azalma eğiliminin devam ettiğini ortaya koymuştur. Bu azalma oranı, parsellerde uygulanan toprak işleme yöntemlerine göre belirgin farklılıklar sergilemektedir. Yapılan karşılaştırmalı analizlerde; tohum takviyesi yapılan ve yapılmayan parsellerin genelinde, toprak işleme müdahalesi görmeyen kontrol parselleri ile manuel yöntemlerin uygulandığı elle çapa ve elle tırmık işlemleri yapılan parsellerindeki fidan kaybının, makinalı toprak işleme yapılan parsellere oranla çok daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 4.19; Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Sarıçam'da uygulanan işlemlere ait fidan varlıklarının (adet) 2024 İlkbahar ve 2025 Sonbahar dönemleri arasındaki değişimleri

2024 ilkbaharı ile 2025 sonbaharı arasındaki fidan adedi değişimleri, arazi hazırlama tekniklerinin zamana bağlı etkinliği açısından çarpıcı bulgular sunmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, geleneksel manuel yöntemlerden olan Elle Çapa ve Elle Tırmık işlemleri uygulanan parseller ile işlem görmeyen Kontrol parsellerinde fidan sayısında kritik düzeyde bir azalma kaydedilmiştir. Özellikle Elle Tırmık işlemi yapılan parsellerde fidan sayısının 78'den 32'ye gerilemesi (%59 azalma), bu tekniğin vejetasyon rekabetinin yoğun olduğu evrede fidan sağkalımını korumada en düşük performansı sergilediğini ortaya koymaktadır. Buna karşın, toprağı daha derinlemesine işleyen Rotavatör (%13) ve Ekskavatör Tır Dikey TT (%14) uygulamaları ile toprak işlemesi yapılan parsellerde fidan sayısındaki azalmanın en asgari düzeyde kaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.19; Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Sarıçam'da 2024 İlkbahar-2025 Sonbahar dönemi fidan varlığı azalma oranları (%)

Manuel yöntemlerin ve kontrol grubunun makinalı tekniklerin gerisinde kalmasının sebebi olarak, kontrol ve manuel işlem gören parsellerde diri örtü baskısı tam olarak kırılamadığı için genç fidanların su, ışık ve besin maddesi rekabetinde yenik düşerek elendiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak elde edilen veriler, başarılı bir gençleştirme süreci için toprak işlemenin kritikliğini bir kez daha kanıtlamıştır. Makinalı yöntemlerle oluşturulan ideal tohum yatakları, fidanların ekstrem iklim koşullarına karşı direncini artırmıştır. Makinalı toprak hazırlığının, fidan kayıplarını asgari düzeye indirerek meşcere kuruluşunu güvence altına almada manuel yöntemlere göre çok daha etkin bir teknik olduğu gözlemlenmiştir.

2025 yılı sonbahar döneminde gerçekleştirilen fidan sayımları neticesinde, Sarıçam sahalarında birim alanda (1 m², 2 m² ve 1 Ha) fidan miktarları Tablo 4.20'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Tablo veriler incelendiğinde, genel olarak en başarılı sonuç tohum takviyesi yapılmayan alanlarda 117.500 adet/ha ile Rotavatör ile toprak işlemesi yapılan parsellerde elde edilmiştir. Bu değeri takip eden en iyi sonuçlar, Ekskavator Kova ile toprak işlemesi yapılan parsellerde (88.333 adet/ha.) ve Ekskavator Tırmık Yatay ile toprak işlemesi yapılan parsellerde (85.000 adet/ha.) olarak elde edilmiştir.

Tablo 4.20 Sarıçam'da uygulanan işlemlere göre tohum takviyeli ve takviyesiz parsellerdeki birim alanlardaki fidan sayıları (adet)

2025 Yılı Sonbahar Verileri	Sayım Alanı (m^2) (3 tekerrürX $4m^2$)	Sonbahar Sayımı (adet)	1 m^2 Düşen Fidan (adet)	2 m^2 Düşen Fidan (adet)	1 Ha Düşen Fidan (adet)
Elle Tırmık	12	32	**2,6667**	**5,3**	26.667
KONTROL	12	90	**7,5000**	**15,0**	75.000
Elle Çapa	12	64	**5,3333**	**10,7**	53.333
Ekskavatör Kova	12	106	**8,8333**	**17,7**	88.333
Eksk Tır Dikey	12	67	**5,5833**	**11,2**	55.833
Eksk Tır Yatay	12	102	**8,5000**	**17,0**	85.000
Rotavatör	12	141	**11,7500**	**23,5**	117.500
Elle Çapa TT	12	65	**5,4167**	**10,8**	54.167
Elle Tırmık TT	12	52	**4,3333**	**8,7**	43.333
KONTROL TT	12	29	**2,4167**	**4,8**	24.167
Eksk Tır Yatay TT	12	73	**6,0833**	**12,2**	60.833
Eksk Kova TT	12	75	**6,2500**	**12,5**	62.500
Rotavatör TT	12	106	**8,8333**	**17,7**	88.333
Eksk Tır Dikey TT	12	113	**9,4167**	**18,8**	94.167

Tohum takviyesi yapılan parsellerde ise en iyi sonuçlar sırasıyla Ekskavator Tırmık Dikey ile toprak işlemesi yapılan parsellerde (94.167 adet/ha.) ve Rotevatör ile toprak işlemesi yapılan parsellerde (88.333 adet/ha) elde edilmiştir. Buna karşılık, denemedeki en düşük fidan mevcudiyeti 24.167 adet/ha tohum takviyesi yapılan Kontrol parselinde ve tohum takviyesi yapılmayan Elle Tırmık işlemi uygulanan parsellerde 26.667 adet/ha olarak bulunmuştur. Sarıçam gençleştirme alanlarında elde edilen bu bulgular; toprağın rotavatör veya ekskavatör aparatları ile işlenerek mineral toprağın açığa çıkarılmasının, tohum yatağı kalitesini artırarak çimlenme ve fidan tutma başarısını doğrudan ve pozitif yönde etkilediğini göstermektedir (Tablo 4.20).

4.6 Yabanlaşma Durumu Bulguları

4.6.1 Karaçam'da Yabanlaşma Durumu Bulguları

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) çalışma sahasında, vejetasyon periyodu dinamiklerini izlemek amacıyla 2023 yılı ilkbahar döneminden itibaren 2023, 2024 ve 2025 yıllarını kapsayan periyodik sayımlar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, her yılın ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde olmak üzere toplam 36 deneme parselinde sörvey çalışmaları

yapılmıştır. Parsel temsil düzeyini artırmak amacıyla, her parselde parseli en iyi temsil eden noktanın sol ve sağında ikişer adet olmak üzere toplam 72 gözlem noktasında yabanlaşma (diri örtü istilası) durum tespiti gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.12; Tablo 4.21).

Tablo 4.21 Karaçam parsellerinde yabanlaşma durumu (%)

Parsel No	İşlem	4.07.2023			19.10.2023			5.06.2024			4.10.2024			9.07.2025			8.11.2025		
		Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT
1	Elle Çapa	80	30	**55**	40	15	**27,5**	50	55	**52,5**	75	65	**70**	70	50	**60**	80	60	**70**
2	Elle Tır TT	30	10	**20**	20	0	**10**	40	50	**45**	70	35	**52,5**	50	40	**45**	80	10	**45**
3	Rotavatör TT	10	10	**10**	5	10	**7,5**	40	45	**42,5**	85	90	**87,5**	40	40	**40**	60	50	**55**
4	Rotavatör	10	5	**7,5**	5	5	**5**	35	40	**37,5**	35	55	**45**	40	50	**45**	20	40	**30**
5	Eksk. Kova	15	10	**12,5**	5	0	**2,5**	15	20	**17,5**	15	20	**17,5**	15	20	**17,5**	10	10	**10**
6	Elle Tır TT	25	15	**20**	5	10	**7,5**	30	30	**30**	20	35	**27,5**	20	30	**25**	15	30	**22,5**
7	Elle Tırmık	10	15	**12,5**	5	5	**5**	20	20	**20**	15	20	**17,5**	15	20	**17,5**	10	15	**12,5**
8	KONT. TT	10	10	**10**	10	10	**10**	40	50	**45**	40	50	**45**	50	50	**50**	30	20	**25**
9	Rotavatör	25	15	**20**	20	10	**15**	55	60	**57,5**	70	60	**65**	60	50	**55**	70	80	**75**
10	Elle Çapa	20	10	**15**	5	0	**2,5**	15	20	**17,5**	20	30	**25**	30	30	**30**	5	10	**7,5**
11	Eksk.Tırmık	20	10	**15**	4	3	**3,5**	10	15	**12,5**	10	5	**7,5**	15	15	**15**	10	5	**7,5**
12	Rotavatör TT	10	10	**10**	5	5	**5**	40	60	**50**	70	60	**65**	40	50	**45**	15	20	**17,5**
13	Eksk. Kova	10	10	**10**	5	10	**7,5**	35	40	**37,5**	15	25	**20**	35	25	**30**	10	30	**20**
14	EkskTır.TT	10	10	**10**	5	10	**7,5**	30	35	**32,5**	10	5	**7,5**	20	25	**22,5**	10	10	**10**
15	KONT. TT	80	85	**82,5**	60	70	**65**	70	80	**75**	95	90	**92,5**	80	80	**80**	60	70	**65**
16	KONTROL	30	40	**35**	15	25	**20**	35	40	**37,5**	20	25	**22,5**	30	35	**32,5**	40	40	**40**
17	Elle Çapa TT	20	10	**15**	10	15	**12,5**	25	30	**27,5**	20	40	**30**	25	30	**27,5**	30	30	**30**
18	Elle Çapa	10	10	**10**	5	5	**5**	30	35	**32,5**	30	45	**37,5**	20	25	**22,5**	30	30	**30**
19	Rotavatör TT	5	10	**7,5**	15	10	**12,5**	20	30	**25**	70	85	**77,5**	30	30	**30**	60	70	**65**
20	Rotavatör	15	10	**12,5**	10	10	**10**	20	30	**25**	55	60	**57,5**	20	30	**25**	40	30	**35**
21	Elle Çapa TT	15	15	**15**	20	10	**15**	20	20	**20**	10	20	**15**	30	20	**25**	20	30	**25**
22	KONT. TT	25	15	**20**	20	20	**20**	30	30	**30**	20	20	**20**	25	30	**27,5**	20	30	**25**
23	Eksk. Kova TT	15	5	**10**	10	10	**10**	25	25	**25**	15	20	**17,5**	20	25	**22,5**	15	20	**17,5**
24	Elle Tırmık	20	10	**15**	20	10	**15**	30	40	**35**	30	40	**35**	40	40	**40**	40	50	**45**
25	Elle Tırmık	20	20	**20**	20	30	**25**	50	60	**55**	30	20	**25**	30	35	**32,5**	20	20	**20**
26	Eksk Kova TT	5	15	**10**	10	15	**12,5**	25	30	**27,5**	30	30	**30**	30	30	**30**	10	15	**12,5**
27	Eksk.Tırmık	5	5	**5**	5	5	**5**	10	15	**12,5**	10	10	**10**	15	20	**17,5**	10	15	**12,5**
28	Elle Çapa TT	15	10	**12,5**	10	10	**10**	20	30	**25**	20	20	**20**	15	15	**15**	10	20	**15**
29	Ekskavatör Kova TT	20	15	**17,5**	5	10	**7,5**	15	10	**12,5**	15	10	**12,5**	10	20	**15**	10	10	**10**
30	Ekskavatör Tır.TT	15	5	**10**	10	10	**10**	20	20	**20**	20	20	**20**	20	30	**25**	15	10	**12,5**
31	KONTROL	60	50	**55**	30	40	**35**	60	50	**55**	70	60	**65**	60	50	**55**	60	70	**65**
32	Eksk.Tırmık	10	5	**7,5**	5	10	**7,5**	20	30	**25**	15	40	**27,5**	30	30	**30**	30	50	**40**
33	Elle Tırmık TT	20	10	**15**	10	10	**10**	15	20	**17,5**	20	20	**20**	20	30	**25**	30	25	**27,5**
34	Eksk. Kova	10	10	**10**	5	10	**7,5**	10	20	**15**	10	10	**10**	10	20	**15**	20	30	**25**
35	Ekskavatör Tırmık TT	20	10	**15**	5	5	**5**	10	20	**15**	15	30	**22,5**	20	20	**20**	40	20	**30**
36	KONTROL	25	15	**20**	5	5	**5**	30	40	**35**	30	10	**20**	30	35	**32,5**	30	40	**35**



Şekil 4.12 Karaçam’da 19.10.2023 tarihli yabanlaşma tespiti (12 nolu rotavatör parseli)

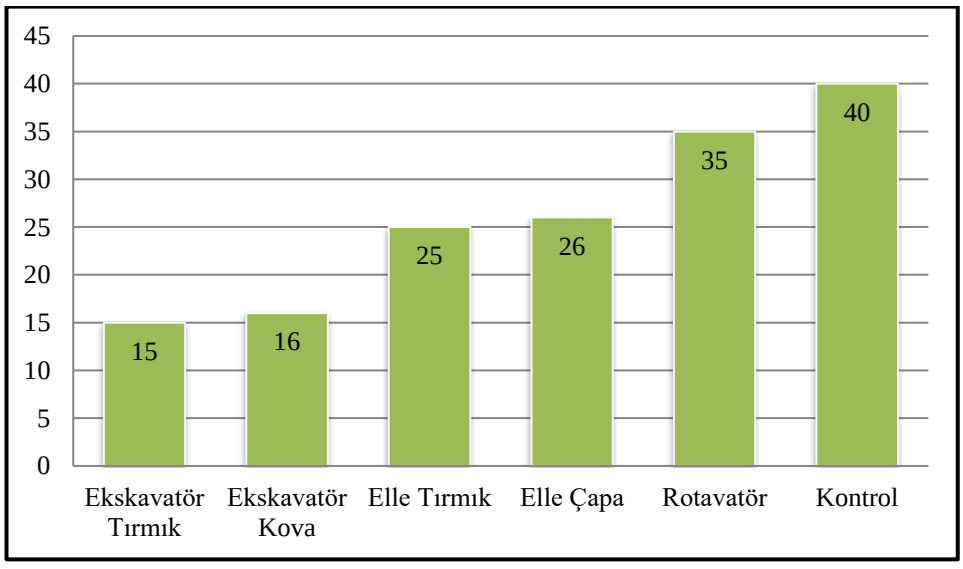


Şekil 4.13 Karaçam’da 09.07.2025 tarihli yabanlaşma tespiti (12 nolu rotavatör parseli)

Tablo 4.22 Karaçam parsellerinde 2023-2025 yılları arasında yabanlaşma oranları (%)

İşlemler	2023 İlkbahar Ortalama	2023 Sonbahar Ortalama	**2023 Ortalama**	2024 İlkbahar Ortalama	2024 Sonbahar Ortalama	**2024 Ortalama**	2025 İlkbahar Ortalama	2025 Sonbahar Ortalama	**2025 Ortalama**	**Genel Ortalama**
Ekskavatör Tırmık	10,4	6,4	**8,4**	19,6	15,8	**17,7**	21,7	18,8	**20,3**	**15**
Ekskavatör Kova	11,7	7,9	**9,8**	22,5	17,9	**20,2**	21,7	15,8	**18,8**	**16**
Elle Tırmık	17,1	12,1	**14,6**	33,8	29,6	**31,7**	30,8	28,8	**29,8**	**25**
Elle Çapa	20,4	12,1	**16,3**	29,2	32,9	**31,1**	30,0	29,6	**29,8**	**26**
Rotavatör	11,3	9,2	**10,2**	39,6	66,3	**53,0**	40,0	46,3	**43,2**	**35**
Kontrol	37,1	25,8	**31,5**	46,3	44,2	**45,3**	46,3	42,5	**44,4**	**40**

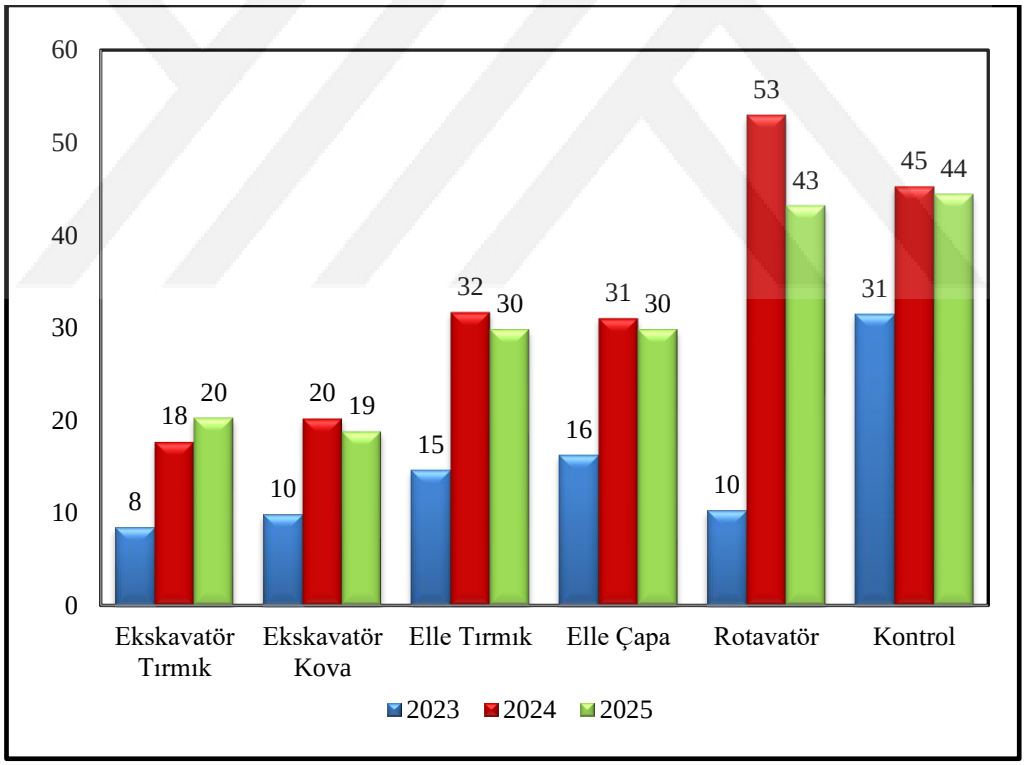
Üç yıllık izleme süreci sonunda elde edilen veriler, farklı saha hazırlığı tekniklerinin yabanlaşma yoğunluğu üzerinde belirgin farklılıklar yarattığını ortaya koymuştur. Herhangi bir müdahalenin yapılmadığı kontrol parsellerinde yabanlaşma yoğunluğunun en yüksek seviyeye ulaştığı (%40) saptanmıştır. Bu durum, saha hazırlığı yapılmayan alanlarda mevcut diri örtünün yeni jenerasyon fidan gelişimi üzerinde baskın bir rekabet unsuru oluşturduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, en düşük yabanlaşma oranı (%15) ekskavatör tırmık ile toprak işlemesi yapılan parsellerde kaydedilmiştir. Mekanize saha hazırlığının, diri örtüyü kök seviyesinde bertaraf etmede ve mineral toprağı açığa çıkarmada daha etkin bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler irdelendiğinde, toprak işleme yapılan parseller arasında vejetasyon baskısının en yüksek olduğu alanlar, %35'lik yabanlaşma oranı ile rotavatör ile toprak işlemesi yapılan parseller olarak saptanmıştır (Tablo 4.22; Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre yabanlaşma durumu (%)

2023-2025 yıllarını kapsayan izleme süreci sonunda, farklı saha hazırlığı yöntemlerinin diri örtü (yabanlaşma) artış hızı üzerindeki etkileri nicel olarak saptanmıştır. Yapılan analizlerde, vejetasyon baskısının en agresif artış gösterdiği alanların rotavatör uygulaması yapılan parseller olduğu, kontrol parsellerinde ise bu artışın nispeten daha sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.

Rotavatör ile toprak işlemesi yapılan parsellerde 2023 yılı ilkbaharında %11,3 olan yabanlaşma oranı, 2025 yılı sonunda %46,3 seviyesine ulaşarak yaklaşık %310 oranında bir artış kaydetmiştir. Bu dikkate değer artışın temel nedeni, rotavatörün toprağı yaklaşık 15 cm derinlikte parçalayarak işlemesidir. Söz konusu mekanize işlem, toprak profilindeki mineral tabakayı açığa çıkarırken aynı zamanda mevcut diri örtü türlerinin rizom, yumru ve kök parçalarını parçalayarak geniş bir alana yayılmasına zemin hazırlamıştır. Parçalanan bu bitkisel kısımların, işlenmiş ve havalandırılmış gevşek toprak yapısı içerisinde daha hızlı kolonize olması, yabanlaşma ivmesini radikal bir şekilde artırmıştır (Tablo 4.22; Şekil 4.15).

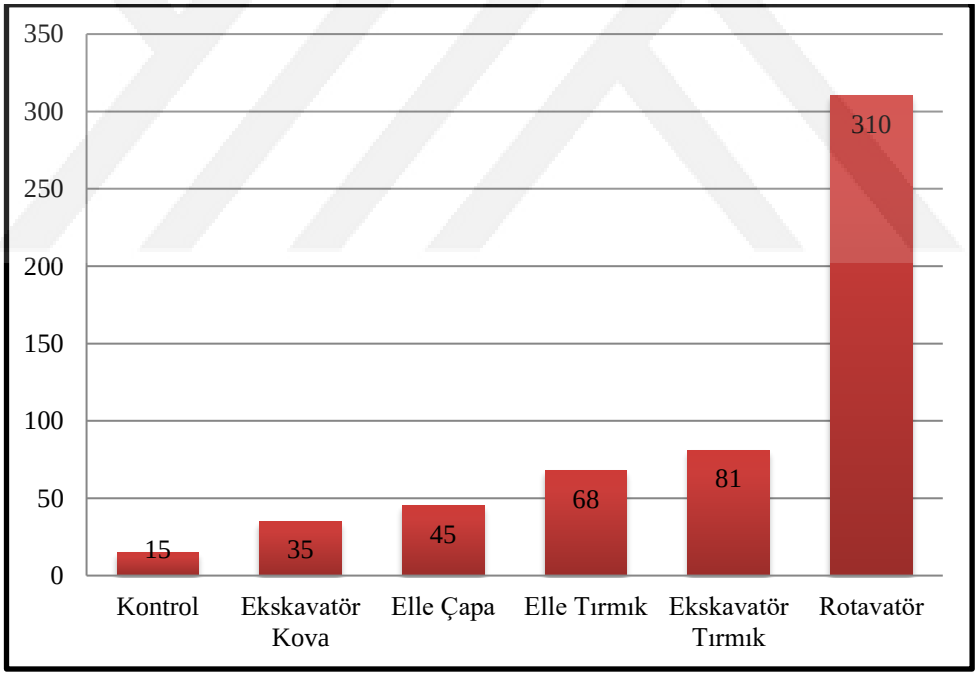


Şekil 4.15 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre 2023, 2024 ve 2025 yılları yabanlaşma durumların (%) karşılaştırılması

Tablo 4.23 Karaçam parsellerinde yabanlaşma artış yüzdesi

İşlemler	2023 İlkbahar Ortalama	2023 Sonbahar Ortalama	**2023 Ortalama**	2024 İlkbahar Ortalama	2024 Sonbahar Ortalama	**2024 Ortalama**	2025 İlkbahar Ortalama	2025 Sonbahar Ortalama	**2025 Ortalama**	**Artış Oranı (%)**
Kontrol	37,1	25,8	**31,5**	46,3	44,2	**45,3**	46,3	42,5	**44,4**	**15**
Ekskavatör Kova	11,7	7,9	**9,8**	22,5	17,9	**20,2**	21,7	15,8	**18,8**	**35**
Elle Çapa	20,4	12,1	**16,3**	29,2	32,9	**31,1**	30,0	29,6	**29,8**	**45**
Elle Tırmık	17,1	12,1	**14,6**	33,8	29,6	**31,7**	30,8	28,8	**29,8**	**68**
Ekskavatör Tırmık	10,4	6,4	**8,4**	19,6	15,8	**17,7**	21,7	18,8	**20,3**	**81**
Rotavatör	11,3	9,2	**10,2**	39,6	66,3	**53,0**	40,0	46,3	**43,2**	**310**

Buna karşın, herhangi bir müdahalenin yapılmadığı kontrol parsellerinde yabanlaşma oranı %37,1'den %42,5'e yükselmiş; artış oranı yaklaşık %15 düzeyinde kalarak rotavatör sahasına kıyasla çok daha düşük bir hız seyretmiştir. Kontrol parsellerindeki başlangıç yoğunluğunun yüksek olması, mevcut vejetasyonun alanı halihazırda domine etmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak toprak işlemesi yapılmadığı için yeni bireylerin yerleşebileceği çıplak mineral toprak miktarının azlığı, bu parsellerdeki artış hızını sınırlayan temel faktör olarak değerlendirilmektedir (Tablo 4.23; Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Karaçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre 2023-2025 yıllarına ait yabanlaşma artış oranları (%)

4.6.2 Sarıçam'da Yabanlaşma Durumu Bulguları

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) çalışma sahasında, vejetasyon periyodu dinamiklerini izlemek amacıyla 2024 yılı ilkbahar döneminden itibaren 2024 ve 2025 yıllarını kapsayan periyodik sayımlar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, her yılın ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde olmak üzere toplam 42 deneme parselinde sörvey çalışmaları yapılmıştır. Parsel temsil düzeyini artırmak amacıyla, her parselde parseli en iyi temsil eden noktanın sol ve sağında ikişer adet olmak üzere toplam 84 gözlem noktasında yabanlaşma (diri örtü istilası) durum tespiti gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.17; Tablo 4.24).

Tablo 4.24 Sarıçam parsellerinde yabanlaşma durumu (%)

	Parsel No	İşlem	27.06.2024			5.10.2024			10.07.2025			16.11.2025		
			Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT
1	1-1	Ekskavatör Tırmık Yatay	15	15	**15**	15	10	**12,5**	25	40	**32,5**	15	20	**17,5**
2	1-2	Rotavatör TT	10	10	**10**	50	80	**65**	85	90	**87,5**	60	70	**65**
3	1-3	Rotavatör	10	10	**10**	25	10	**17,5**	50	20	**35**	60	20	**40**
4	1-4	Eksk. Kova	10	10	**10**	25	10	**17,5**	30	20	**25**	50	20	**35**
5	1-5	Elle Tırmık TT	15	10	**12,5**	35	45	**40**	35	35	**35**	45	70	**57,5**
6	1-6	Elle Tırmık	35	20	**27,5**	15	30	**22,5**	30	30	**30**	20	20	**20**
7	1-7	KONTROL TT	25	25	**25**	30	20	**25**	70	80	**75**	50	80	**65**
8	1-8	Rotavatör	15	15	**15**	60	60	**60**	60	70	**65**	80	80	**80**
9	1-9	Elle Çapa	20	30	**25**	45	40	**42,5**	30	30	**30**	30	70	**50**
10	1-10	Ekskavatör Tır Dikey TT	10	10	**10**	20	20	**20**	30	30	**30**	30	20	**25**
11	1-11	Rotavatör TT	20	25	**22,5**	50	45	**47,5**	30	30	**30**	50	60	**55**
12	2-1	Ekskavatör Tır Yatay TT	5	10	**7,5**	10	5	**7,5**	15	20	**17,5**	50	10	**30**
13	2-2	Elle Çapa	25	30	**27,5**	55	40	**47,5**	60	50	**55**	70	60	**65**
14	2-3	KONTROL	10	20	**15**	15	30	**22,5**	30	40	**35**	30	40	**35**
15	2-4	Elle Çapa TT	40	35	**37,5**	70	65	**67,5**	70	70	**70**	80	90	**85**
16	2-5	Elle Çapa	40	40	**40**	50	50	**50**	75	70	**72,5**	65	75	**70**
17	2-6	Rotavatör TT	10	25	**17,5**	45	55	**50**	50	60	**55**	80	70	**75**
18	2-7	Ekskavatör Tır Dikey TT	40	35	**37,5**	70	70	**70**	40	40	**40**	70	80	**75**
19	2-8	Ekskavatör Tır Yatay TT	30	50	**40**	40	50	**45**	35	30	**32,5**	60	50	**55**
20	2-9	KONTROL TT	20	25	**22,5**	30	35	**32,5**	40	40	**40**	50	50	**50**
21	2-10	Eksk. Kova TT	20	30	**25**	15	25	**20**	30	25	**27,5**	20	30	**25**
22	2-11	Elle Tırmık	40	30	**35**	50	45	**47,5**	35	40	**37,5**	30	40	**35**
23	3-1	Eksk. Kova TT	10	10	**10**	30	30	**30**	30	30	**30**	50	60	**55**
24	3-2	Ekskavatör Tır Dikey TT	10	10	**10**	15	15	**15**	20	20	**20**	20	20	**20**
25	3-3	Elle Çapa TT	15	15	**15**	15	20	**17,5**	35	40	**37,5**	40	30	**35**
26	3-4	Eksk. Kova TT	10	20	**15**	20	25	**22,5**	30	35	**32,5**	25	45	**35**
27	3-5	Ekskavatör Tır Yatay TT	15	20	**17,5**	35	30	**32,5**	35	40	**37,5**	40	50	**45**
28	3-6	KONTROL	25	30	**27,5**	70	70	**70**	80	80	**80**	80	80	**80**
29	3-7	Rotavatör	10	20	**15**	40	45	**42,5**	65	60	**62,5**	50	60	**55**
30	3-8	Elle Tırmık TT	20	15	**17,5**	30	20	**25**	40	40	**40**	20	30	**25**
31	3-9	Eksk. Kova	10	10	**10**	35	30	**32,5**	35	30	**32,5**	50	20	**35**
32	3-10	Ekskavatör Tırmık Yatay	10	20	**15**	30	40	**35**	40	30	**35**	50	20	**35**
33	3-11	KONTROL	35	20	**27,5**	35	30	**32,5**	50	50	**50**	35	25	**30**

Tablo 4.24'ün devamı

	Parsel No	İşlem	27.06.2024			5.10.2024			10.07.2025			16.11.2025		
			Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT	Yabanlaşma (%)		ORT
34	4-1	Elle Tırmık TT	10	10	**10**	20	5	**12,5**	40	30	**35**	30	30	**30**
35	4-2	KONTROL TT	80	40	**60**	80	60	**70**	80	70	**75**	90	80	**85**
36	4-3	Ekskavatör Tırmık Dikey	15	10	**12,5**	40	25	**32,5**	30	25	**27,5**	40	15	**27,5**
37	4-4	Ekskavatör Tırmık Yatay	30	35	**32,5**	40	60	**50**	30	40	**35**	40	60	**50**
38	4-5	Ekskavatör Tırmık Dikey	3	3	**3**	10	15	**12,5**	20	25	**22,5**	15	25	**20**
39	4-8	Elle Çapa TT	5	2	**3,5**	15	20	**17,5**	20	30	**25**	25	20	**22,5**
40	4-9	Ekskavatör Tırmık Dikey	5	5	**5**	30	5	**17,5**	30	30	**30**	40	30	**35**
41	5-2	Eksk. Kova	10	5	**7,5**	20	25	**22,5**	30	40	**35**	20	40	**30**
42	5-3	Elle Tırmık	15	25	**20**	20	40	**30**	45	50	**47,5**	30	70	**50**

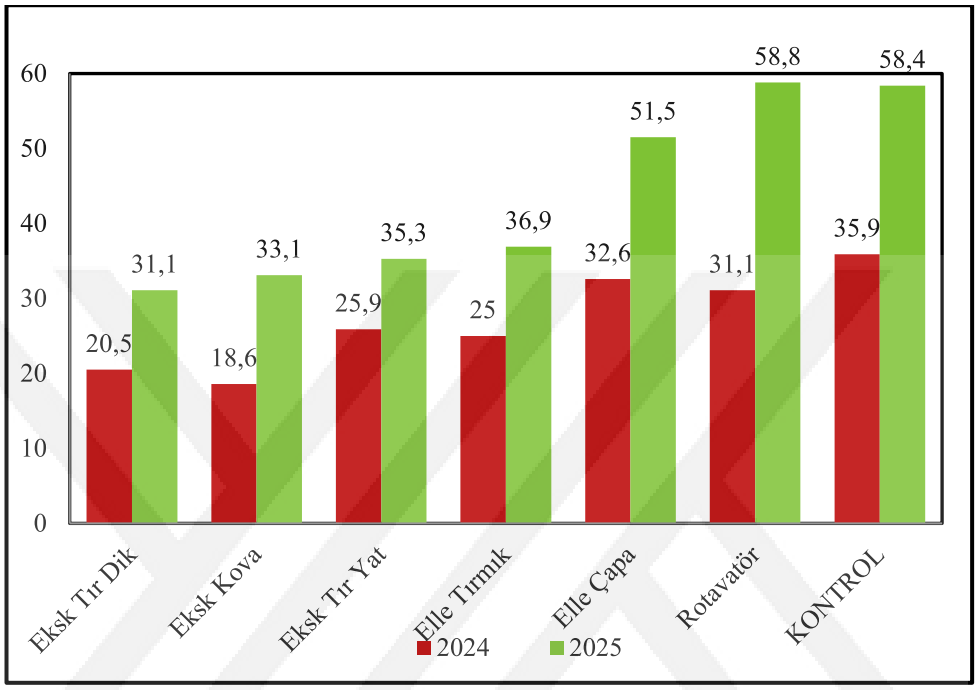


Şekil 4.17 Sarıçam'da 27.06.2024 ve 16.11.2025 tarihli yabanlaşma tespiti *(sol 3-6 Kontrol Parseli) (sağ 2-6 Rotavatör Parseli)*

Tablo 4.25 Sarıçam parsellerinde yabanlaşma yüzdesi (%)

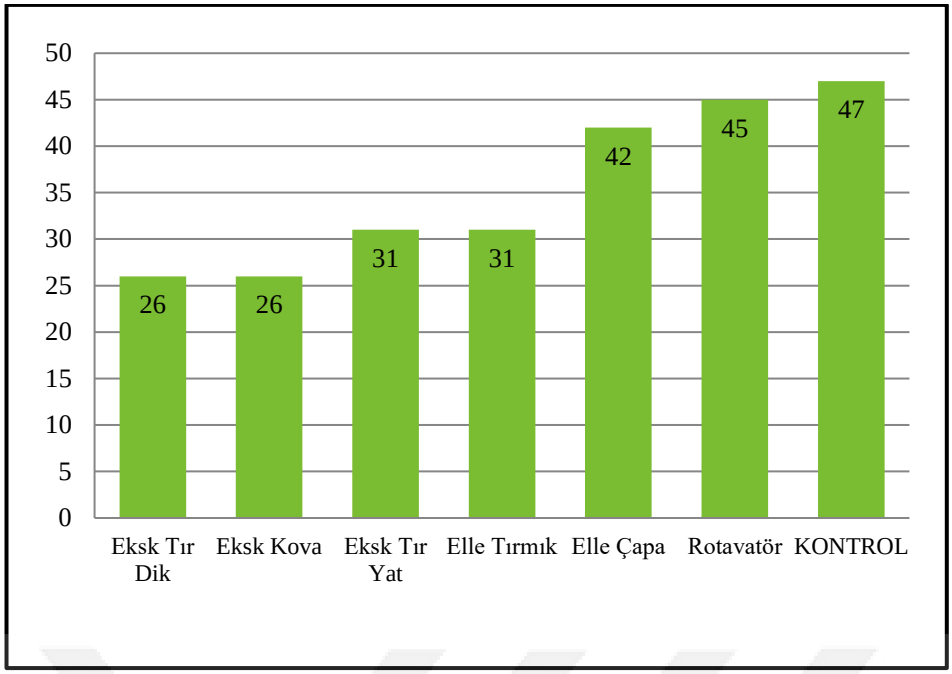
İşlemler	2024 İlkbahar Ortalama	2024 Sonbahar Ortalama	2024 Ortalama	2025 İlkbahar Ortalama	2025 Sonbahar Ortalama	2025 Ortalama	Genel Ortalama
Ekskavatör Tırmık Dik	13,0	27,9	20,5	28,3	33,8	31,1	**26**
Ekskavatör Kova	12,9	24,2	18,6	30,4	35,8	33,1	**26**
Ekskavatör Tırmık Yat	21,3	30,4	25,9	31,7	38,8	35,3	**31**
Elle Tırmık	20,4	29,6	25,0	37,5	36,3	36,9	**31**
Elle Çapa	24,8	40,4	32,6	48,3	54,6	51,5	**42**
Rotavatör	15,0	47,1	31,1	55,8	61,7	58,8	**45**
KONTROL	29,6	42,1	35,9	59,2	57,5	58,4	**47**

Söz konusu iki yıllık izleme süreci sonunda elde edilen veriler, farklı saha hazırlığı tekniklerinin yabanlaşma yoğunluğu üzerinde belirgin farklılıklar yarattığını ortaya koymuştur. Herhangi bir müdahalenin yapılmadığı kontrol parsellerinde yabanlaşma yoğunluğunun en yüksek seviyeye ulaştığı (%47) saptanmıştır. Bu durum, saha hazırlığı yapılmayan alanlarda mevcut diri örtünün yeni jenerasyon fidan gelişimi üzerinde baskın bir rekabet unsuru oluşturduğunu göstermektedir (Tablo 4.25).



Şekil 4.18 Sarıçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre 2024 ve 2025 yıllarına ait yabanlaşma durumlarının (%) karşılaştırılması

İki yıllık izleme sürecinde, en düşük yabanlaşma oranı (%26) ekskavatör tırmık dikey işlemi uygulanan parsellerde kaydedilmiştir. Mekanize saha hazırlığının, diri örtüyü kök seviyesinde bertaraf etmede ve mineral toprağı açığa çıkarmada daha etkin bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler irdelendiğinde, toprak işleme yapılan parseller arasında vejetasyon baskısının en yüksek olduğu alanlar, %45'lik yabanlaşma oranı ile rotavatör uygulanan sahalar olarak saptanmıştır (Tablo 4.25; Şekil 4.19).

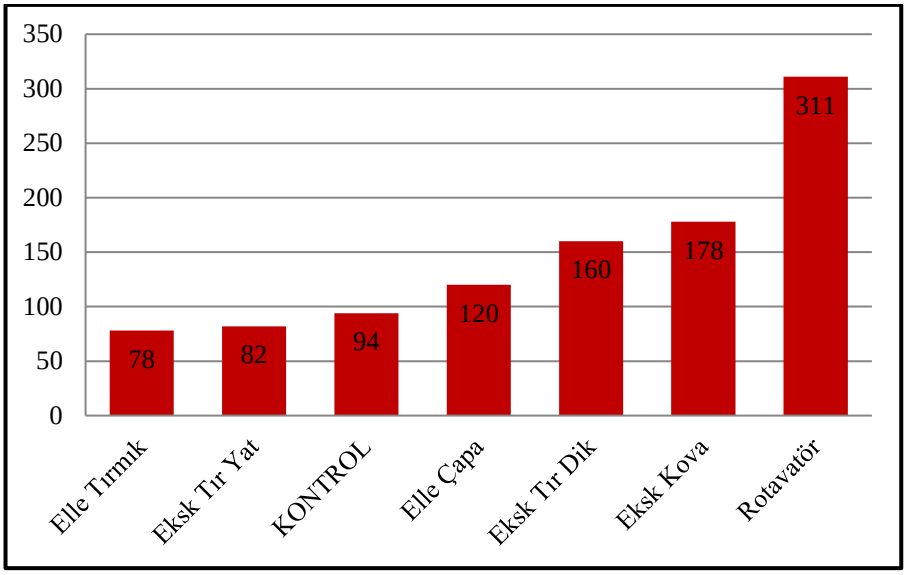


Şekil 4.19 Sarıçam'da arazi hazırlama yöntemlerine göre genel yabanlaşma durumu

2024-2025 yıllarını kapsayan izleme süreci sonunda, farklı saha hazırlığı yöntemlerinin diri örtü (yabanlaşma) artış hızı üzerindeki etkileri nicel olarak saptanmıştır. Yapılan analizlerde, vejetasyon baskısının en agresif artış gösterdiği alanların rotavatör uygulaması yapılan parseller olduğu, ekskavatör ile işlem yapılan parsellerde ise bu artışın nispeten daha sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.26 Sarıçam'da uygulanan toprak işleme şekillerine ait parsellerde yabanlaşma oranları (%)

İşlemler	**2024 İlkbahar Ortalama**	**2024 Sonbahar Ortalama**	**2024 Ortalama**	**2025 İlkbahar Ortalama**	**2025 Sonbahar Ortalama**	**2025 Ortalama**	**Artış Oranı (%)**
Elle Tırmık	20,4	29,6	25,0	37,5	36,3	36,9	**78**
Ekskavatör Tır Yat	21,3	30,4	25,9	31,7	38,8	35,3	**82**
KONTROL	29,6	42,1	35,9	59,2	57,5	58,4	**94**
Elle Çapa	24,8	40,4	32,6	48,3	54,6	51,5	**120**
Ekskavatör Tır Dik	13,0	27,9	20,5	28,3	33,8	31,1	**160**
Ekskavatör Kova	12,9	24,2	18,6	30,4	35,8	33,1	**178**
Rotavatör	15,0	47,1	31,1	55,8	61,7	58,8	**311**



Şekil 4.20 Sarıçam'da arazi hazırlama yöntemlerinde 2024-2025 yıllarına ait genel yabanlaşma artış oranları (%)

Rotavatör parsellerinde 2024 yılı ilkbaharında %15,0 olan yabanlaşma oranı, 2025 yılı sonunda %58,8 seviyesine ulaşarak yaklaşık %311 oranında bir artış kaydetmiştir. Bu dikkate değer artışın temel nedeni, rotavatörün toprağı yaklaşık 15 cm derinlikte parçalayarak işlemesidir. Söz konusu mekanize işlem, toprak profilindeki mineral tabakayı açığa çıkarırken aynı zamanda mevcut diri örtü türlerinin rizom, yumru ve kök parçalarını parçalayarak geniş bir alana yayılmasına zemin hazırlamıştır. Parçalanan bu bitkisel kısımların, işlenmiş ve havalandırılmış gevşek toprak yapısı içerisinde daha hızlı kolonize olması, yabanlaşma ivmesini radikal bir şekilde artırmıştır. Buna karşın, tohumun mineral toprakla temasını engelleyen diri örtünün, ölü örtünün (ham humus ve yaprak döküntüsü) sahadan uzaklaştırılması işlemi yapılan elle tırmık parsellerinde yabanlaşma oranı %20,4'ten %36,9'a yükselmiş; artış oranı yaklaşık %78 düzeyinde kalarak rotavatör sahasına kıyasla çok daha düşük bir hız seyretmiştir (Tablo 4.26; Şekil 4.20).

4.7 Fidan Parametrelerine İlişkin Bulgular

4.7.1 Karaçam'da Fidan Parametrelerine İlişkin Bulgular

Her bir arazi işleme tekniklerin uygulandığı parsellerdeki (3 parsel yani 3 tekerrür) fidanların her parselden 30 adet olmak üzere toplamda 90 adet, 12 farklı toprak işlemesi yapılan (10 farklı toprak işlemesi yapılan parseller ve 2 kontrol parseli) tüm

parsellerden 1080 adet (12 farklı işlem X 90) ve karaçam fidanları kökleri zedelenmeden 15.11.2025 tarihinde araziden sökülerek laboratuvara götürülmüştür. Her işleme ait 90'ar adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan üzerinde ölçümler yapılmıştır.

4.7.1.1 Karaçam'da kök boğaz çapına (KBÇ) ait bulgular

Kök Boğaz Çapın (KBÇ) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanda ilk kökün çıktığı yer olan kısmında kumpas ile hassas bir şekilde ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.27'de gösterilmiştir.

Tablo 4.27 Karaçamda kök boğaz çapının (KBC) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	2,29	2,76	2,13	2,36	2,36	2,27	2,50	1,89	2,47	2,74	2,83	3,30
2. Blok Ort.	1,65	2,21	1,74	1,69	1,89	1,82	1,99	2,70	2,34	2,15	2,11	2,17
3. Blok Ort.	2,00	2,20	1,79	2,03	1,78	1,92	2,47	2,28	1,76	2,11	2,49	2,61
İstatistik Ort.	1,98 ± 0,59	2,37 ± 0,71	1,89 ± 0,48	2,04 ± 0,59	2,01 ± 0,52	2,01 ± 0,45	2,33 ± 0,58	2,34 ± 0,62	2,22 ± 0,53	2,32 ± 0,58	2,49 ± 0,70	2,75 ± 0,94

Elde edilen 1080 adet KBÇ verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Boğaz Çapının toprak işleme şekillerine göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.28).

Tablo 4.28 Karaçamda kök boğaz çapının (KBC) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KBC)	Gruplar Arası	1,596	11	0,145	11,017	0,000
	Grup İçi	10,708	813	0,013		
	Toplam	12,304	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Boğaz Çapına ait beş homojen grup meydana geldiği görülmüştür. Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Kova, Elle Tırmık, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Tırmık TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Kontrol TT, Elle Çapa, Elle Çapa TT,

Ekskavatör Kova TT, Rotavatör ve Rotavatör TT işleme tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.29).

Tablo 4.29 Karaçamda kök boğaz çapının (KBC) TUKEY analiz sonuçları

Log(KBC)						
Tukey HSD[a,b]						
Tip_kod	N	Subset for alpha = 0,05				
		1	2	3	4	5
Ekskavatör Tırmık	69	0,2638				
Ekskavatör Kova	62	0,2807	0,2807			
Elle Tırmık	71	0,2913	0,2913	0,2913		
Elle Tırmık TT	68	0,2930	0,2930	0,2930		
Ekskavatör Tırmık TT	71	0,2937	0,2937	0,2937		
Kontrol	70		0,3338	0,3338	0,3338	
Kontrol TT	71			0,3528	0,3528	0,3528
Elle Çapa	74			0,3544	0,3544	0,3544
Elle Çapa TT	69			0,3551	0,3551	0,3551
Ekskavatör Kova TT	63			0,3552	0,3552	0,3552
Rotavatör	65				0,3793	0,3793
Rotavatör TT	72					0,4156
Sig.		0,9330	0,2228	0,0524	0,4615	0,0629
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.1.2 Karaçam'da kök uzunluğuna (KU) ait bulgular

Kök Uzunluğuna (KU) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanda ilk kökün çıktığı yerden kök ucuna kadar olan kısım cetvel ile hassas bir şekilde ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.30'da gösterilmiştir.

Tablo 4.30 Karaçamda kök uzunluğu (KU) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	18,69	17,56	17,23	18,73	16,90	14,22	14,75	16,61	15,58	14,62	18,81	22,28
2. Blok Ort.	14,83	17,64	14,48	15,90	13,48	14,36	13,19	16,62	16,06	16,79	14,02	14,90
3. Blok Ort.	16,60	17,84	17,27	17,36	13,35	14,18	16,90	16,61	15,25	13,72	19,56	20,75
İstatistik Ort.	16,71 ± 4,06	17,69 ± 4,13	16,41 ± 4,42	17,37 ± 4,32	14,55 ± 3,46	14,25 ± 3,27	14,99 ± 3,81	16,61 ± 3,94	15,66 ± 3,45	15,12 ± 3,34	17,70 ± 4,92	19,64 ± 5,65

Elde edilen 1080 adet KU verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Boğaz Çapının toprak işleme şekillerine göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.31).

Tablo 4.31 Karaçamda kök uzunluğu (KU) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log (KU)	Gruplar Arası	1,182	11	0,107	8,757	0,000
	Grup İçi	9,976	813	0,012		
	Toplam	11,158	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Uzunluğunun beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık TT, Elle Tırmık, Elle Çapa, Kontrol TT, Kontrol, Ekskavatör Tırmık işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık TT, Rotavatör, Ekskavatör Kova TT ve Rotavatör TT işleme tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.32).

Tablo 4.32 Karaçamda kök uzunluğu (KU) TUKEY analiz sonuçları

Log(KU)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_kod	N	1	2	3	4	5
Elle Tırmık TT	68	1,1428				
Elle Tırmık	71	1,1505	1,1505			
Elle Çapa	74	1,1622	1,1622			
Kontrol TT	71	1,1689	1,1689	1,1689		
Kontrol	70	1,1840	1,1840	1,1840	1,1840	
Ekskavatör Tırmık	69	1,1992	1,1992	1,1992	1,1992	
Elle Çapa TT	69		1,2078	1,2078	1,2078	
Ekskavatör Kova	62		1,2104	1,2104	1,2104	
Ekskavatör Tırmık TT	71			1,2268	1,2268	1,2268
Rotavatör	65			1,2292	1,2292	1,2292
Ekskavatör Kova TT	63				1,2364	1,2364
Rotavatör TT	72					1,2739
Sig.		0,1151	0,0693	0,0658	0,1956	0,3478
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.1.3 Karaçam'da kök adedine (KA) ait bulgular

Kök Adedine (KA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanın kök boğazından aşağı fidan boyuna göre 5cm veya 10cm e denk gelen kök sayılarının tespiti yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.33'de gösterilmiştir.

Tablo 4.33 Karaçamda kök adedi (KA) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	2,48	2,00	1,91	2,50	2,30	5,32	7,54	2,00	2,28	2,05	4,19	4,82
2. Blok Ort.	2,19	2,29	1,76	1,50	1,82	1,65	1,43	1,96	1,44	2,35	1,74	2,00
3. Blok Ort.	3,05	2,09	1,96	1,92	4,00	2,60	2,20	2,20	1,25	1,70	2,08	2,78
İstatistik Ort.	2,56 ± 1,25	2,13 ± 1,02	1,88 ± 0,83	1,99 ± 0,98	2,59 ± 1,49	3,28 ± 2,34	3,84 ± 3,23	2,06 ± 0,76	1,69 ± 1,02	2,04 ± 0,82	2,66 ± 1,64	3,35 ± 2,20

Elde edilen 1080 adet KA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Adedinin toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.34)

Tablo 4.34 Karaçamda kök adedi (KA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KA)	Gruplar Arası	5,933	11	0,539	9,008	0,000
	Grup İçi	48,619	812	0,060		
	Toplam	54,552	823			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Adedinin dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Kontrol, Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Tırmık TT, Kontrol TT, Ekskavatör Kova TT ve Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Elle Tırmık, Rotavatör, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Kova, Elle Tırmık TT, Elle Çapa ve Rotavatör TT işleme tipleri ise dördüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.35).

Tablo 4.35 Karaçamda kök adedi (KA) TUKEY analiz sonuçları

Log(KA)					
Tukey HSD[a,b]					
Tip_kod	N	Subset for alpha = 0,05			
		1	2	3	4
Kontrol	70	0,1642			
Ekskavatör Tırmık	69	0,2321	0,2321		
Ekskavatör Tırmık TT	71	0,2463	0,2463		
Kontrol TT	71	0,2729	0,2729	0,2729	
Ekskavatör Kova TT	63	0,2791	0,2791	0,2791	
Elle Çapa TT	69	0,2819	0,2819	0,2819	
Elle Tırmık	71		0,3471	0,3471	0,3471
Rotavatör	65		0,3509	0,3509	0,3509
Ekskavatör Kova	62		0,3592	0,3592	0,3592
Elle Tırmık TT	68			0,4041	0,4041
Elle Çapa	74				0,4385
Rotavatör TT	71				0,4512
Sig.		0,1756	0,0990	0,0752	0,3486
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,487.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

4.7.1.4 Karaçam'da fidan boyuna (FB) ait bulgular

Fidan Boyuna (FB) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanda kök boğazından tepesine kadar olan kısım cetvel ile hassas bir şekilde ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.36'da gösterilmiştir.

Tablo 4.36 Karaçamda fidan boyu (FB) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	10,57	10,39	9,47	10,43	10,38	8,86	8,91	8,46	10,09	11,27	11,20	12,95
2. Blok Ort.	8,10	10,14	7,83	8,78	8,05	8,31	8,75	11,78	10,02	9,59	9,36	9,17
3. Blok Ort.	8,02	9,14	9,41	8,48	7,03	8,00	11,12	10,68	8,49	8,10	11,12	11,41
İstatistik Ort.	8,91 ± 2,84	9,85 ± 2,91	8,95 ± 2,02	9,23 ± 2,45	8,52 ± 2,78	8,42 ± 2,17	9,61 ± 2,42	10,51 ± 3,25	9,61 ± 2,13	9,63 ± 2,56	10,63 ± 2,97	11,36 ± 3,37

Elde edilen 1080 adet FB verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Fidan Boyunun toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.37)

Tablo 4.37 Karaçamda fidan boyu (FB) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(FB)	Gruplar Arası	1,164	11	0,106	7,888	0,000
	Grup İçi	10,908	813	0,013		
	Toplam	12,072	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Fidan Boyunun beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Tırmık TT, Elle Çapa, Kontrol TT, Kontrol işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Kova TT, Elle Çapa TT, Rotavatör ve Rotavatör TT işleme tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.38).

Tablo 4.38 Karaçamda fidan boyu (FB) TUKEY analiz sonuçları

Log(FB)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_kod	N	1	2	3	4	5
Elle Tırmık	71	0,9093				
Elle Tırmık TT	68	0,9113	0,9113			
Ekskavatör Kova	62	0,9308	0,9308			
Ekskavatör Tırmık	69	0,9413	0,9413	0,9413		
Ekskavatör Tırmık TT	71	0,9518	0,9518	0,9518	0,9518	
Elle Çapa	74	0,9697	0,9697	0,9697	0,9697	
Kontrol TT	71	0,9698	0,9698	0,9698	0,9698	
Kontrol	70	0,9724	0,9724	0,9724	0,9724	
Ekskavatör Kova TT	63		0,9752	0,9752	0,9752	0,9752
Elle Çapa TT	69			1,0016	1,0016	1,0016
Rotavatör	65				1,0113	1,0113
Rotavatör TT	72					1,0375
Sig.		0,0653	0,0579	0,0961	0,1086	0,0725
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.1.5 Karaçam'da kök taze ağırlığına (KTA) ait bulgular

Kök Taze Ağırlığına (KTA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanda kök boğazından kesilerek sadece kök kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.39'da gösterilmiştir.

Tablo 4.39 Karaçamda kök taze ağırlığı (KTA) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	0,82	0,79	0,66	0,87	0,73	0,51	0,45	0,46	0,59	0,56	0,89	1,13
2. Blok Ort.	0,34	0,54	0,30	0,33	0,39	0,39	0,32	0,78	0,59	0,52	0,32	0,47
3. Blok Ort.	0,53	0,61	0,42	0,53	0,29	0,36	0,68	0,58	0,36	0,34	0,63	0,88
İstatistik Ort.	0,56 ± 0,36	0,64 ± 0,40	0,47 ± 0,35	0,58 ± 0,46	0,48 ± 0,33	0,42 ± 0,21	0,49 ± 0,28	0,62 ± 0,43	0,52 ± 0,26	0,47 ± 0,25	0,62 ± 0,56	0,86 ± 0,82

Elde edilen 1080 adet KTA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Taze Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.40)

Tablo 4.40 Karaçamda kök taze ağırlığı (KTA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KTA)	Gruplar Arası	3,227	11	0,293	4,345	0,000
	Grup İçi	54,894	813	0,068		
	Toplam	58,121	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Taze Ağırlığının üç homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık TT, Ekskavatör Tırmık, Elle Tırmık, Kontrol TT, Elle Çapa, Ekskavatör Tırmık TT, Ekskavatör Kova TT, Kontrol, Rotavatör, Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık TT, Ekskavatör Kova, Kontrol, Rotavatör, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova TT ve Rotavatör TT işleme tipleri ise üçüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.41).

Tablo 4.41 Karaçamda kök taze ağırlığı (KTA) TUKEY analiz sonuçları

Log(KTA)				
Tukey HSD[a,b]				
		Subset for alpha = 0,05		
Tip_kod	N	1	2	3
Elle Tırmık TT	68	-0,4214		
Ekskavatör Tırmık	69	-0,4126	-0,4126	
Elle Tırmık	71	-0,3972	-0,3972	
Kontrol TT	71	-0,3786	-0,3786	
Elle Çapa	74	-0,3733	-0,3733	
Ekskavatör Tırmık TT	71	-0,3330	-0,3330	-0,3330
Ekskavatör Kova	62	-0,3325	-0,3325	-0,3325
Kontrol	70	-0,3319	-0,3319	-0,3319
Rotavatör	65	-0,3110	-0,3110	-0,3110
Elle Çapa TT	69	-0,2889	-0,2889	-0,2889
Ekskavatör Kova TT	63		-0,2714	-0,2714
Rotavatör TT	72			-0,1979
Sig.		0,1145	0,0669	0,0982
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.				
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.				

4.7.1.6 Karaçam'da gövde taze ağırlığına (GTA) ait bulgular

Gövde Taze Ağırlığına (GTA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanda kök boğazından kesilerek sadece gövde kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.42'de gösterilmiştir.

Tablo 4.42 Karaçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	1,56	1,78	1,33	1,88	1,60	1,15	1,17	0,94	1,55	1,66	2,02	2,71
2. Blok Ort.	0,68	1,48	0,78	0,75	0,92	0,95	0,83	1,75	1,29	1,32	0,96	1,20
3. Blok Ort.	0,91	1,23	0,92	1,11	0,61	0,69	1,88	1,44	0,85	0,84	1,79	2,20
İstatistik Ort.	1,05 ± 0,85	1,48 ± 0,97	1,01 ± 0,65	1,25 ± 1,19	1,06 ± 0,86	0,95 ± 0,56	1,30 ± 0,93	1,43 ± 0,94	1,26 ± 0,77	1,27 ± 0,91	1,62 ± 1,17	2,11 ± 1,85

Elde edilen 1080 adet GTA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Gövde Taze Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.43)

Tablo 4.43 Karaçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(GTA)	Gruplar Arası	5,748	11	0,523	6,127	0,000
	Grup İçi	69,339	813	0,085		
	Toplam	75,087	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Gövde Taze Ağırlığının dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık TT, Elle Tırmık, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Tırmık TT, Kontrol TT, Elle Çapa, Kontrol, Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Kontrol TT, Elle Çapa, Kontrol, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova TT, Rotavatör ve Rotavatör TT işleme tipleri ise dördüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.44).

Tablo 4.44 Karaçamda gövde taze ağırlığı (GTA) TUKEY analiz sonuçları

Log(GTA)					
Tukey HSD[a,b]					
		Subset for alpha = 0,05			
Tip_kod	N	1	2	3	4
Elle Tırmık TT	68	-0,0968			
Elle Tırmık	71	-0,0841	-0,0841		
Ekskavatör Kova	62	-0,0837	-0,0837		
Ekskavatör Tırmık	69	-0,0748	-0,0748		
Ekskavatör Tırmık TT	71	-0,0269	-0,0269	-0,0269	
Kontrol TT	71	0,0198	0,0198	0,0198	0,0198
Elle Çapa	74	0,0255	0,0255	0,0255	0,0255
Kontrol	70	0,0288	0,0288	0,0288	0,0288
Elle Çapa TT	69	0,0631	0,0631	0,0631	0,0631
Ekskavatör Kova TT	63		0,0697	0,0697	0,0697
Rotavatör	65			0,1054	0,1054
Rotavatör TT	72				0,1827
Sig.		0,0619	0,0883	0,2529	0,0516
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

4.7.1.7 Karaçam'da kök kuru ağırlığı (KKA)'na ait bulgular

Kök Kuru Ağırlığı (KKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan yaş ağırlıkları ölçüldükten sonra fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 derecede 24 saat kurutulduktan sonra sadece kök kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.45'de gösterilmiştir.

Tablo 4.45 Karaçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	0,38	0,40	0,33	0,41	0,37	0,26	0,24	0,24	0,30	0,25	0,44	0,56
2. Blok Ort.	0,18	0,30	0,17	0,18	0,19	0,20	0,17	0,42	0,30	0,27	0,17	0,22
3. Blok Ort.	0,26	0,32	0,24	0,28	0,15	0,18	0,36	0,29	0,18	0,17	0,32	0,45
İstatistik Ort.	0,27 ± 0,16	0,34 ± 0,21	0,25 ± 0,15	0,29 ± 0,21	0,24 ± 0,16	0,22 ± 0,11	0,26 ± 0,16	0,33 ± 0,22	0,27 ± 0,14	0,23 ± 0,12	0,31 ± 0,27	0,43 ± 0,42

Elde edilen 1080 adet KKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Kuru Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.46).

Tablo 4.46 Karaçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KKA)	Gruplar Arası	3,148	11	0,286	4,449	0,000
	Grup İçi	52,291	813	0,064		
	Toplam	55,439	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Kuru Ağırlığının dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık TT, Elle Tırmık, Kontrol TT, Ekskavatör Tırmık, Elle Çapa, Kontrol, Ekskavatör Kova, Kontrol, Ekskavatör Tırmık TT ve Rotavatör işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Kova, Kontrol, Ekskavatör Tırmık TT ve Rotavatör, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova TT ve Rotavatör TT işleme tipleri ise dördüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.47).

Tablo 4.47 Karaçamda kök kuru ağırlığı (KKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(KKA)					
Tukey HSD[a,b]					
		Subset for alpha = 0,05			
Tip_kod	N	1	2	3	4
Elle Tırmık TT	68	-0,7104			
Elle Tırmık	71	-0,6967	-0,6967		
Kontrol TT	71	-0,6864	-0,6864	-0,6864	
Ekskavatör Tırmık	69	-0,6671	-0,6671	-0,6671	
Elle Çapa	74	-0,6557	-0,6557	-0,6557	
Ekskavatör Kova	62	-0,6349	-0,6349	-0,6349	-0,6349
Kontrol	70	-0,6324	-0,6324	-0,6324	-0,6324
Ekskavatör Tırmık TT	71	-0,6193	-0,6193	-0,6193	-0,6193
Rotavatör	65	-0,6032	-0,6032	-0,6032	-0,6032
Elle Çapa TT	69		-0,5641	-0,5641	-0,5641
Ekskavatör Kova TT	63			-0,5468	-0,5468
Rotavatör TT	72				-0,4988
Sig.		0,3570	0,0937	0,0590	0,0745
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

4.7.1.8 Karaçam'da gövde kuru ağırlığı (GKA)

Gövde Kuru Ağırlığı (GKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan yaş ağırlıkları ölçüldükten sonra fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 derecede 24 saat kurutulduktan sonra sadece gövde kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.48'de gösterilmiştir.

Tablo 4.48 Karaçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	0,66	0,88	0,61	0,80	0,69	0,53	0,52	0,41	0,69	0,69	0,91	1,34
2. Blok Ort.	0,31	0,75	0,38	0,34	0,42	0,44	0,41	0,84	0,59	0,66	0,46	0,52
3. Blok Ort.	0,42	0,60	0,49	0,54	0,29	0,34	0,82	0,63	0,40	0,37	0,81	0,98
İstatistik Ort.	0,46 ± 0,35	0,74 ± 0,48	0,50 ± 0,30	0,57 ± 0,51	0,47 ± 0,36	0,44 ± 0,27	0,59 ± 0,42	0,65 ± 0,43	0,57 ± 0,34	0,58 ± 0,43	0,74 ± 0,52	0,98 ± 0,89

Elde edilen 1080 adet GKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Gövde Kuru Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.49)

Tablo 4.49 Karaçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(GKA)	Gruplar Arası	5,789	11	0,526	6,186	0,000
	Grup İçi	69,165	813	0,085		
	Toplam	74,955	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Gövde Kuru Ağırlığının üç homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Tırmık TT, Kontrol TT, Elle Çapa, Kontrol, Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Kontrol, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova TT, Rotavatör ve Rotavatör TT işleme tipleri ise üçüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.50).

Tablo 4.50 Karaçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(GKA)				
Tukey HSD[a,b]				
		Subset for alpha = 0,05		
Tip_kod	N	1	2	3
Elle Tırmık	71	-0,4298		
Elle Tırmık TT	68	-0,4291		
Ekskavatör Kova	62	-0,4291		
Ekskavatör Tırmık	69	-0,3775	-0,3775	
Ekskavatör Tırmık TT	71	-0,3647	-0,3647	
Kontrol TT	71	-0,3254	-0,3254	
Elle Çapa	74	-0,3201	-0,3201	
Kontrol	70	-0,3156	-0,3156	-0,3156
Elle Çapa TT	69	-0,2765	-0,2765	-0,2765
Ekskavatör Kova TT	63		-0,2361	-0,2361
Rotavatör	65		-0,2336	-0,2336
Rotavatör TT	72			-0,1547
Sig.		0,0893	0,1471	0,0579
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.				
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.				

4.7.1.9 Karaçam'da ibre kuru ağırlığı (İKA)

İbre Kuru Ağırlığı (İKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan yaş ağırlıkları ölçümü takriben fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 derecede 24 saat kurutulduktan sonra ibreler gövde kısmından ayrılarak sadece ibreler hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.51'de gösterilmiştir.

Tablo 4.51 Karaçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	0,47	0,54	0,46	0,58	0,49	0,38	0,37	0,32	0,51	0,48	0,62	0,79
2. Blok Ort.	0,23	0,57	0,30	0,24	0,31	0,34	0,31	0,61	0,42	0,52	0,31	0,34
3. Blok Ort.	0,30	0,43	0,35	0,48	0,22	0,25	0,63	0,47	0,29	0,28	0,58	0,71
İstatistik Ort.	0,33 ± 0,24	0,51 ± 0,35	0,37 ± 0,22	0,44 ± 0,43	0,34 ± 0,26	0,33 ± 0,21	0,44 ± 0,32	0,48 ± 0,30	0,42 ± 0,26	0,43 ± 0,34	0,52 ± 0,36	0,63 ± 0,53

Elde edilen 1080 adet İKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda İbre Kuru Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.52).

Tablo 4.52 Karaçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	4,721	11	0,429	4,559	0,000
	Grup İçi	76,539	813	0,094		
	Toplam	81,260	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre İbre Kuru Ağırlığının dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Tırmık TT, Kontrol, Kontrol TT, Elle Çapa, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık TT, Kontrol, Kontrol TT, Elle Çapa, Ekskavatör Kova TT, Elle Çapa TT, Rotavatör ve Rotavatör TT işleme tipleri ise dördüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.53).

Tablo 4.53 Karaçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(IA)					
Tukey HSD[a,b]					
		Subset for alpha = 0,05			
Tip_kod	N	1	2	3	4
Elle Tırmık	71	-0,5792			
Elle Tırmık TT	68	-0,5765			
Ekskavatör Kova	62	-0,5733	-0,5733		
Ekskavatör Tırmık	69	-0,5068	-0,5068	-0,5068	
Ekskavatör Tırmık TT	71	-0,4950	-0,4950	-0,4950	-0,4950
Kontrol	70	-0,4605	-0,4605	-0,4605	-0,4605
Kontrol TT	71	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578
Elle Çapa	74	-0,4526	-0,4526	-0,4526	-0,4526
Ekskavatör Kova TT	63	-0,4137	-0,4137	-0,4137	-0,4137
Elle Çapa TT	69		-0,4036	-0,4036	-0,4036
Rotavatör	65			-0,3904	-0,3904
Rotavatör TT	72				-0,3332
Sig.		0,0709	0,0563	0,5345	0,0867
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

4.7.1.10 Karaçam'da fidan taze ağırlığı (FTA)

Fidan Taze Ağırlığı (FTA)için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidanın yaş ağırlıkları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.54'de gösterilmiştir.

Tablo 4.54 Karaçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	2,38	2,58	1,99	2,74	2,34	1,66	1,62	1,40	2,14	2,21	2,91	3,84
2. Blok Ort.	1,02	2,01	1,08	1,07	1,31	1,34	1,15	2,53	1,87	1,84	1,28	1,67
3. Blok Ort.	1,43	1,85	1,35	1,64	0,91	1,05	2,56	2,02	1,21	1,19	2,42	3,08
İstatistik Ort.	1,61 ± 1,18	2,12 ± 1,29	1,48 ± 0,96	1,84 ± 1,63	1,53 ± 1,15	1,37 ± 0,74	1,79 ± 1,18	2,05 ± 1,30	1,78 ± 0,99	1,74 ± 1,13	2,24 ± 1,67	2,96 ± 2,61

Elde edilen 1080 adet FTA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Fidan Taze Ağırlığı toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.55)

Tablo 4.55 Karaçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	4,578	11	0,416	5,549	0,000
	Grup İçi	60,983	813	0,075		
	Toplam	65,561	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Fidan Taze Ağırlığı dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık TT, Ekskavatör Tırmık, Elle Tırmık, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık TT, Kontrol TT, Elle Çapa, Kontrol, Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Kontrol, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova TT, Rotavatör ve Rotavatör TT işleme tipleri ise dördüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.56).

Tablo 4.56 Karaçamda fidan taze ağırlığı (FTA) TUKEY analiz sonuçları

Log(FTA)					
Tukey HSD[a,b]					
		Subset for alpha = 0,05			
Tip_Kod	N	1	2	3	4
Elle Tırmık TT	68,0000	0,0774			
Ekskavatör Tırmık	69,0000	0,0938	0,0938		
Elle Tırmık	71,0000	0,0945	0,0945		
Ekskavatör Kova	62,0000	0,1163	0,1163	0,1163	
Ekskavatör Tırmık TT	71,0000	0,1534	0,1534	0,1534	
Kontrol TT	71,0000	0,1705	0,1705	0,1705	
Elle Çapa	74,0000	0,1757	0,1757	0,1757	
Kontrol	70,0000	0,1899	0,1899	0,1899	0,1899
Elle Çapa TT	69,0000	0,2286	0,2286	0,2286	0,2286
Ekskavatör Kova TT	63,0000		0,2392	0,2392	0,2392
Rotavatör	65,0000			0,2514	0,2514
Rotavatör TT	72,0000				0,3383
Sig.		0,0574	0,0824	0,1474	0,0680
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

4.7.1.11 Karaçam'da fidan kuru ağırlığı (FKA)

Fidan Kuru Ağırlığı (FKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan yaş ağırlıkları ölçümü sonrasında fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 dercede 24 saat kurutulup kuru ağırlıklar hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.57'de gösterilmiştir.

Tablo 4.57 Karaçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	0,38	0,40	0,33	0,41	0,37	0,26	0,24	0,24	0,30	0,25	0,44	0,56
2. Blok Ort.	0,18	0,30	0,17	0,18	0,19	0,20	0,17	0,42	0,30	0,27	0,17	0,22
3. Blok Ort.	0,26	0,32	0,24	0,28	0,15	0,18	0,36	0,29	0,18	0,17	0,32	0,45
İstatistik Ort.	0,27 ± 0,16	0,34 ± 0,21	0,25 ± 0,15	0,29 ± 0,21	0,24 ± 0,16	0,22 ± 0,11	0,26 ± 0,16	0,33 ± 0,22	0,27 ± 0,14	0,23 ± 0,12	0,31 ± 0,27	0,43 ± 0,42

Elde edilen 1080 adet FKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Fidan Kuru Ağırlığı toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.58)

Tablo 4.58 Karaçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	3,148	11	0,286	4,449	0,000
	Grup İçi	52,291	813	0,064		
	Toplam	55,439	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Fidan Kuru Ağırlığı dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık TT, Kontrol TT, Ekskavatör Tırmık, Elle Çapa, Ekskavatör Kova, Kontrol, Ekskavatör Tırmık TT, Rotavatör işlem tipleri birinci grupta yer alırken, Ekskavatör Kova, Kontrol, Ekskavatör Tırmık TT, Rotavatör, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova TT ve Rotavatör TT işleme tipleri ise dördüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.59).

Tablo 4.59 Karaçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(FKA)					
Tukey HSD[a,b]					
		Subset for alpha = 0,05			
Tip_Kod	N	1	2	3	4
Elle Tırmık TT	68,0000	-0,7104			
Elle Tırmık	71,0000	-0,6967	-0,6967		
Kontrol TT	71,0000	-0,6864	-0,6864	-0,6864	
Ekskavatör Tırmık	69,0000	-0,6671	-0,6671	-0,6671	
Elle Çapa	74,0000	-0,6557	-0,6557	-0,6557	
Ekskavatör Kova	62,0000	-0,6349	-0,6349	-0,6349	-0,6349
Kontrol	70,0000	-0,6324	-0,6324	-0,6324	-0,6324
Ekskavatör Tırmık TT	71,0000	-0,6193	-0,6193	-0,6193	-0,6193
Rotavatör	65,0000	-0,6032	-0,6032	-0,6032	-0,6032
Elle Çapa TT	69,0000		-0,5641	-0,5641	-0,5641
Ekskavatör Kova TT	63,0000			-0,5468	-0,5468
Rotavatör TT	72,0000				-0,4988
Sig.		0,3570	0,0937	0,0590	0,0745
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.					
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.					

4.7.1.12 Karaçam'da kuru kök yüzdesi (KKY)

Kuru Kök Yüzdesi (KKY) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan için ölçümü yapılan kuru ağırlıklar üzerinde fidanın kök kısmının tüm fidanın kuru ağılığına oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.60'da gösterilmiştir.

Tablo 4.60 Karaçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	66,21	53,03	57,25	63,73	66,26	55,84	52,17	60,48	46,19	40,70	47,48	44,19
2. Blok Ort.	64,68	43,25	48,95	53,33	53,92	54,49	46,95	53,53	55,02	47,79	39,14	53,46
3. Blok Ort.	68,83	60,19	55,37	59,28	57,13	57,92	48,99	54,89	52,31	49,98	48,75	49,33
İstatistik Ort.	66,53 ± 25,55	52,39 ± 20,21	54,04 ± 18,19	58,94 ± 21,23	58,82 ± 27,57	55,99 ± 20,84	49,47 ± 22,08	55,83 ± 26,99	51,09 ± 18,48	46,30 ± 16,47	45,53 ± 18,72	48,54 ± 19,83

Elde edilen 1080 adet KKY verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Kuru Yüzdesinin toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.61)

Tablo 4.61 Karaçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KKY)	Gruplar Arası	1,649	11	0,150	6,149	0,000
	Grup İçi	19,827	813	0,024		
	Toplam	21,476	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Kuru Yüzdesinin beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Rotavatör, Kontrol TT, Rotavatör TT, Elle Çapa, Kontrol, Ekskavatör Kova TT, Ekskavatör Tırmık, Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık, Elle Çapa TT, Elle Tırmık TT, Elle Tırmık, Ekskavatör Tırmık TT, Ekskavatör Kova işleme tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.62).

Tablo 4.62 Karaçamda kök kuru yüzdesi (KKY) TUKEY analiz sonuçları

Log(KKY)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_Kod	N	1	2	3	4	5
Rotavatör	65	1,6304				
Kontrol TT	71	1,6390	1,6390			
Rotavatör TT	72	1,6559	1,6559	1,6559		
Elle Çapa	74	1,6643	1,6643	1,6643	1,6643	
Kontrol	70	1,6832	1,6832	1,6832	1,6832	
Ekskavatör Kova TT	63	1,6893	1,6893	1,6893	1,6893	
Ekskavatör Tırmık	69	1,7104	1,7104	1,7104	1,7104	1,7104
Elle Çapa TT	69	1,7124	1,7124	1,7124	1,7124	1,7124
Elle Tırmık TT	68		1,7188	1,7188	1,7188	1,7188
Elle Tırmık	71			1,7332	1,7332	1,7332
Ekskavatör Tırmık TT	71				1,7454	1,7454
Ekskavatör Kova	62					1,7942
Sig.		0,0903	0,1134	0,1437	0,0996	0,0750
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.1.13 Karaçam'da katlılık (K)

Katlılık (K) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan için ölçümü yapılan fidan gövde kuru ağırlığı değerinin kök kuru ağırlığı değerine oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.63'de gösterilmiştir.

Tablo 4.63 Karaçamda katlılık (K) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tırmık	Eksk Tırmık TT	Elle Tırmık	Elle Tırmık TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	1,67	2,19	1,92	1,78	1,84	2,01	2,24	1,86	2,32	2,79	2,32	2,66
2. Blok Ort.	1,84	2,48	2,23	2,02	2,12	2,22	2,33	2,11	2,00	2,42	2,76	2,17
3. Blok Ort.	1,62	1,91	2,01	1,90	1,98	1,91	2,30	2,18	2,27	2,14	2,40	2,22
İstatistik Ort.	1,71 ± 0,63	2,19 ± 0,80	2,05 ± 0,65	1,89 ± 0,60	1,99 ± 0,77	2,05 ± 0,79	2,29 ± 0,72	2,07 ± 0,71	2,19 ± 0,71	2,44 ± 0,89	2,48 ± 0,82	2,38 ± 1,07

Elde edilen 1080 adet K verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Katlılık toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.64).

Tablo 4.64 Karaçamda katlılık (K) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KKY)	Gruplar Arası	1,649	11	0,150	6,149	0,000
	Grup İçi	19,827	813	0,024		
	Toplam	21,476	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Katlılık beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Ekskavatör Kova, Ekskavatör Kova TT, Elle Tırmık, Elle Tırmık TT, Elle Çapa TT, Ekskavatör Tırmık işlem tipleri birinci grupta yer alırken Elle Çapa TT, Ekskavatör Tırmık, Ekskavatör Kova TT, Kontrol, Elle Çapa, Rotavatör TT, Kontrol TT, Rotavatör işleme tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.65).

Tablo 4.65 Karaçamda katlılık (K) TUKEY analiz sonuçları

Log(K)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_Kod	N	1	2	3	4	5
Ekskavatör Kova	62	0,2058				
Ekskavatör Tırmık TT	71	0,2546	0,2546			
Elle Tırmık	71	0,2668	0,2668	0,2668		
Elle Tırmık TT	68	0,2812	0,2812	0,2812	0,2812	
Elle Çapa TT	69	0,2876	0,2876	0,2876	0,2876	0,2876
Ekskavatör Tırmık	69	0,2896	0,2896	0,2896	0,2896	0,2896
Ekskavatör Kova TT	63		0,3107	0,3107	0,3107	0,3107
Kontrol	70		0,3168	0,3168	0,3168	0,3168
Elle Çapa	74		0,3357	0,3357	0,3357	0,3357
Rotavatör TT	72			0,3441	0,3441	0,3441
Kontrol TT	71				0,3610	0,3610
Rotavatör	65					0,3696
Sig.		0,0750	0,0996	0,1437	0,1134	0,0903
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.1.14 Karaçam'da gürbüzlük indeksi (Gİ)

Gürbüzlük İndeksi (Gİ) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1080 adet fidan için ölçümü yapılan fidan boyunun fidan kök boğaz çapına oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.66'da gösterilmiştir.

Tablo 4.66 Karaçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tırmık**	**Eksk Tırmık TT**	**Elle Tırmık**	**Elle Tırmık TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	4,63	3,83	4,56	4,49	4,44	3,94	3,65	4,45	4,16	4,18	4,01	4,03
2. Blok Ort.	5,00	4,56	4,52	5,26	4,24	4,56	4,44	4,43	4,33	4,55	4,52	4,43
3. Blok Ort.	4,03	4,30	5,39	4,21	3,95	4,22	4,62	4,67	4,83	3,89	4,55	4,41
İstatistik Ort.	4,56 ± 0,94	4,25 ± 0,80	4,85 ± 0,95	4,63 ± 0,88	4,22 ± 0,82	4,23 ± 0,80	4,22 ± 0,91	4,52 ± 0,89	4,41 ± 0,76	4,22 ± 0,84	4,37 ± 0,86	4,27 ± 0,86

Elde edilen 1080 adet Gİ verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Gürbüzlük İndeksi toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.67)

Tablo 4.67 Karaçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KKY)	Gruplar Arası	0,304	11	0,028	3,843	0,000
	Grup İçi	5,851	813	0,007		
	Toplam	6,155	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Gürbüzlük İndeksi iki homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Çapa, Kontrol TT, Elle Tırmık, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Kova TT, Rotavatör TT, Rotavatör, Kontrol, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Rotavatör, Kontrol, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık TT ve Ekskavatör Tırmık işleme tipleri ise ikinci grupta yer almıştır (Tablo 4.68).

Tablo 4.68 Karaçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) TUKEY analiz sonuçları

Log(Gİ)			
Tukey HSD[a,b]			
		Subset for alpha = 0,05	
Tip_Kod	N	1	2
Elle Çapa	74,0000	0,6153	
Kontrol TT	71,0000	0,6170	
Elle Tırmık	71,0000	0,6181	
Elle Tırmık TT	68,0000	0,6183	
Ekskavatör Kova TT	63,0000	0,6200	
Rotavatör TT	72,0000	0,6219	
Rotavatör	65,0000	0,6320	0,6320
Kontrol	70,0000	0,6386	0,6386
Elle Çapa TT	69,0000	0,6466	0,6466
Ekskavatör Kova	62,0000	0,6501	0,6501
Ekskavatör Tırmık TT	71,0000	0,6581	0,6581
Ekskavatör Tırmık	69,0000		0,6774
Sig.		0,1237	0,0758
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 68,564.			
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.			

4.7.2 Sarıçam'da Fidan Parametrelerine İlişkin Bulgular

Her bir arazi işleme tekniklerin uygulandığı parsellerdeki (3 parsel yani 3 tekerrür) fidanların her parselden 30 adet olmak üzere toplamda 90 adet, 14 farklı toprak işlemesi yapılan (12 farklı toprak işlemesi yapılan parseller ve 2 kontrol parseli) tüm parsellerden 1260 adet (14 farklı işlem X 90) ve karaçam fidanları kökleri

zedelenmeden 16.11.2025 tarihinde araziden sökülerek laboratuvara götürülmüştür. Her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan üzerinde ölçümler yapılmıştır.

4.7.2.1 Sarıçam'da kök boğaz çapı (KBC)'na ait bulgular

Kök Boğaz Çapın (KBÇ) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanda ilk kökün çıktığı yer olan kısmında kumpas ile hassas bir şekilde ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.69'da gösterilmiştir.

Tablo 4.69 Sarıçamda kök boğaz çapı (KBÇ) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tır Dik	Eksk Tır Dik TT	Eksk Tırk Yat	Eksk Tır Yat TT	Elle Tırk	Elle Tırk TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	2,59	3,45	2,54	3,17	3,53	3,73	1,69	2,19	2,55	2,71	1,86	1,91	3,69	3,45
2. Blok Ort.	3,02	2,79	2,12	2,60	2,77	2,45	2,26	3,14	2,75	2,31	2,00	2,39	2,75	2,08
3. Blok Ort.	3,85	3,46	2,61	3,08	2,65	2,78	1,47	2,37	2,08	1,97	3,03	1,54	2,88	3,31
İstatistik Ort.	3,15 ± 1,22	3,23 ± 0,86	2,43 ± 0,85	2,95 ± 0,92	2,98 ± 0,89	2,99 ± 1,01	1,83 ± 0,57	2,74 ± 1,00	2,46 ± 0,94	2,33 ± 0,77	2,30 ± 0,85	1,96 ± 0,60	3,11 ± 0,92	2,95 ± 0,95

Elde edilen 1260 adet KBÇ verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Boğaz Çapının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.70).

Tablo 4.70 Sarıçamda kök boğaz çapı (KBÇ) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KBC)	Gruplar Arası	6,707	13	0,516	24,450	0,000
	Grup İçi	25,699	1218	0,021		
	Toplam	32,406	1231			

Tablo 4.71 Sarıçamda kök boğaz çapı (KBC) TUKEY analiz sonuçları

Log(KBC)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5
Elle Tırmık	81	0,2433				
Kontrol TT	77	0,2721	0,2721			
Kontrol	90		0,3356	0,3356		
Elle Çapa TT	89			0,3468		
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			0,3599		
Elle Çapa	90			0,3604		
Elle Tırmık TT	90			0,4078	0,4078	
Rotavatör TT	88				0,4468	0,4468
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90				0,4489	0,4489
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89				0,4519	0,4519
Ekskavatör Tırmık Yatay	90				0,4549	0,4549
Ekskavatör Kova	90				0,4675	0,4675
Rotavatör	89				0,4712	0,4712
Ekskavatör Kova TT	90					0,4921
Sig.		0,990	0,181	0,061	0,183	0,724
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Boğaz Çapının beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Kova, Rotavatör, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.71).

4.7.2.2 Sarıçam'da kök uzunluk (KU) değerlerine ait bulgular

Kök Uzunluğuna (KU) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanda ilk kökün çıktığı yerden kök ucuna kadar olan kısım cetvel ile hassas bir şekilde ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.72'de belirtilmiştir.

Tablo 4.72 Sarıçamda kök uzunluğu (KU) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tır Dik	Eksk Tır Dik TT	Eksk Tırk Yat	Eksk Tır Yat TT	Elle Tırk	Elle Tırk TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	16,71	19,77	17,20	18,41	18,48	19,70	15,34	16,07	17,17	16,23	15,70	14,34	18,41	21,26
2. Blok Ort.	18,16	17,06	15,71	15,37	18,02	18,25	17,18	16,80	15,68	16,03	14,73	19,09	15,75	16,38
3. Blok Ort.	19,49	18,98	17,32	18,81	17,56	16,95	12,93	16,61	15,80	17,59	16,64	13,29	19,15	20,07
İstatistik Ort.	18,12 ± 4,23	18,61 ± 4,14	16,76 ± 3,71	17,53 ± 3,40	18,02 ± 3,83	18,30 ± 3,43	15,24 ± 4,65	16,55 ± 4,33	16,22 ± 3,64	16,60 ± 3,87	15,69 ± 3,50	15,66 ± 4,36	17,76 ± 4,19	19,26 ± 3,97

Elde edilen 1260 adet KU verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Uzunluğunun toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.73)

Tablo 4.73 Sarıçamda kök uzunluğu (KU) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KU)	Gruplar Arası	1,254	13	0,096	8,544	0,000
	Grup İçi	13,749	1218	0,011		
	Toplam	15,003	1231			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Uzunluğunun altı homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT, Kontrol, Elle Çapa, Elle Tırmık TT, Elle Çapa TT, Ekskavatör Tırmık Dikey işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Rotavatör, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Ekskavatör Kova TT ve Rotavatör TT işleme tipleri ise altıncı grupta yer almıştır (Tablo 4.74).

Tablo 4.74 Sarıçamda kök uzunluğu (KU) TUKEY analiz sonuçları

Log(KU)							
Tukey HSD[a,b]							
		Subset for alpha = 0,05					
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6
Elle Tırmık	81	1,1630					
Kontrol TT	77	1,1772					
Kontrol	90	1,1841	1,1841				
Elle Çapa	90	1,1987	1,1987	1,1987			
Elle Tırmık TT	90	1,2029	1,2029	1,2029	1,2029		
Elle Çapa TT	89	1,2082	1,2082	1,2082	1,2082	1,2082	
Ekskavatör Tırmık Dikey	89	1,2138	1,2138	1,2138	1,2138	1,2138	
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90		1,2355	1,2355	1,2355	1,2355	1,2355
Rotavatör	89		1,2362	1,2362	1,2362	1,2362	1,2362
Ekskavatör Kova	90			1,2447	1,2447	1,2447	1,2447
Ekskavatör Tırmık Yatay	90			1,2457	1,2457	1,2457	1,2457
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89				1,2539	1,2539	1,2539
Ekskavatör Kova TT	90					1,2577	1,2577
Rotavatör TT	88						1,2749
Sig.		0,088	0,069	0,166	0,085	0,112	0,437
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.							
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.							

4.7.2.3 Sarıçam'da kök adedi (KA)'ne ait bulgular

Kök Adedine (KA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanın kök boğazından aşağı fidan boyuna göre 5 cm veya 10 cm'e denk gelen kök sayılarının tespiti yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.75'de belirtilmiştir.

Tablo 4.75 Sarıçamda kök adedi (KA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	3,10	3,47	2,63	3,47	2,40	3,53	2,12	2,19	2,37	2,40	2,17	2,12	2,93	3,50
2. Blok Ort.	3,70	3,10	2,59	2,77	2,40	4,13	2,77	2,30	2,60	2,20	2,03	2,59	2,37	2,93
3. Blok Ort.	3,60	3,77	3,17	3,93	2,87	3,27	1,50	1,63	2,20	2,31	3,13	1,08	3,73	3,41
İstatistik Ort.	3,47 ± 1,47	3,44 ± 1,68	2,80 ± 1,06	3,39 ± 1,77	2,56 ± 1,14	3,64 ± 1,72	2,16 ± 1,17	2,11 ± 1,15	2,39 ± 1,31	2,30 ± 0,93	2,44 ± 1,33	1,95 ± 1,01	3,02 ± 1,50	3,28 ± 1,52

Elde edilen 1260 adet KA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Adedinin toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.76).

Tablo 4.76 Sarıçamda kök adedi (KA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KA)	Gruplar Arası	10,200	13	0,785	16,616	0,000
	Grup İçi	57,512	1218	0,047		
	Toplam	67,712	1231			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Adedinin dört homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Kontrol TT, Elle Tırmık TT, Elle tırmık, Elle Çapa, elle Çapa TT, Kontrol işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Dikey, Rotavatör, Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Kova TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay TT işlem tipleri ise altıncı grupta yer almıştır (Tablo 4.77).

Tablo 4.77 Sarıçamda kök adedi (KA) TUKEY analiz sonuçları

Log(KA)							
Tukey HSD[a,b]							
		Subset for alpha = 0,05					
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6
Kontrol TT	77	0,2333					
Elle Tırmık TT	90	0,2612	0,2612				
Elle Tırmık	81	0,2760	0,2760				
Elle Çapa	90	0,3120	0,3120	0,3120			
Elle Çapa TT	89	0,3261	0,3261	0,3261	0,3261		
Kontrol	90	0,3289	0,3289	0,3289	0,3289		
Ekskavatör Tırmık Yatay	90		0,3612	0,3612	0,3612	0,3612	
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			0,4209	0,4209	0,4209	0,4209
Rotavatör	89				0,4232	0,4232	0,4232
Rotavatör TT	88					0,4663	0,4663
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90					0,4706	0,4706
Ekskavatör Kova TT	90						0,4830
Ekskavatör Kova	90						0,5029
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89						0,5089
Sig.		0,173	0,122	0,056	0,154	0,054	0,290
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.							
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.							

4.7.2.4 Sarıçam'da fidan boyu (FB)'na ait bulgular

Fidan Boyuna (FB) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanda kök boğazından tepesine kadar olan kısım cetvel ile hassas bir şekilde ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.78'de belirtilmiştir.

Tablo 4.78 Sarıçamda fidan boyu (FB) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tır Dik	Eksk Tır Dik TT	Eksk Tırk Yat	Eksk Tır Yat TT	Elle Tırk	Elle Tırk TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	11,70	14,10	10,80	13,34	14,60	15,32	8,65	10,24	11,28	11,77	8,79	9,80	13,78	15,20
2. Blok Ort.	12,66	12,17	9,35	10,35	12,06	10,01	9,79	12,23	10,88	10,88	9,34	10,70	11,17	9,10
3. Blok Ort.	15,63	14,97	11,45	12,20	11,71	12,68	6,18	9,84	10,72	9,71	13,40	7,08	11,13	15,05
İstatistik Ort.	13,33 ± 4,42	13,75 ± 3,81	10,55 ± 3,35	11,96 ± 3,53	12,79 ± 3,64	12,67 ± 4,02	8,28 ± 2,75	11,28 ± 3,97	10,96 ± 3,55	10,80 ± 2,97	10,51 ± 3,18	9,24 ± 2,78	12,01 ± 3,48	13,14 ± 4,23

Elde edilen 1260 adet FB verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Fidan Boyunun toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.79)

Tablo 4.79 Sarıçamda fidan boyu (FB) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(FB)	Gruplar Arası	4,307	13	0,331	17,919	0,000
	Grup İçi	22,518	1218	0,018		
	Toplam	26,824	1231			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Fidan Boyunun altı homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık ve Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Dikey, Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Ekskavatör Tırmık Yatay, Rotavatör TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise altıncı grupta yer almıştır (Tablo 4.80).

Tablo 4.80 Sarıçamda fidan boyu (FB) TUKEY analiz sonuçları

Log(FB)							
Tukey HSD[a,b]							
		Subset for alpha = 0,05					
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6
Elle Tırmık	81	0,8959					
Kontrol TT	77	0,9468	0,9468				
Ekskavatör Tırmık Dikey	89		1,0026	1,0026			
Kontrol	90		1,0034	1,0034			
Elle Çapa TT	89			1,0183	1,0183		
Elle Çapa	90			1,0184	1,0184		
Elle Tırmık TT	90			1,0253	1,0253	1,0253	
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90			1,0585	1,0585	1,0585	1,0585
Rotavatör	89			1,0596	1,0596	1,0596	1,0596
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89				1,0804	1,0804	1,0804
Ekskavatör Tırmık Yatay	90					1,0893	1,0893
Rotavatör TT	88						1,0959
Ekskavatör Kova	90						1,1004
Ekskavatör Kova TT	90						1,1200
Sig.		0,421	0,248	0,237	0,130	0,102	0,139
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.							
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.							

4.7.2.5 Sarıçam'da kök taze ağırlığı (KTA)'na ait bulgular

Kök Taze Ağırlığına (KTA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 12 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanda kök boğazından kesilerek sadece kök kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.81'de gösterilmiştir.

Tablo 4.81 Sarıçamda kök taze ağırlığı (KTA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	0,72	1,38	0,82	1,28	1,54	1,55	0,33	0,61	0,79	0,75	0,40	0,37	1,53	1,45
2. Blok Ort.	1,08	0,91	0,50	0,69	0,91	0,76	0,56	1,23	0,84	0,46	0,38	0,60	0,74	0,41
3. Blok Ort.	2,43	1,30	0,76	1,03	0,80	0,73	0,19	0,78	0,46	0,38	0,86	0,24	0,97	1,03
İstatistik Ort.	1,41 ± 1,27	1,20 ± 0,71	0,70 ± 0,51	1,00 ± 0,70	1,08 ± 0,79	1,02 ± 0,72	0,37 ± 0,27	0,92 ± 0,85	0,70 ± 0,59	0,53 ± 0,44	0,55 ± 0,43	0,41 ± 0,27	1,08 ± 0,73	0,97 ± 0,67

Elde edilen 1260 adet KTA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Taze Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.82).

Tablo 4.82 Sarıçamda kök taze ağırlığı (KTA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KTA)	Gruplar Arası	33,668	13	2,590	23,734	0,000
	Grup İçi	132,905	1218	0,109		
	Toplam	166,573	1231			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Taze Ağırlığının yedi homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT, Kontrol, Elle Çapa TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Ekskavatör Tırmık Yatay, Rotavatör, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise yedinci grupta yer almıştır (Tablo 4.83).

Tablo 4.83 Sarıçamda kök taze ağırlığı (KTA) TUKEY analiz sonuçları

Log(KTA)								
Tukey HSD[a,b]								
		Subset for alpha = 0,05						
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6	7
Elle Tırmık	81	-0,5364						
Kontrol TT	77	-0,4800	-0,4800					
Kontrol	90	-0,3758	-0,3758	-0,3758				
Elle Çapa TT	89	-0,3718	-0,3718	-0,3718				
Elle Çapa	90		-0,3128	-0,3128	-0,3128			
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			-0,2608	-0,2608	-0,2608		
Elle Tırmık TT	90				-0,2008	-0,2008	-0,2008	
Rotavatör TT	88					-0,1249	-0,1249	-0,1249
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90						-0,0912	-0,0912
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89						-0,0904	-0,0904
Ekskavatör Tırmık Yatay	90						-0,0862	-0,0862
Rotavatör	89						-0,0487	-0,0487
Ekskavatör Kova	90							-0,0309
Ekskavatör Kova TT	90							-0,0082
Sig.		0,060	0,051	0,550	0,595	0,264	0,122	0,525
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.								
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.								
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.								

4.7.2.6 Sarıçam'da gövde taze ağırlığı (GTA)'na ait bulgular

Gövde Taze Ağırlığına (GTA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanda kök boğazından kesilerek sadece gövde kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.84'de belirtilmiştir.

Tablo 4.84 Sarıçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	2,15	4,04	2,24	3,14	4,47	4,69	0,81	1,75	2,02	2,46	0,98	1,05	3,87	3,91
2. Blok Ort.	3,20	2,54	1,18	1,92	2,27	2,00	1,58	3,45	2,25	1,39	1,08	1,54	2,28	1,06
3. Blok Ort.	5,43	3,99	2,20	3,04	4,55	2,16	0,44	1,79	1,35	1,07	2,59	0,53	2,29	3,32
İstatistik Ort.	3,59 ± 2,93	3,52 ± 2,16	1,88 ± 1,76	2,70 ± 1,90	3,76 ± 7,32	2,95 ± 2,30	0,98 ± 0,84	2,57 ± 2,24	1,87 ± 1,64	1,64 ± 1,51	1,55 ± 1,41	1,05 ± 0,77	2,82 ± 1,75	2,78 ± 2,14

Elde edilen 1260 adet GTA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Gövde Taze Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.85).

Tablo 4.85 Sarıçamda gövde taze ağırlığı (GTA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(GTA)	Gruplar Arası	41,107	13	3,162	25,747	0,000
	Grup İçi	149,589	1218	0,123		
	Toplam	190,696	1231			

Tablo 4.86 Sarıçamda gövde taze ağırlığı (GTA) TUKEY analiz sonuçları

Log(GTA)							
Tukey HSD[a,b]							
		Subset for alpha = 0,05					
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6
Elle Tırmık	81	-0,1576					
Kontrol TT	77	-0,0927	-0,0927				
Kontrol	90		0,0520	0,0520			
Elle Çapa TT	89			0,0854	0,0854		
Elle Çapa	90			0,1082	0,1082		
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			0,1285	0,1285		
Elle Tırmık TT	90				0,2410	0,2410	
Rotavatör TT	88					0,3165	0,3165
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90					0,3258	0,3258
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89					0,3503	0,3503
Rotavatör	89					0,3803	0,3803
Ekskavatör Tırmık Yatay	90					0,3895	0,3895
Ekskavatör Kova	90					0,3993	0,3993
Ekskavatör Kova TT	90						0,4525
Sig.		0,995	0,260	0,976	0,161	0,142	0,360
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.							
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.							

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Gövde Taze Ağırlığının altı homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise altıncı grupta yer almıştır (Tablo 4.86).

4.7.2.7 Sarıçam'da kök kuru ağırlığı (KKA)'na ait bulgular

Kök Kuru Ağırlığı (KKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan yaş ağırlıkları ölçüldükten sonra fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 dercede 24 saat kurutulduktan sonra sadece kök kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.87'de belirtilmiştir.

Tablo 4.87 Sarıçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tır Dik	Eksk Tır Dik TT	Eksk Tırk Yat	Eksk Tır Yat TT	Elle Tırk	Elle Tırk TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	0,34	0,61	0,42	0,61	0,68	0,76	0,16	0,29	0,42	0,37	0,20	0,19	0,67	0,72
2. Blok Ort.	0,52	0,47	0,24	0,33	0,72	0,36	0,26	0,62	0,38	0,22	0,20	0,27	0,39	0,22
3. Blok Ort.	1,05	0,62	0,40	0,48	0,38	0,35	0,10	0,33	0,24	0,18	0,43	0,12	0,47	0,53
İstatistik Ort.	0,63 ± 0,54	0,57 ± 0,31	0,35 ± 0,25	0,47 ± 0,31	0,59 ± 0,55	0,49 ± 0,36	0,17 ± 0,12	0,44 ± 0,38	0,35 ± 0,28	0,26 ± 0,22	0,28 ± 0,21	0,20 ± 0,12	0,51 ± 0,33	0,49 ± 0,34

Elde edilen 1260 adet KKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Kuru Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.88).

Tablo 4.88 Sarıçamda kök kuru ağırlığı (KKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(KKA)	Gruplar Arası	33,622	13	2,586	25,600	0,000
	Grup İçi	123,053	1218	0,101		
	Toplam	156,675	1231			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Kök Kuru Ağırlığının yedi homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Rotavatör, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise yedinci grupta yer almıştır (Tablo 4.89).

Tablo 4.89 Sarıçamda kök kuru ağırlığı (KKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(KKA)								
Tukey HSD[a,b]								
		Subset for alpha = 0,05						
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6	7
Elle Tırmık	81	-0,8525						
Kontrol TT	77	-0,7969	-0,7969					
Elle Çapa TT	89		-0,6832	-0,6832				
Kontrol	90		-0,6684	-0,6684				
Elle Çapa	90			-0,6061	-0,6061			
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			-0,5558	-0,5558	-0,5558		
Elle Tırmık TT	90				-0,5000	-0,5000	-0,5000	
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89					-0,4104	-0,4104	-0,4104
Rotavatör TT	88					-0,4078	-0,4078	-0,4078
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90					-0,4030	-0,4030	-0,4030
Rotavatör	89						-0,3719	-0,3719
Ekskavatör Kova	90						-0,3644	-0,3644
Ekskavatör Tırmık Yatay	90						-0,3515	-0,3515
Ekskavatör Kova TT	90							-0,3223
Sig.		0,997	0,293	0,306	0,621	0,085	0,108	0,859
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.								
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.								
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.								

4.7.2.8 Sarıçam'da gövde kuru ağırlığı (GKA)'na ait bulgular

Gövde Kuru Ağırlığı (GKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan yaş ağırlıkları ölçüldükten sonra fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 derecede 24 saat kurutulduktan sonra sadece gövde kısımları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.90'da gösterilmiştir.

Tablo 4.90 Sarıçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	0,94	1,63	1,15	1,37	1,82	2,07	0,34	0,81	1,20	1,06	0,47	0,47	1,50	1,70
2. Blok Ort.	1,36	1,20	0,59	0,84	1,48	0,80	0,63	1,68	0,96	0,62	0,57	0,64	0,93	0,56
3. Blok Ort.	2,19	1,69	1,20	1,31	1,14	0,96	0,20	0,74	0,69	0,42	1,29	0,22	1,03	1,77
İstatistik Ort.	1,50 ± 1,23	1,51 ± 0,89	0,98 ± 0,98	1,17 ± 0,80	1,48 ± 1,08	1,27 ± 1,01	0,40 ± 0,33	1,16 ± 1,03	0,95 ± 0,83	0,70 ± 0,68	0,78 ± 0,66	0,45 ± 0,31	1,15 ± 0,72	1,35 ± 0,99

Elde edilen 1260 adet GKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Gövde Kuru Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.91).

Tablo 4.91 Sarıçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(GKA)	Between Groups	40,175	13	3,090	25,865	0,000
	Within Groups	145,525	1218	0,119		
	Total	74,955	824			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Gövde Kuru Ağırlığının yedi homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Rotavatör, Rotavatör TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise yedinci grupta yer almıştır (Tablo 4.92).

Tablo 4.92 Sarıçamda gövde kuru ağırlığı (GKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(GKA)								
Tukey HSD[a,b]								
		Subset for alpha = 0,05						
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6	7
Elle Tırmık	81	-0,5292						
Kontrol TT	77	-0,4577	-0,4577					
Elle Çapa TT	89		-0,2929	-0,2929				
Kontrol	90			-0,2440	-0,2440			
Elle Çapa	90			-0,1786	-0,1786	-0,1786		
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			-0,1670	-0,1670	-0,1670		
Elle Tırmık TT	90				-0,1026	-0,1026	-0,1026	
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90					-0,0296	-0,0296	-0,0296
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89					-0,0140	-0,0140	-0,0140
Rotavatör	89					-0,0081	-0,0081	-0,0081
Rotavatör TT	88						0,0124	0,0124
Ekskavatör Kova	90						0,0249	0,0249
Ekskavatör Tırmık Yatay	90						0,0635	0,0635
Ekskavatör Kova TT	90							0,0900
Sig.		0,985	0,091	0,470	0,274	0,066	0,084	0,561
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.								
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.								
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.								

4.7.2.9 Sarıçam'da ibre kuru ağırlığı (İKA)'na ait bulgular

İbre Kuru Ağırlığı (İKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan yaş ağırlıkları ölçümü takriben fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 dercede 24 saat kurutulduktan sonra ibreler gövde kısmından ayrılarak sadece ibreler hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.93'de belirtilmiştir.

Tablo 4.93 Sarıçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	0,62	1,02	0,77	0,88	1,20	1,36	0,24	0,57	0,69	0,68	0,35	0,34	0,97	1,12
2. Blok Ort.	0,88	0,76	0,39	0,58	1,06	0,57	0,43	1,14	0,63	0,40	0,41	0,43	2,60	0,40
3. Blok Ort.	1,36	1,00	0,80	0,84	0,74	0,62	0,15	0,49	0,41	0,27	0,78	0,16	0,69	0,88
İstatistik Ort.	0,96 ± 0,72	0,93 ± 0,51	0,66 ± 0,65	0,77 ± 0,48	1,00 ± 0,75	0,85 ± 0,65	0,28 ± 0,22	0,77 ± 0,64	0,58 ± 0,46	0,46 ± 0,39	0,52 ± 0,40	0,31 ± 0,21	0,75 ± 0,46	0,80 ± 0,57

Elde edilen 1260 adet İKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda İbre Kuru Ağırlığının toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.94).

Tablo 4.94 Sarıçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	36,648	13	2,819	24,377	0,000
	Grup İçi	140,855	1218	0,116		
	Toplam	177,502	1231			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Tukey testine göre İbre Kuru Ağırlığının altı homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Elle Tırmık TT, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Rotavatör TT, Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Ekskavatör Kova TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay işlem tipleri ise altıncı grupta yer almıştır (Tablo 4.95).

Tablo 4.95 Sarıçamda ibre kuru ağırlığı (İKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(IA)							
Tukey HSD[a,b]							
		Subset for alpha = 0,05					
İşlem_Tipi	N	1	2	3	4	5	6
Elle Tırmık	81	-0,6811					
Kontrol TT	77	-0,6201	-0,6201				
Elle Çapa TT	89		-0,4789	-0,4789			
Kontrol	90			-0,4084	-0,4084		
Elle Çapa	90			-0,3857	-0,3857		
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			-0,3377	-0,3377	-0,3377	
Elle Tırmık TT	90				-0,2667	-0,2667	-0,2667
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90					-0,2037	-0,2037
Rotavatör TT	88					-0,2033	-0,2033
Rotavatör	89					-0,1904	-0,1904
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	89					-0,1862	-0,1862
Ekskavatör Kova	90						-0,1576
Ekskavatör Kova TT	90						-0,1162
Ekskavatör Tırmık Yatay	90						-0,1034
Sig.		0,996	0,252	0,250	0,246	0,158	0,085
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.							
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,819.							
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.							

4.7.2.10 Sarıçam'da fidan taze ağırlığı (FTA)'na ait bulgular

Fidan Taze Ağırlığı (FTA)için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidanın yaş ağırlıkları hassas terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.96'da belirtilmiştir.

Tablo 4.96 Sarıçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	2,86	5,43	3,07	4,43	6,02	6,24	1,14	2,35	2,80	3,21	1,37	1,42	5,40	5,36
2. Blok Ort.	4,28	3,44	1,69	2,61	3,19	2,76	2,14	4,68	3,09	1,84	1,46	2,14	3,02	1,47
3. Blok Ort.	7,87	5,29	2,97	4,07	5,35	2,90	0,64	2,57	1,81	1,45	3,45	0,77	3,26	4,35
İstatistik Ort.	5,00 ± 4,15	4,72 ± 2,79	2,58 ± 2,22	3,70 ± 2,55	4,85 ± 7,48	3,96 ± 2,97	1,35 ± 1,09	3,23 ± 2,93	2,57 ± 2,20	2,18 ± 1,93	2,09 ± 1,82	1,46 ± 1,02	3,89 ± 2,43	3,75 ± 2,77

Elde edilen 1260 adet FTA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Fidan Taze Ağırlığı toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.97).

Tablo 4.97 Sarıçamda fidan taze ağırlığı (FTA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	38,959	13	2,997	25,982	0,000
	Grup İçi	140,374	1217	0,115		
	Toplam	179,332	1230			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Tukey testine göre Fidan Taze Ağırlığı beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Kova ve Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.98).

Tablo 4.98 Sarıçamda fidan taze ağırlığı (FTA) TUKEY analiz sonuçları

Log(FTA)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_kod	N	1	2	3	4	5
Elle Tırmık	81	-0,0009				
Kontrol TT	77	0,0620	0,0620			
Kontrol	90		0,1929	0,1929		
Elle Çapa TT	89		0,2195	0,2195		
Elle Çapa	90			0,2535		
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			0,2805		
Elle Tırmık TT	87			0,3274	0,3274	
Rotavatör TT	88				0,4536	0,4536
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90				0,4708	0,4708
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	90				0,4884	0,4884
Rotavatör	90					0,5214
Ekskavatör Tırmık Yatay	90					0,5262
Ekskavatör Kova	90					0,5393
Ekskavatör Kova TT	90					0,5850
Sig.		0,9947	0,1154	0,3263	0,0960	0,3664
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,746.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.2.11 Sarıçam'da fidan kuru ağırlığı (FKA)'na ait bulgular

Fidan Kuru Ağırlığı (FKA) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan yaş ağırlıkları ölçümü sonrasında fidanlar kese kağıtlarına konularak etüvde 105 dercede 24 saat kurutulup kuru ağırlıklar hassas

terazide ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.99'da belirtilmiştir.

Tablo 4.99 Sarıçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	0,34	0,61	0,42	0,61	0,68	0,76	0,16	0,29	0,42	0,37	0,20	0,19	0,67	0,72
2. Blok Ort.	0,52	0,47	0,24	0,33	0,72	0,36	0,26	0,62	0,38	0,22	0,20	0,27	0,39	0,22
3. Blok Ort.	1,05	0,62	0,40	0,48	0,38	0,35	0,10	0,33	0,24	0,18	0,43	0,12	0,47	0,53
İstatistik Ort.	0,63 ± 0,54	0,57 ± 0,31	0,35 ± 0,25	0,47 ± 0,31	0,59 ± 0,55	0,49 ± 0,36	0,17 ± 0,12	0,42 ± 0,38	0,35 ± 0,28	0,26 ± 0,22	0,28 ± 0,21	0,20 ± 0,12	0,51 ± 0,33	0,49 ± 0,34

Elde edilen 1260 adet FKA verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Fidan Kuru Ağırlığı toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.100).

Tablo 4.100 Sarıçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	33,697	13	2,592	25,240	0,000
	Grup İçi	124,983	1217	0,103		
	Toplam	158,680	1230			

Tablo 4.101 Sarıçamda fidan kuru ağırlığı (FKA) TUKEY analiz sonuçları

Log(FKA)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_kod	N	1	2	3	4	5
Elle Tırmık	81	-0,8525				
Kontrol TT	77	-0,7969	-0,7969			
Elle Çapa TT	89		-0,6832	-0,6832		
Kontrol	90		-0,6684	-0,6684		
Elle Çapa	90			-0,6061		
Ekskavatör Tırmık Dikey	89			-0,5558	-0,5558	
Elle Tırmık TT	87			-0,5447	-0,5447	
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	90				-0,4089	-0,4089
Rotavatör TT	88				-0,4078	-0,4078
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90				-0,4030	-0,4030
Rotavatör	90					-0,3728
Ekskavatör Kova	90					-0,3644
Ekskavatör Tırmık Yatay	90					-0,3515
Ekskavatör Kova TT	90					-0,3223
Sig.		0,9971	0,3070	0,1951	0,0913	0,8809
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,746.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Tukey testine göre Fidan Kuru Ağırlığı beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Rotavatör, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay ve Ekskavatör Kova TT işlem tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.101).

4.7.2.12 Sarıçam'da kuru kök yüzdesi (KKY)'ne ait bulgular

Kuru Kök Yüzdesi (KKY) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan için ölçümü yapılan kuru ağırlıklar üzerinde fidanın kök kısmının tüm fidanın kuru ağılığına oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.102'de belirtilmiştir.

Tablo 4.102 Sarıçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	36,51	42,02	45,14	48,41	40,62	37,82	53,13	39,56	41,71	39,42	44,39	47,94	45,90	45,48
2. Blok Ort.	39,81	41,93	48,39	44,00	46,59	49,65	44,18	38,45	40,33	42,89	39,98	44,77	43,23	43,23
3. Blok Ort.	50,48	37,62	36,33	40,87	34,43	40,42	52,97	51,39	35,93	48,01	35,75	64,25	48,79	30,84
İstatistik Ort.	42,27 ± 11,52	40,52 ± 13,65	43,23 ± 14,35	44,42 ± 14,74	40,55 ± 13,98	42,63 ± 14,58	49,77 ± 15,72	43,26 ± 17,63	39,32 ± 12,88	43,39 ± 17,30	40,04 ± 16,53	52,12 ± 26,45	45,97 ± 21,29	39,92 ± 12,83

Elde edilen 1260 adet KKY verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Kök Kuru Yüzdesi toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.103).

Tablo 4.103 Sarıçamda kök kuru yüzdesi (KKY) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	1,056	13	0,081	3,652	0,000
	Grup İçi	27,080	1217	0,022		
	Toplam	28,136	1230			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Tukey testine göre Kök Kuru Yüzdesinde üç homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Çapa, Kontrol, Rotavatör TT, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Kova TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Elle Tırmık TT, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Dikey, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Rotavatör işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Elle Tırmık TT, Elle Çapa TT, Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Dikey, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Rotavatör, Kontrol TT ve Elle Tırmık işlem tipleri ise üçüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.104).

Tablo 4.104 Sarıçamda kök kuru yüzdesi (KKY) TUKEY analiz sonuçları

Log(KKY)				
Tukey HSD[a,b]				
		Subset for alpha = 0,05		
Tip_kod	N	1	2	3
Elle Çapa	90	1,5725		
Kontrol	90	1,5756		
Rotavatör TT	88	1,5798		
Ekskavatör Tırmık Yatay	90	1,5850		
Ekskavatör Kova TT	90	1,5877	1,5877	
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	90	1,6059	1,6059	1,6059
Elle Tırmık TT	87	1,6074	1,6074	1,6074
Elle Çapa TT	89	1,6097	1,6097	1,6097
Ekskavatör Kova	90	1,6107	1,6107	1,6107
Ekskavatör Tırmık Dikey	89	1,6112	1,6112	1,6112
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90	1,6266	1,6266	1,6266
Rotavatör	90	1,6350	1,6350	1,6350
Kontrol TT	77		1,6608	1,6608
Elle Tırmık	81			1,6767
Sig.		0,2384	0,0712	0,0940
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,746.				
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.				

4.7.2.13 Sarıçam'da katlılık (K) ile ilgili bulgular

Katlılık (K) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan için ölçümü yapılan fidan gövde kuru ağırlığı değerinin kök kuru ağırlığı değerine oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Katlılık verileri Tablo 4.105'de belirtilmiştir.

Tablo 4.105 Sarıçamda katlılık (K) ortalama verileri

	Eksk Kova	Eksk Kova TT	Eksk Tır Dik	Eksk Tır Dik TT	Eksk Tırk Yat	Eksk Tır Yat TT	Elle Tırk	Elle Tırk TT	Elle Çapa	Elle Çapa TT	Kontrol	Kontrol TT	Rotavatör	Rotavatör TT
1. Blok Ort.	2,93	2,79	2,52	2,22	2,65	2,85	2,10	2,75	2,65	2,87	2,60	2,47	2,34	2,40
2. Blok Ort.	2,61	2,53	2,33	2,56	2,46	2,16	2,44	2,99	2,70	2,62	2,73	3,89	2,80	2,53
3. Blok Ort.	2,08	2,78	2,96	2,63	3,12	2,83	2,04	2,16	3,10	2,29	3,07	1,88	2,18	3,37
İstatistik Ort.	2,54 ± 0,68	2,70 ± 0,86	2,61 ± 1,01	2,47 ± 0,75	2,74 ± 0,92	2,61 ± 0,86	2,20 ± 0,67	2,63 ± 1,03	2,82 ± 0,93	2,59 ± 0,82	2,80 ± 0,90	2,78 ± 3,69	2,44 ± 0,76	2,76 ± 0,87

Elde edilen 1260 adet K verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Katlılık toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.106).

Tablo 4.106 Sarıçamda katlılık (K) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	1,056	13	0,081	3,652	0,000
	Grup İçi	27,080	1217	0,022		
	Toplam	28,136	1230			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Tukey testine göre Katlılık üç homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Elle Tırmık, Kontrol TT, Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Tırmık Dikey, Ekskavatör Kova, Elle Çapa TT, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Tırmık Dikey, Ekskavatör Kova, Elle Çapa TT, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT, Ekskavatör Kova TT, Ekskavatör Tırmık Yatay, Rotavatör TT, Kontrol, Elle Çapa işlem tipleri ise üçüncü grupta yer almıştır (Tablo 4.107).

Tablo 4.107 Sarıçamda katlılık (K) TUKEY analiz sonuçları

Log(K)				
Tukey HSD[a,b]				
		Subset for alpha = 0,05		
Tip_kod	N	1	2	3
Elle Tırmık	81	0,3233		
Kontrol TT	77	0,3392	0,3392	
Rotavatör	90	0,3650	0,3650	0,3650
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90	0,3734	0,3734	0,3734
Ekskavatör Tırmık Dikey	89	0,3888	0,3888	0,3888
Ekskavatör Kova	90	0,3893	0,3893	0,3893
Elle Çapa TT	89	0,3903	0,3903	0,3903
Elle Tırmık TT	87	0,3926	0,3926	0,3926
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	90	0,3941	0,3941	0,3941
Ekskavatör Kova TT	90		0,4123	0,4123
Ekskavatör Tırmık Yatay	90			0,4150
Rotavatör TT	88			0,4202
Kontrol	90			0,4244
Elle Çapa	90			0,4275
Sig.		0,0940	0,0712	0,2384
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,746.				
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.				

4.7.2.14 Sarıçam'da gürbüzlük indeksi (Gİ)'ne ait bulgular

Gürbüzlük İndeksi (Gİ) için her işleme ait 90 adet fidan olmak üzere 14 farklı işleme ait toplam 1260 adet fidan için ölçümü yapılan fidan boyunun fidan kök boğaz çapına oranı hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 3 tekrarlı olarak sadece ortalamaları alınarak Tablo 4.66'da gösterilmiştir.

Tablo 4.108 Sarıçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ortalama verileri

	Eksk Kova	**Eksk Kova TT**	**Eksk Tır Dik**	**Eksk Tır Dik TT**	**Eksk Tırk Yat**	**Eksk Tır Yat TT**	**Elle Tırk**	**Elle Tırk TT**	**Elle Çapa**	**Elle Çapa TT**	**Kontrol**	**Kontrol TT**	**Rotavatör**	**Rotavatör TT**
1. Blok Ort.	4,67	4,14	4,32	4,37	4,19	4,16	5,14	4,89	4,62	4,52	4,78	5,26	3,82	4,47
2. Blok Ort.	4,25	4,39	4,49	3,98	4,41	4,15	4,38	4,00	4,08	4,75	4,78	4,53	4,43	4,49
3. Blok Ort.	4,22	4,37	4,55	4,06	4,49	4,64	4,28	4,13	5,24	5,03	4,60	4,63	3,93	4,62
İstatistik Ort.	4,38 ± 0,85	4,30 ± 0,70	4,45 ± 0,77	4,14 ± 0,76	4,37 ± 0,71	4,32 ± 0,70	4,58 ± 0,90	4,32 ± 0,84	4,64 ± 0,93	4,76 ± 0,82	4,72 ± 0,82	4,80 ± 0,87	4,06 ± 1,43	4,52 ± 0,78

Elde edilen 1260 adet Gİ verileri kullanılarak yapılan istatistik ANOVA analizi sonucunda Gürbüzlük İndeksi toprak işleme şekline göre istatiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) değişiklik gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.109).

Tablo 4.109 Sarıçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) ANOVA analiz sonuçları

ANOVA						
		Sum of Squares	**df**	**Mean Square**	**F**	**Sig.**
Log(IKA)	Gruplar Arası	0,662	13	0,051	7,221	0,000
	Grup İçi	8,578	1217	0,007		
	Toplam	9,240	1230			

Anova analizi sonucunda uygulanan işlemler arasında anlamlı farklılıkların var olduğu ortaya çıktıktan sonra Tukey Testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre Tukey testine göre Gürbüzlük İndeksi beş homejen grup meydana geldiği görülmüştür. Rotavatör, Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Elle Tırmık TT, Ekskavatör Kova TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT işlem tipleri birinci grupta yer alırken Ekskavatör Kova, Ekskavatör Tırmık Yatay, Ekskavatör Tırmık Dikey, Rotavatör TT, Elle Tırmık, Elle Çapa, Kontrol, Elle Çapa TT ve Kontrol TT işlem tipleri ise beşinci grupta yer almıştır (Tablo 4.110).

Tablo 4.110 Sarıçamda gürbüzlük indeksi (Gİ) TUKEY analiz sonuçları

Log(Gİ)						
Tukey HSD[a,b]						
		Subset for alpha = 0,05				
Tip_kod	N	1	2	3	4	5
Rotavatör	90	0,5890				
Ekskavatör Tırmık Dikey TT	90	0,6096	0,6096			
Elle Tırmık TT	87	0,6277	0,6277	0,6277		
Ekskavatör Kova TT	90	0,6280	0,6280	0,6280		
Ekskavatör Tırmık Yatay TT	90	0,6293	0,6293	0,6293	0,6293	
Ekskavatör Kova	90		0,6329	0,6329	0,6329	0,6329
Ekskavatör Tırmık Yatay	90		0,6344	0,6344	0,6344	0,6344
Ekskavatör Tırmık Dikey	89		0,6427	0,6427	0,6427	0,6427
Rotavatör TT	88		0,6492	0,6492	0,6492	0,6492
Elle Tırmık	81			0,6526	0,6526	0,6526
Elle Çapa	90			0,6580	0,6580	0,6580
Kontrol	90			0,6678	0,6678	0,6678
Elle Çapa TT	89				0,6715	0,6715
Kontrol TT	77					0,6747
Sig.		0,0860	0,1010	0,0900	0,0551	0,0599
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 87,746.						
b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.						

4.7.3 Karaçam ve Sarıçam'da Fidan Parametrelerine İlişkin Korelasyon ve UPGMA Analizlerine Ait Bulgular

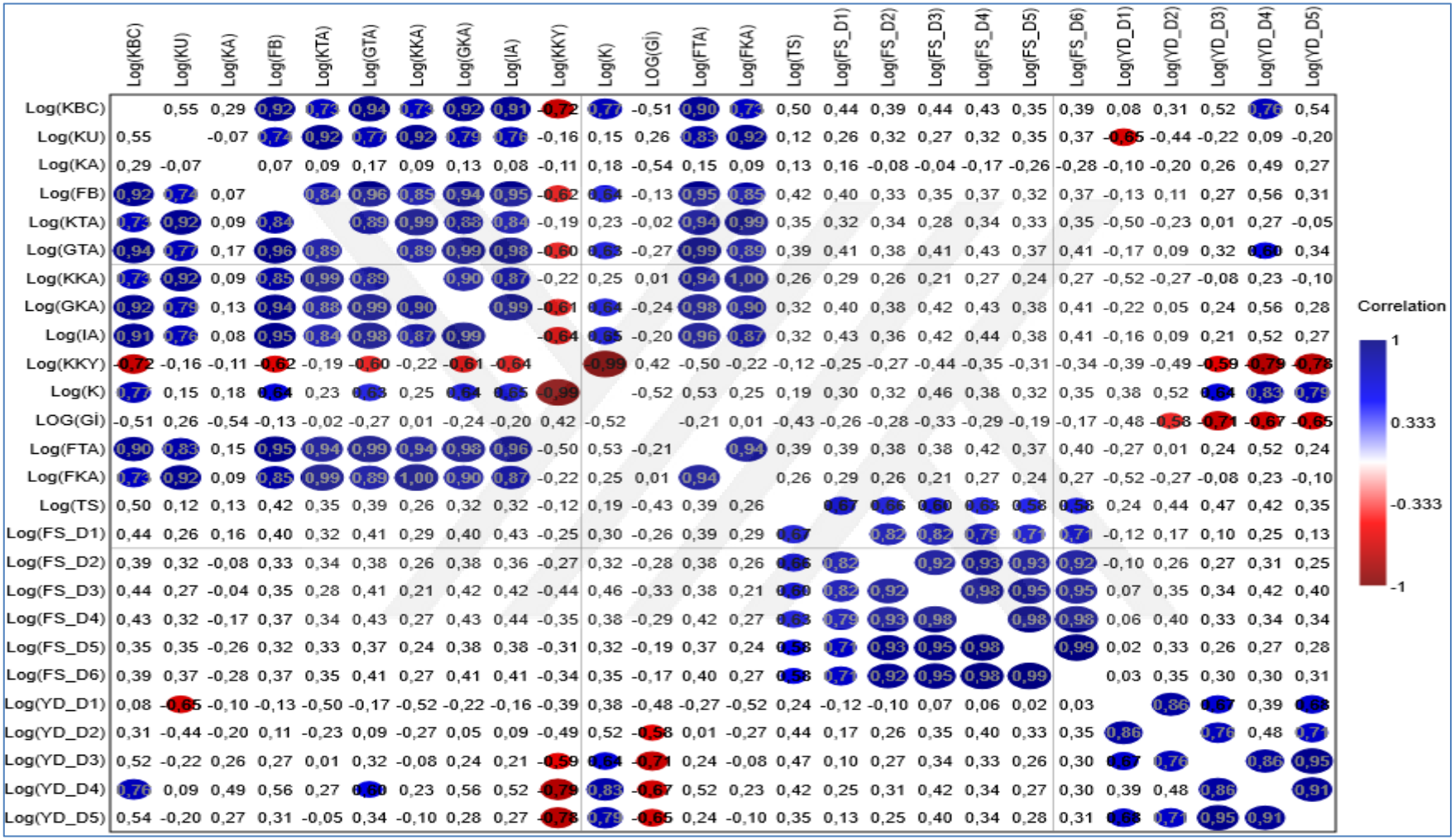
4.7.3.1 Karaçam ve Sarıçam'da korelasyon analizleri

4.7.3.1.1 Karaçam'da korelasyon analizlerine ait bulgular

Karaçam örneklerinden elde edilen veriler ile yapılan Pearson korelasyon analizlerinde ağırlık paremetreleri arında güçlü pozitif korelasyon ($p<0,05$; $r>0,8$) tespit edilmişitir. En güçlü negatif korelasyon ($p<0,05$; $r=-0,99$) ise log(K) ile log(KKY) arasında tespit edilmiştir (Şekil 4.21).

Fidan kalitesinin ve morfolojik gelişiminin en temel göstergeleri olan Kök Boğazı Çapı [Log(KBC)] ve Fidan Boyu [Log(FB)] ile fidanın ağırlık bileşenleri arasında istatistiksel olarak çok güçlü ve pozitif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. Log(KBC); Fidan Boyu [Log(FB) (r = 0,92)], Kök Taze Ağırlığı [Log(KTA) (r = 0,73)], Gövde Taze Ağırlığı [Log(GTA) (r = 0,94)], Kök Kuru Ağırlığı [Log(KKA) (r = 0,73)] ve Gövde Kuru Ağırlığı [Log(GKA) (r = 0,92)] ile çok güçlü sinerjik bir ilişki içerisindedir. Benzer şekilde Log(FB); Log (GTA) (r = 0,96) ve Log (GKA) (r = 0,94) ile neredeyse mükemmele yakın bir doğrusal ilişki sergilemektedir. Bu güçlü pozitif korelasyonlar, karaçam fidanlarında eksenel büyüme (boy ve çap artımı) ile karbon tahsisi (biyokütle birikimi) mekanizmalarının birbiriyle tamamen paralel ve dengeli bir şekilde ilerlediğini göstermektedir. Fidan boyu arttıkça gövdede depolanan kuru madde miktarının artması beklenen bir fizyolojik durumdur (Şekil 4.21).

İbre Ağırlığı [Log(IA)], fidanın fotosentez kapasitesini ve transpirasyon yüzeyini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Log(IA); Kök Boğazı Çapı [Log(KBC) (r = 0,91)], Fidan Boyu [Log(FB) (r = 0,76)], Gövde Taze Ağırlığı [Log(GTA) (r = 0,87)] ve Gövde Kuru Ağırlığı [Log(GKA) (r = 0,99)] ile çok güçlü pozitif ilişkilere sahiptir. Gövde kuru ağırlığı ile ibre ağırlığı arasındaki r = 0,99'luk ilişki, asimilasyon organlarının (ibrelerin) gelişiminin, doğrudan odunsu gövde dokusunun kalınlaşmasını ve kuru madde birikimini beslediğini doğrulamaktadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Karaçam'da korelasyon analizi

En dikkat çekici bulgulardan biri, muhtemelen kök gelişim dengesi veya kalitesiyle ilişkili bir indeks olan Log(KKY) parametresinin gösterdiği negatif korelasyonlardır. Log(KKY); Kök Boğazı Çapı [Log(KBC) (r = -0,72$)], Fidan Boyu [Log(FB) (r = -0,62)], Gövde Taze Ağırlığı [Log(GTA) (r = -0,60)] ve İbre Ağırlığı [Log(IA) (r = -0,64)] ile negatif yönlü ilişki sergilemiştir. Ayrıca Log(K) parametresiyle r = -0,99 düzeyinde mükemmele yakın bir negatif korelasyona sahiptir. Bu durum, fidan içi kaynak tahsisinde belirgin bir ödünleşimi işaret etmektedir. Fidanlar boy ve çap olarak ekstrem düzeyde büyüme yaparken, enerjinin büyük kısmı toprak üstü organlara harcandığından, kök/gövde oranlarında veya belirli kök mimarisi indekslerinde bağıl bir azalma meydana gelebilmektedir (Şekil 4.21).

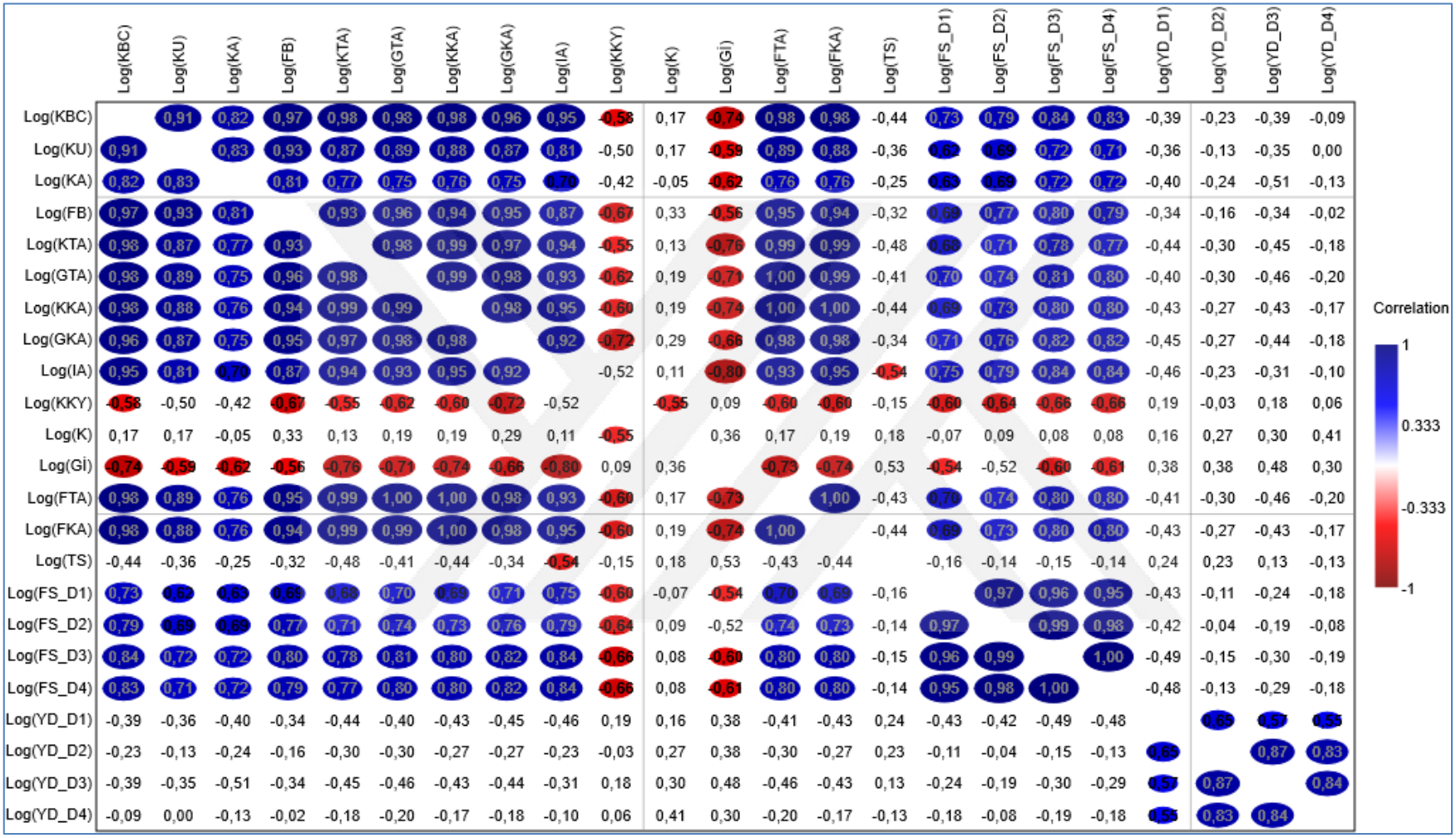
4.7.3.1.2 Sarıçam'da korelasyon analizlerine ait bulgular

Matriste doğrusal ilişkinin mükemmele ulaştığı (r=>0,99) en yüksek pozitif korelasyonlar, fidanın taze biyokütle ağırlıkları ile kuru biyokütle ağırlıkları arasında ve bazı fidan alt yapısal sınıflarında görülmektedir: Log(FTA) ve Log(KKA) (r = 1,00): Fidan Taze Ağırlığı ile Kök Kuru Ağırlığı arasında tam bir doğrusal ilişki saptanmıştır.Log(FTA) ve Log(FKA) (r = 1,00): Fidan Taze Ağırlığı ile Fidan Kuru Ağırlığı arasında da benzer şekilde mükemmel korelasyon mevcuttur.Log(KTA) ve Log(GKA) (r = 0,99): Kök Taze Ağırlığı ile Gövde Kuru Ağırlığı arasındaki ilişki son derece güçlüdür.Log(GTA) ve Log(KKA) (r = 0,99): Gövde Taze Ağırlığı ile Kök Kuru Ağırlığı arasında r = 0,99 değeri tespit edilmiştir.Log(FS_D3) ve Log(FS_D4) (r = 1,00): Fidan yapısal alt sınıflarından D3 ve D4 arasında tam doğrusal ilişki vardır (Şekil 4.22).

Matris genelinde fidan gelişimindeki fizyolojik ödünleşimleri (trade-off) ve ters yönlü ilişkileri gösteren en belirgin negatif (kırmızı) değerler Log(Gİ) ve Log(IA) ile Log(KKY) parametreleri arasında kümelenmiştir: Log(IA) ve Log(Gİ) (r = -0,80): İbre Ağırlığı ile muhtemelen gövde/gelişim indeksi parametresi (Gİ) arasındaki bu değer, matristeki en güçlü negatif korelasyondur. İbre ağırlığı arttıkça bu indeks değerinin doğrusal olarak azaldığını gösterir. Log(KKY) ve Log(IA) (r = -0,80): Kök kalitesi/mimarisi parametresi (KKY) ile İbre Ağırlığı (IA) arasında yine matrisin en dip negatif değerlerinden biri (r = -0,80) saptanmıştır. Log(KKY) ve Log(GKA) (r = -

0,72): KKY parametresi, Gövde Kuru Ağırlığı ile de güçlü bir negatif korelasyon sergilemektedir (Şekil 4.22).

Sarıçam fidan kalitesinde en çok kullanılan iki morfolojik karakterin matris genelindeki durumu şu şekildedir: Log(KBC) ve Log(FB) (r = 0,97): Kök boğazı çapı ile fidan boyu arasında mükemmele yakın pozitif bir ilişki vardır. Bu durum, sarıçam fidanlarının boyca uzarken çapça da dengeli bir şekilde kalınlaştığını (boy/çap dengesinin korunduğunu) gösterir. Log(KBC); Fidan Kuru Ağırlığı [Log(FKA) (r = 0,98)] ve Gövde Kuru Ağırlığı [Log(GKA) (r = 0,96)] ile de çok yüksek korelasyona sahiptir. Kök boğazı çapının artışı, doğrudan fidanın kuru madde birikiminin güçlü bir habercisidir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 Sarıçam'da korelasyon analizi

4.7.3.2 Karaçam ve Sarıçam'da UPGMA analizleri

4.7.3.2.1 Karaçam'da UPGMA analizleri

Farklı Toprak İşleme tekniklerinin benzerliklerinin istatiksel olarak ortaya konulabilmesi amacıyla UPGM analizlerine kapsamda incelenen paremetreler ölçüm skalalarına göre üç gurup altında gruplanmıştır. Bu kapsamda Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) 1.grup, Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) 2.grup, Log(KKY) , Log(K) ve -Log(GI) 3. grup altında incelenmiştir.

Karaçam'da Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) 1.grup UPGMA analizleri:

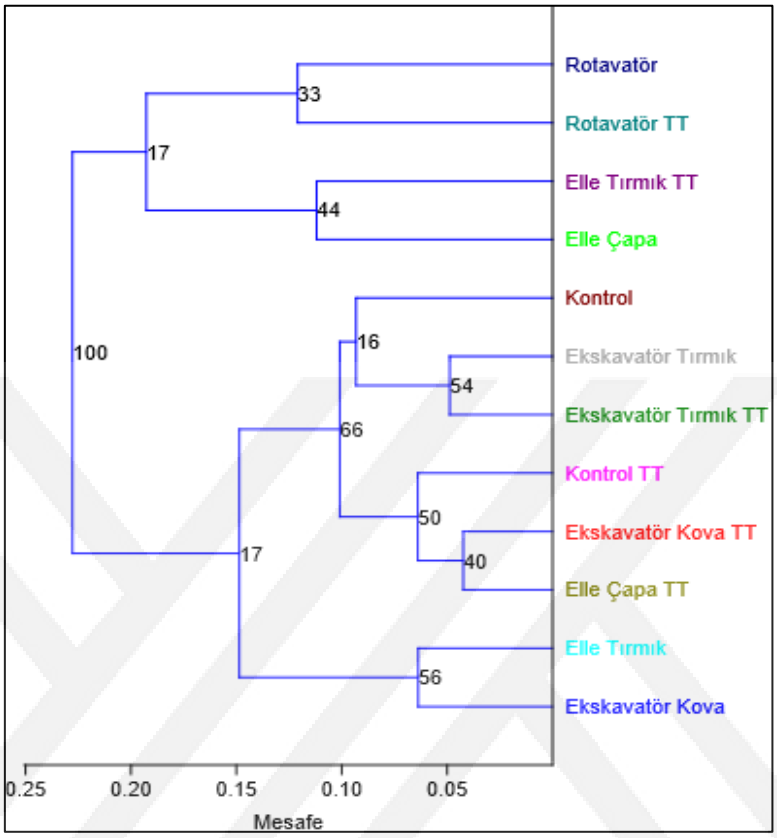
Uygulanan farklı mekanize ve manuel toprak işleme yöntemleri ile tohum takviyeli (TT) varyasyonlarının fidan parametreleri üzerindeki eş değer etkilerini belirlemek amacıyla yapılan UPGMA kümeleme analizi sonucunda, test edilen dinamikler ana hatlarıyla iki temel küme (cluster) altında toplanmıştır. Küme ayrımının gerçekleştiği kök düğüm noktası, %100 bootstrap güvenilirlik değeri ile istatistiksel olarak en yüksek ayırt ediciliğe sahiptir (Şekil 4.23).

1. Birinci Ana Küme: Yoğun/Agresif Toprak İşleme ve Manuel Çapa Grubu:

Dendrogramın üst kısmında ayrışan bu grup, sahadaki ölü/diri örtüyü tamamen kaldıran ya da üst toprağı yoğun şekilde homojenize eden yöntemleri bir araya getirmiştir. Bu ana küme kendi içinde iki alt kola ayrılmaktadır:

- Rotavatör Alt Kümesi (Bootstrap: 33), Rotavatör ve Rotavatör TT (Tohum Takviyeli) uygulamaları, mesafe ekseninde birbirine en yakın (yaklaşık 0,07 mesafe) ve bağımsız bir grup oluşturmuştur. Bu durum, rotavatörle yapılan homojen toprak işlemenin, tohum takviyesi yapılsa da yapılmasa da fidan gelişim dinamikleri üzerinde benzer ve karakteristik bir etki modeli yarattığını göstermektedir.

- Manuel Yoğun İşleme Alt Kümesi (Bootstrap: 44), Elle Tırmık TT ve Elle Çapa uygulamaları bu kolda eşleşmiştir. İnsan gücüyle yapılan bu iki uygulamanın benzer bir kümede yer alması, fidanların mikrosit ihtiyacını karşılama ve sığ toprak gevşetme performansı açısından benzer etkiler ürettiğini doğrulamaktadır.



Şekil 4.23 Karaçam'da Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) parametreleri ile UPGM analizleri

2. İkinci Ana Küme: Ekskavatör Kombinasyonları ve Kontrol Grubu:

Dendrogramın alt kısmında yer alan ve çok daha geniş bir kombinasyonu içeren ikinci ana küme (Bootstrap: 17), kendi içinde fidan gelişimine olan etkileri bakımından birbirine son derece yakın (0,05 ve daha düşük mesafeli) alt gruplara ayrılmıştır. Bu kümedeki en dikkat çekici yapılanmalar şunlardır:

- Ekskavatör Tırmık ve Kontrol Grubu (Bootstrap: 16 & 54): Kontrol (hiçbir işlem yapılmayan) parseli ile Ekskavatör Tırmık ve Ekskavatör Tırmık TT uygulamaları yüksek bir benzerlik grubu oluşturmuştur. Özellikle ekskavatör tırmık uygulamalarının kendi içindeki mesafesinin sıfıra yakın olması, tohum takviyesinin

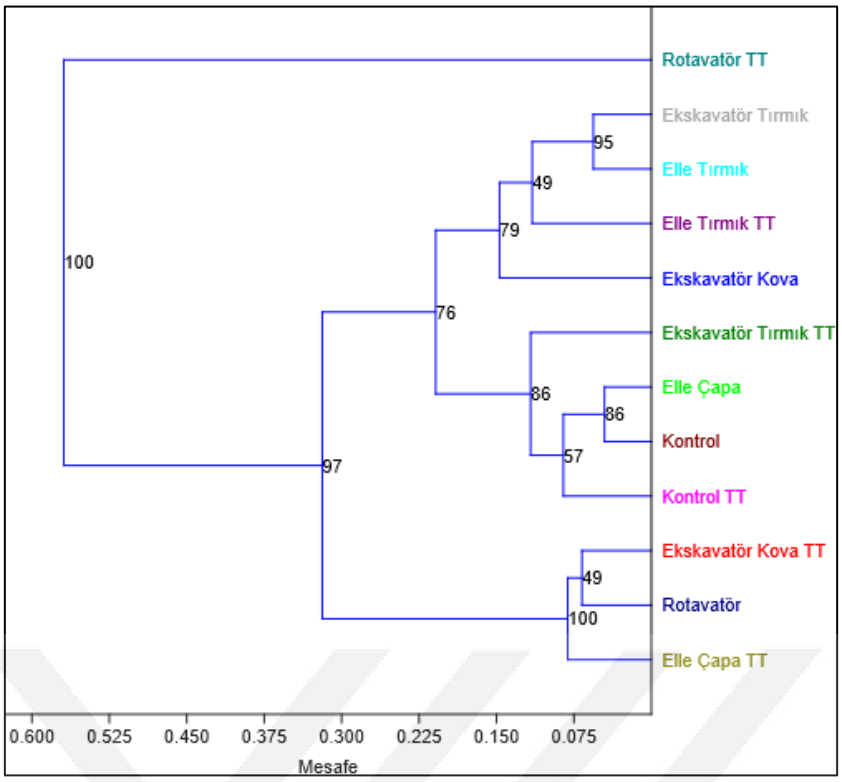
bu mekanize yöntemde baskın bir farklılık yaratmadığını; yöntemin kontrol grubuyla aynı ana kolda yer alması ise tırmıklama işleminin toprağın alt tabakalarını sarsmadan, daha yüzeysel bir etki bıraktığını işaret edebilir.

- Ekskavatör Kova ve Kontrol TT Grubu (Bootstrap: 50 & 40): Kontrol TT, Ekskavatör Kova TT ve Elle Çapa TT uygulamaları yaklaşık 0,04-0,05 gibi çok dar bir mesafe aralığında kümelenmiştir. Burada ortak paydanın çoğunlukla Tohum Takviyesi (TT) olduğu görülmektedir. Tohum takviyesinin varlığı, ekskavatör kovasıyla yapılan lokal/derin işleme ile elle yapılan çapalama sonuçlarını kontrol grubuyla benzer bir başarı eğrisine taşımıştır.

- Ekskavatör Kova ve Elle Tırmık (Bootstrap: 56): Tohum takviyesiz yapılan Elle Tırmık ve Ekskavatör Kova uygulamaları da yaklaşık 0,06 mesafede birbiriyle eşleşerek bu ana kümenin tabanını oluşturmuştur.

Karaçam'da Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) 2.grup UPGMA analizleri:

Fidanların taze ve kuru ağırlık bileşenleri (kök, gövde, ibre taze/kuru ağırlıkları) dikkate alınarak gerçekleştirilen UPGMA kümeleme analizi, uygulanan arazi hazırlığı yöntemlerinin fidan biyokütle gelişimi üzerinde çok net ve istatistiksel olarak yüksek güvenirlikli (%100 Bootstrap) iki ana küme (cluster) oluşturduğunu göstermektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 Karaçam'da Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) parametreleri ile UPGM analizleri

1. Birinci Ana Küme: Aykırı Değer Olarak "Rotavatör TT"

Dendrogramın en üstünde, diğer tüm uygulamalardan yaklaşık 0,570 gibi oldukça yüksek bir mesafe ile %100 güvenilirlik (Bootstrap: 100) düzeyinde ayrışan tek bir uygulama yer almaktadır: Rotavatör TT (Tohum Takviyeli).

- Silvikültürel Değerlendirme: Rotavatörün tüm sahada ölü ve diri örtüyü homojenize ederek toprağı tamamen işlemesi, tohum takviyesiyle birleştiğinde fidanların ağırlık ve biyokütle parametrelerinde diğer yöntemlerden tamamen farklı, uç (ekstrem) bir gelişim paterni ortaya çıkarmıştır. Bu yöntem, fidan içi kuru madde birikimini ve organ ağırlıklarını kendine has (spesifik) bir boyuta taşımıştır.

2. İkinci Ana Küme: Dengeli Kümelenme ve Alt Gruplar

Geri kalan tüm mekanize ve manuel yöntemler, 0,320 mesafesindeki ana düğümde %97 Bootstrap desteğiyle birleşerek ikinci büyük grubu oluşturmuştur. Bu ana küme

kendi içinde fidan biyokütlesine olan etkileri yönünden iki belirgin alt gruba ayrılmaktadır:

a) Yüzeysel İşleme, Manuel Tırmık ve Ekskavatör Kombinasyonları (Bootstrap: 76)

Bu alt küme (0,210 mesafesindeki düğüm), fidanların toprak üstü ve toprak altı ağırlık dengesini birbirine yakın seviyede etkileyen yöntemleri bir araya getirmiştir:

- Ekskavatör Tırmık ve Elle Tırmık (Bootstrap: 95): Mesafe ekseninde birbirine en yakın (0,040) iki uygulama olmuştur. Bu durum, tırmık ataşmanlı ekskavatör ile insan gücüyle yapılan tırmıklamanın fidan biyokütle bileşenleri üzerinde neredeyse farksız bir etki yarattığını kanıtlamaktadır.

- Elle Tırmık TT ve Ekskavatör Kova: Bu iki yöntem de aynı alt kol içerisinde (0,110 mesafede) kümelenmiştir.

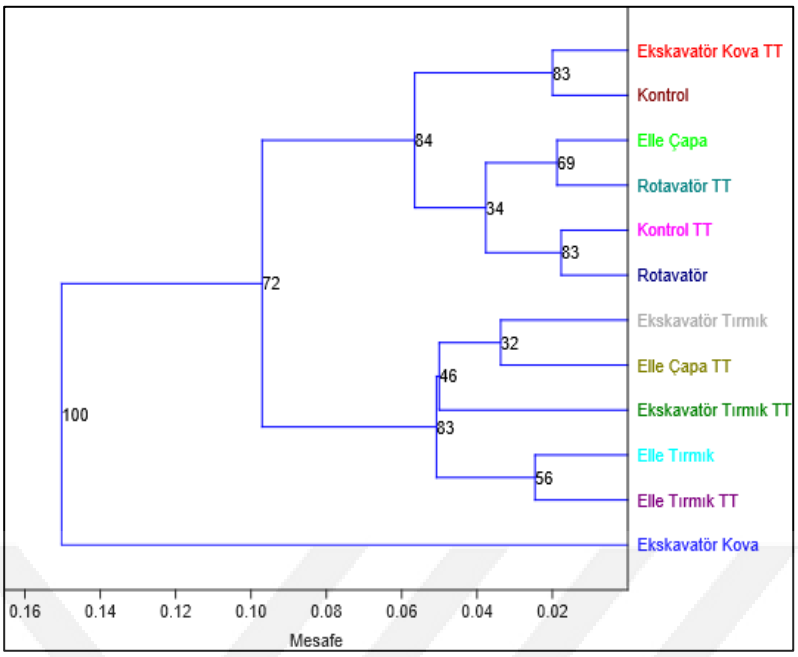
b) Kontrol Grubu ve Noktasal Derin İşleme Yöntemleri (Bootstrap: 86)

0,130 mesafe düzeyinde ayrışan bu alt küme, çalışmanın en organik sonuçlarını veren kontrol grubu ile bazı nokta bazlı derin işlemeleri eşleştirmiştir:

- Ekskavatör Tırmık TT, Elle Çapa ve Kontrol Grubu (Bootstrap: 86): Elle Çapa ve hiçbir işlem yapılmayan Kontrol grubu 0,040 gibi çok sığ bir mesafede eşleşmiştir. Ekskavatör Tırmık TT ise bu ikiliye çok yakından eklemlenmiştir. Bu durum, bu yöntemlerin fidanın doğal ağırlık ve biyokütle birikim hızını (doğal kontrol koşullarını) bozmadan desteklediğini gösterir.

- Yapay Tohum Etkisiyle Ayrışan Yoğun Büyüme Alt Grubu (Bootstrap: 49 & 100): Kümenin en altında Ekskavatör Kova TT, Rotavatör (tohumsuz) ve Elle Çapa TT uygulamaları yer almaktadır. Özellikle Rotavatör ve Elle Çapa TT uygulamalarının 0,040 mesafede %100 Bootstrap değeriyle eşleşmesi oldukça dikkat çekicidir.

Karaçam'da Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) 3.grup UPGMA analizleri:



Şekil 4.25 Karaçam'da Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) parametreleri ile UPGM analizleri

Fidanların kök gelişim özellikleri ile fizyolojik dengelerini yansıtan indeks parametreleri dikkate alınarak yapılan UPGMA kümeleme analizi sonucunda, test edilen toprak işleme yöntemleri ve tohum takviyeli (TT) varyasyonları, kök düğüm noktasında %100 Bootstrap güvenilirlik değeriyle iki ana kümeye (cluster) ayrılmıştır (Şekil 4.25).

1. Birinci Ana Küme: Aykırı Kümelenme Olarak "Ekskavatör Kova"

Dendrogramın en altında, diğer tüm mekanize ve manuel uygulamalardan yaklaşık 0,150 gibi oldukça yüksek bir mesafe ile %100 güvenilirlik (Bootstrap: 100) düzeyinde keskin bir şekilde soyutlanan tek bir uygulama yer almaktadır: Ekskavatör Kova.

- Silvikültürel Değerlendirme: Tohum takviyesi olmaksızın sadece ekskavatör kovasıyla yapılan noktasal ve derin toprak işlemesi, fidanların kök mimarisi parametreleri ve bağıl fizyolojik indeksleri üzerinde diğer tüm yöntemlerden radikal biçimde farklı ve kendine has (spesifik) bir etki alanı meydana getirmiştir. Bu yöntem, fidan içi kök/gövde dengesini ve gelişim indekslerini çok karakteristik bir boyuta taşımıştır.

2. İkinci Ana Küme: Mikrosit ve Tohum Odaklı Gruplanma

Geriye kalan tüm yöntemler, 0,096 mesafe düzeyindeki ana düğümde %72 Bootstrap desteğiyle birleşerek ikinci büyük ana kümeyi oluşturmuştur. Bu büyük küme kendi içinde fidan kök parametrelerine olan etkileri yönünden iki belirgin alt gruba ayrılmaktadır:

a) Yoğun Mekanize ve Kontrol Entegrasyonu Grubu (Bootstrap: 84)

0,052 mesafe seviyesindeki bu alt küme, şaşırtıcı ve bir o kadar anlamlı bir şekilde kontrol parselleri ile yoğun işlem yapan varyasyonları bir araya getirmiştir:

- Ekskavatör Kova TT ve Kontrol (Bootstrap: 83): Mesafe ekseninde birbirine en yakın (0,015) iki uygulama olmuştur. Ekskavatör kovasıyla yapılan derin işlemeye tohum takviyesi (TT) eklendiğinde, fidanın kök kalitesi ve fizyolojik indeks değerleri, hiçbir işlem yapılmayan doğal kontrol parselinin değerlerine neredeyse tamamen eşitlenmiştir.

- Rotavatör Kombinasyonları ve Kontrol TT (Bootstrap: 34 & 83): Kontrol TT ile tam sahalı yoğun işleme yapan Rotavatör uygulaması 0,020 gibi çok sığ bir mesafede eşleşmiştir. Hemen üzerlerinde yer alan Elle Çapa ve Rotavatör TT ise 0,035 mesafede (Bootstrap: 69) birbiriyle kümelenmiştir. Bu durum, rotavatör gibi üst toprağı homojenize eden yöntemlerin yarattığı kök gelişim paterninin, tohum takviyeli kontrol koşulları ve manuel çapalamayla paralel bir çizgi yakaladığını göstermektedir.

b) Tırmık Ataşmanları ve Yüzeysel Manuel Yöntemler Grubu (Bootstrap: 83)

0,048 mesafe düzeyinde ayrışan bu alt küme, toprağı çok derinden sarsmadan daha yüzeysel düzeyde işleyen veya tırmık mekanizması kullanan yöntemleri bir araya getirmiştir:

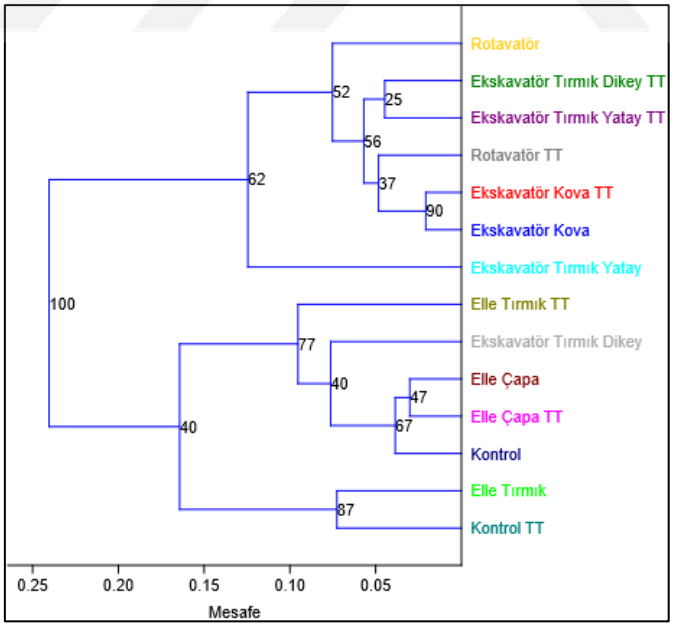
- Elle Tırmık ve Elle Tırmık TT (Bootstrap: 56): İnsan gücüyle yapılan tırmıklama çalışmalarının, yapay tohum takviyesinden bağımsız olarak fidan kök mimarisi ve indeksleri üzerinde neredeyse farksız (0,018 mesafe) sonuçlar ürettiği saptanmıştır.

- Ekskavatör Tırmık Grubu (Bootstrap: 32): Ekskavatör Tırmık ve Elle Çapa TT uygulamaları 0,022 mesafede çok güçlü bir benzerlik göstermiş, Ekskavatör Tırmık TT ise bu yapıya çok yakından eklemlenmiştir. Bu durum, ekskavatörün tırmık ataşmanıyla yaptığı şeritvari/yüzeysel temizliğin, fidanın kök yapısını koruyan ve el tırmığına benzer hassasiyette bir mikrosit ortamı sunduğunu doğrulamaktadır.

4.7.3.2.2 Sarıçam'da UPGMA analizleri

Sarıçam'da farklı Toprak İşleme tekniklerinin benzerliklerinin istatiksel olarak ortaya konulabilmesi amacıyla UPGM analizlerine kapsamda incelenen paremetreler ölçüm skalalarına göre üç gurup altında gruplanmıştır. Bu kapsamda Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) 1.grup, Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) 2.grup, Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) 3. grup altında incelenmiştir.

Sarıçam'da Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) 1. grup UPGMA analizleri:



Şekil 4.26 Sarıçam'da Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB) parametreleri ile UPGM analizleri

Sarıçam fidanlarının temel morfolojik büyüme parametreleri [Log(KBC), Log(KU), Log(KA) ve Log(FB)] esas alınarak, uygulanan farklı arazi hazırlığı ve dikim yöntemlerinin benzerlik ilişkilerini belirlemek amacıyla UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) kümeleme analizi yapılmış ve elde edilen hiyerarşik kümeleme dendrogramı Şekil 4.26'da sunulmuştur.

Dendrogram incelendiğinde, incelenen fidan parametreleri bakımından yöntemlerin %100 (100 kopma değeri) güvenle iki ana gruba (A ve B ana kümeleri) ayrıldığı tespit edilmiştir:

1. Ana Küme: Mekanize / Ağır Toprak İşleme Grubu (Üst Dal)

Bu kümede, fidan gelişim özellikleri yönünden birbirine yüksek düzeyde benzerlik gösteren mekanize arazi hazırlığı yöntemleri bir arada toplanmıştır:

- Ekskavatör Kova TT ve Ekskavatör Kova: Fidan morfolojik parametreleri açısından birbirine en yüksek benzerliği (yaklaşık 0,02 mesafe ve 90 bootstrap değeri ile) gösteren grup olmuştur. Bu durum, kova uygulamasında tüplü/tüpsüz dikimin fidanın boy ve kök gelişiminde köklü bir değişim yaratmadığını, benzer etkiyi sürdürdüğünü göstermektedir.

- Ekskavatör Tırmık Dikey TT ve Ekskavatör Tırmık Yatay TT: Kendi aralarında 25 değeriyle kümelenerek kova grubuna ve Rotavatör uygulamalarına entegre olmuştur.

- Rotavatör ve Rotavatör TT: Bu grup da alt dallarda mekanize işleme kümesine dahil olmuştur.

- Ekskavatör Tırmık Yatay: Bu ana kümenin en dış kolunu oluşturarak, dikey tırmık ve kova uygulamalarından yaklaşık 0,13 mesafe ile ayrışmıştır.

2. Ana Küme: Manuel İşleme, Hafif Mekanize ve Kontrol Grubu (Alt Dal)

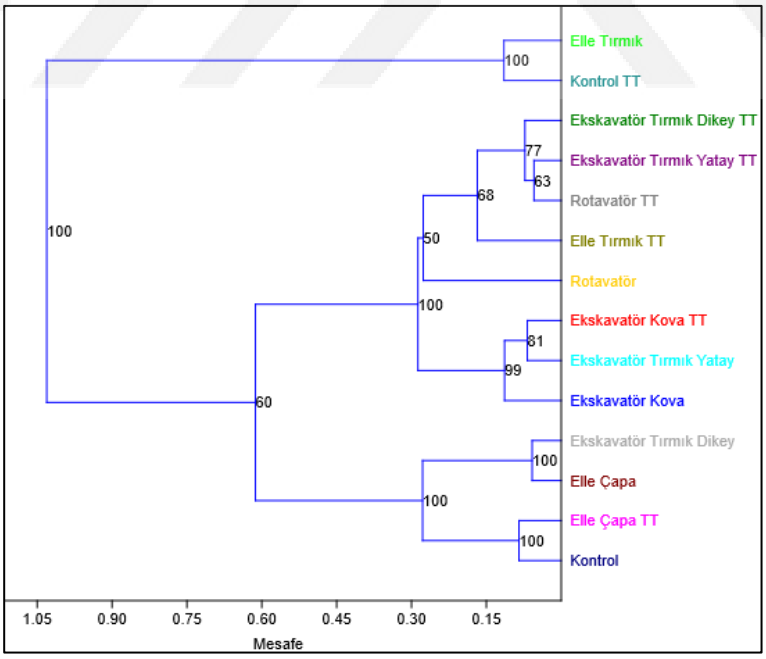
Bu küme, fidan gelişim parametreleri bakımından daha düşük veya homojen büyüme dinamiklerine sahip, insan gücüne dayalı (manuel) uygulamaları ve kontrol parsellerini bir araya getirmiştir:

- Elle Çapa, Elle Çapa TT ve Kontrol: Fidan gelişim değerleri bakımından birbirine son derece yakın performans göstermiştir. Özellikle Elle Çapa TT ve Kontrol grubu 67 değeriyle, bu grup da Elle Çapa ile 47 değeriyle çok dar bir mesafede (0,03) kümelenmiştir. Bu bulgu, Sarıçam fidanlarının ilk gelişim dönemlerinde elle çapa uygulamasının, fidan parametreleri üzerinde kontrol (işlemsiz) grubuna göre dramatik bir fark yaratmadığı şeklinde yorumlanabilir.

- Elle Tırmık ve Kontrol TT: Bu iki yöntem yaklaşık 0,07 mesafe ve 87 değeriyle kendi içinde bir alt küme oluşturmuştur.

- Elle Tırmık TT ve Ekskavatör Tırmık Dikey: Manuel kümenin üst sınırında yer alarak, diğer çapa ve kontrol gruplarından yaklaşık 0,10 mesafe ile ayrılmıştır.

Sarıçam'da Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) 2. grup UPGMA analizleri



Şekil 4.27 Sarıçam'da Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA) parametreleri ile UPGMA analizleri

Sarıçam fidanlarının gelişim dengelerini, alan ve oran özelliklerini temsil eden endeks parametreleri [Log(KKA), Log(GTA), Log(GKA), Log(IA), Log(FTA), Log(FKA) ve Log(KTA)] esas alınarak, uygulanan toprak işleme ve dikim yöntemlerinin benzerlik matrisini ortaya koymak amacıyla UPGMA kümeleme analizi yapılmış ve elde edilen hiyerarşik dendrogram Şekil 4.27'de sunulmuştur.

Dendrogram morfolojik endeks yapısı bakımından incelendiğinde, yöntemlerin %100 güvenle (100 kopma değeri) iki ana gruba (A ve B ana kümeleri) ayrıldığı, ardından bu grupların da kendi içlerinde çok net alt kümelere bölündüğü tespit edilmiştir:

1. Ana Küme: Aykırı / Farklılaşan Grup (Üst Tekil Dal)

Bu ana küme, diğer tüm mekanize ve manuel yöntemlerden 1,05 gibi çok yüksek bir mesafe katsayısıyla tamamen soyutlanmış tek bir alt daldan oluşmaktadır:

- Elle Tırmık ve Kontrol TT: Bu iki yöntem fidan endeks parametreleri bakımından birbirine %100 benzerlik göstererek (yaklaşık 0,08 mesafe ile) eşleşmiş ve ana kütleden tamamen ayrışmıştır. Bu bulgu, Sarıçam fidanlarının toprak üstü/toprak altı dengesini ve alan indekslerini etkileme noktasında tüpsüz Elle Tırmık uygulaması ile işlemsiz Kontrol TT uygulamasının benzer bir fidan gelişim mekanizması sergilediğini, ancak bu etkinin diğer tüm yöntemlerden yapısal olarak tamamen farklı olduğunu ortaya koymaktadır.

2. Ana Küme: Mekanize ve Yoğun Manuel İşleme Grubu (Alt Büyük Dal)

Diğer tüm yöntemleri kapsayan bu büyük ana küme, kendi içinde yaklaşık 0,60 mesafe sınırında iki belirgin alt gruba ayrılmaktadır:

a) Mekanize ve Hafif Mekanize Alt Kümesi (Üst Kol)

Bu alt kümede ağırlıklı olarak ekskavatör ve rotavatör kombinasyonları yer almaktadır:

- Ekskavatör Tırmık Dikey TT, Ekskavatör Tırmık Yatay TT ve Rotavatör TT: Bu üç yöntem kendi içinde yüksek bir uyum (63 ve 77 değerleri) sergileyerek çok dar bir mesafede (yaklaşık 0,05) kümelenmiştir. Tüplü (TT) mekanize işlemlerin fidan endeksleri üzerinde standart bir etki bıraktığı görülmektedir. Bu gruba Elle Tırmık TT de entegre olmuştur.

- Ekskavatör Kova TT ve Ekskavatör Tırmık Yatay: Birbirine çok yüksek bir benzerlikle (81 değeri ve 0,04 mesafe) bağlanarak Ekskavatör Kova yöntemiyle (99 değeri) birleşmiştir. Rotavatör yöntemi de bu alt grubun dış çeperinde %100 güvenle kendine yer bulmuştur.

b) Yoğun Manuel ve Kontrol Alt Kümesi (Alt Kol)

Bu alt grup, fidan alan ve endeks parametreleri bakımından %100 güvenle (100 değeri) mekanize gruptan 0,60 mesafede ayrışmıştır:

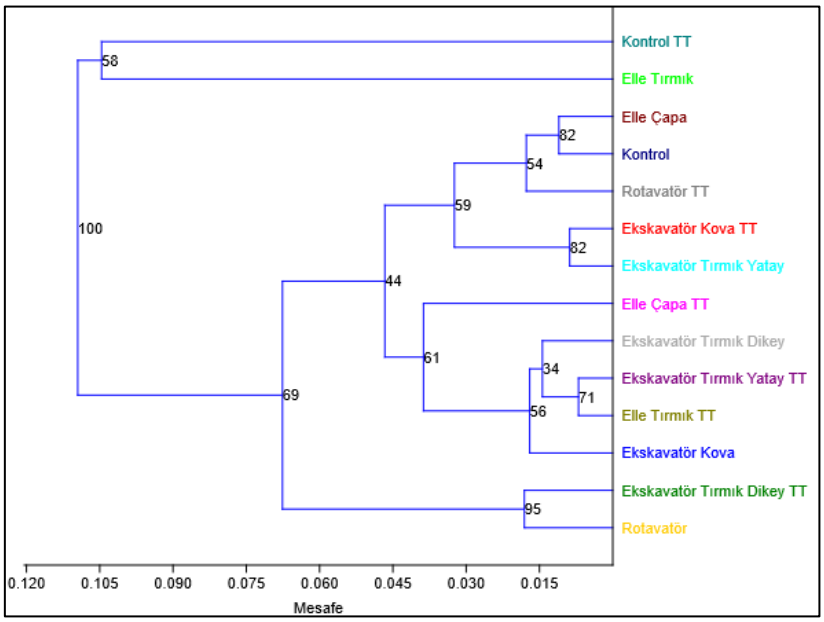
- Ekskavatör Tırmık Dikey ve Elle Çapa: Birbirleriyle %100 benzerlik göstererek yaklaşık 0,05 mesafede ilk alt küme bloğunu oluşturmuştur.

- Elle Çapa TT ve Kontrol: Aynı şekilde %100 güven değeriyle birbirine bağlanarak çok dar bir mesafede kümelenmiştir.

- Elle çapa uygulamaları ve işlemsiz kontrol grubunun, fidanların endeks ve alan parametreleri açısından mekanize gruptan tamamen ayrı bir kümede toplanması, sınırlı toprak işlemenin fidan kök ve gövde alan oranları üzerindeki etkisinin benzer kaldığını doğrulamaktadır.

Sarıçam'da Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) 3. grup UPGMA analizleri:

Sarıçam fidanlarının biyo-kütle ve fizyolojik adaptasyon kapasitelerini temsil eden parametreler [Log(KKY), Log(K) ve -Log(Gİ)] dikkate alınarak, uygulanan farklı arazi hazırlığı ve dikim yöntemlerinin benzerlik derecelerini belirlemek amacıyla hiyerarşik UPGMA kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen dendrogram Şekil 4.28'de sunulmuştur.



Şekil 4.28 Sarıçam'da Log(KKY), Log(K) ve -Log(GI) parametreleri ile sarıçamda yapılan UPGM analizleri

Dendrogram morfolojik endeks ve kuru ağırlık parametreleri yönünden incelendiğinde, yöntemlerin %100 güvenle (100 kopma değeri) iki ana gruba (A ve B ana kümeleri) ayrıldığı görülmektedir:

1. Ana Küme: Kontrol ve Sınırlı Manuel İşleme Grubu (Üst Tekil Dal)

Bu ana küme, fidanların biyo-kütle dağılımları bakımından diğer tüm mekanize ve yoğun manuel uygulamalardan yaklaşık 0,110 mesafe katsayısı ile tamamen soyutlanmış homojen bir dal oluşturmaktadır:

- Kontrol TT ve Elle Tırmık: Bu iki yöntem kendi aralarında 58 değeriyle kümelenerek bu bağımsız dalı meydana getirmiştir. Bu bulgu, işlemsiz kontrol parsellerindeki tüplü fidanlar (Kontrol TT) ile sadece üst toprak tırmıklaması yapılan (Elle Tırmık) alanlardaki fidanların kök kuru ağırlığı ve fizyolojik indeks gelişimlerinin benzer bir karakter sergilediğini; ancak bu iki yöntemin fidan bütününde yarattığı etkinin diğer tüm arazi hazırlığı yöntemlerinden yapısal olarak tamamen farklılaştığını ortaya koymaktadır.

1. Ana Küme: Mekanize, Yoğun Manuel ve Karma İşleme Grubu (Alt Büyük Dal)

Diğer 11 farklı yöntemi bünyesinde barındıran bu büyük ana küme, fidan parametreleri üzerindeki benzerlik derecelerine göre kendi içinde yaklaşık 0,068 mesafe sınırında iki temel alt gruba (Sub-cluster) ayrılmaktadır:

a) Hafif İşleme, Kontrol ve Üst Mekanize Alt Grubu (Üst Kol)

- Elle Çapa ve Kontrol: Fidanların kuru ağırlık ve indeks değerleri bakımından birbirine en yüksek benzerliği (82 güven değeri ve yaklaşık 0,010 mesafe ile) gösteren grup olmuştur. Bu durum, tüpsüz/açık köklü fidanlarda elle yapılan çapa uygulamasının, kök kuru ağırlığı ve fizyolojik parametreler üzerinde işlemsiz kontrol grubuyla neredeyse farksız bir etki yarattığı şeklinde yorumlanabilir. Bu ikiliye daha sonra Rotavatör TT entegre olmuştur.

- Ekskavatör Kova TT ve Ekskavatör Tırmık Yatay: Yine 82 güven değeriyle çok dar bir mesafede eşleşerek bu alt grubun diğer kolunu oluşturmuştur.

b) Yoğun Mekanize ve Kombine Alt Grubu (Alt Kol)

Bu alt küme, fidan kök biyo-kütlesini ve fizyolojik parametrelerini doğrudan etkileyen derin veya yoğun mekanize toprak işleme yöntemlerini bir araya getirmiştir:

- Ekskavatör Tırmık Dikey TT ve Rotavatör: Bu iki yöntem, fidan kuru ağırlık endeksleri üzerinde gösterdikleri benzer etkiyle %100 güven sınırında ve 95 değeriyle çok dar bir mesafede (0,015) kümelenmiştir.

- Ekskavatör Tırmık Yatay TT ve Elle Tırmık TT: Kendi aralarında 71 değeriyle sıkı bir bağ oluştururken, Ekskavatör Tırmık Dikey (34 değeri) ve Ekskavatör Kova (56 değeri) yöntemleri de bu alt bloğun ana gövdesini tamamlamıştır. Bu yoğun alt kümelenmeye dış çeperden Elle Çapa TT yöntemi (61 değeri ile) bağlanmıştır.

5. TARTIŞMA

5.1 Karaçam ve Sarıçam'da Bol Tohum Yılı Tespiti ve Tohumlama Kesimi

Karaçam sahasında 15,5 hektarlık alanda meşcere kapalılığının 0,5–0,6 seviyesine indirilmesi ve hektar başına 170 adet ağacın (43,265 m3/ha eta) sahadan çıkarılması, türün ekofizyolojik istekleriyle doğrudan örtüşmektedir. Karaçam, yarı ışık ağacı karakterinde olduğundan, çimlenen fideciklerin hayatta kalabilmesi ve kök büyüme potansiyellerini geliştirebilmesi için yeterli tepe ışığına ihtiyaç duyar (Alptekin, 1986; Karadağ, 1999).

Sarıçam çalışma sahasında ise 6,3 hektarlık alanda kapalılığın 0,6–0,7 düzeyine çekilmesi ve hektar başına 207 adet ağacın (160,012 m3/ha eta) damgalanarak uzaklaştırılması, Sarıçamın meşcere dinamiklerine ve hacimsel (eta) yapısına bağlı bir farklılaşmayı göstermektedir. Gençleştirmeye başlarken meşcere kapalılığı 0,60-0,70 seviyesine düşürülür. Bu aşamada sahada bırakılacak ağaç sayısı, ağaçların tepe çaplarına ve meşcerenin yaşına bağlı olarak değişmekle birlikte, hektar başına ortalama 60-120 adet arasında değişebilir (OGM, 2024).

Kesimler sonrasında sahanın tohumlama kapasitesini garanti altına almak amacıyla bırakılan tohum ağacı sayılarının Karaçam sahasında 125 adet/ha, Sarıçam sahasında ise 133 adet/ha olarak gerçekleşmesi, genetik ve biyolojik sürdürülebilirlik açısından ideal sınırlardadır. Homojen bir dağılım sergileyen bu üst boy tohum ağaçları, sahaya düşecek tohum miktarının (tohum yağmurunun) alansal homojenliğini güvence altına almıştır (OGM, 2014; Saatçioğlu, 1971; Smith, 1986).

Sonuç olarak; her iki deneme sahasında uygulanan tohumlama kesimlerinin şiddeti, çıkarılan ağaç/eta hacimleri ve sahada bırakılan koruyucu anaç ağaç stoğu, modern silvikültür tekniğinin öngördüğü meşcere kuruluşu ve gençleştirme parametreleriyle tam bir entegrasyon ve başarı göstermektedir (OGM, 2014; OGM, 2024).

5.2 Karaçam ve Sarıçam'da Birim Zaman ve Maliyet Analizi

Sürekli kronometraj yöntemi ile gerçekleştirilen zaman etüdü ve maliyet analizleri; yapay gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarında "teknik başarı" kadar, operasyonel sürdürülebilirlik ve ekonomik rasyonalite dengesinin de gözetilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymuştur.

Her iki çalışma sahasında da elle tırmıklamanın birim maliyet açısından en ekonomik yöntem olarak öne çıkması (Karaçam'da 1.560 TL/ha, Sarıçam'da 3.465 TL/ha), herhangi bir makine amortismanı, yakıt tüketimi, kiralama veya nakliye gideri barındırmayan geleneksel iş gücü yapısının doğal bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

Operasyonel açıdan en avantajlı seçenek olarak öne çıkan Rotavatör uygulamasının Karaçam sahasında 6,66 saat/ha, Sarıçam sahasında ise 7,71 saat/ha gibi son derece kısa sürelerde tamamlanması, bu yöntemin kesintisiz iş ilerleyişi ve yüksek saha performansını doğrulamaktadır. Literatürde, traktör kuyruk milinden tahrik alan döner düzenekli mekanize araçların, uygun topoğrafya ve taşlılık derecesine sahip düz veya hafif eğimli sahalarda birim zamanda en yüksek iş başarısına (ha/saat) ulaşan teknikler olduğu beyan edilmektedir (Ayık ve Yılmaz, 1992).

Buna karşın, en yüksek birim maliyetlerin her iki sahada da ekskavatör kova uygulamasıyla (Karaçam'da 9.747 TL/ha, Sarıçam'da 14.587,50 TL/ha) realize edilmesi; iş makinesinin yüksek saatlik kiralama bedelleri, yüksek yakıt tüketimi ve kova ataşmanının şeritvari çalışırken gerçekleştirdiği derin toprak modifikasyonunun gerektirdiği operasyonel güç sarfiyatı ile açıklanabilir (Öztürk, 2009). Ekskavatör ataşmanları arasında "dikey tırmıklama" uygulamasının hem zaman hem de maliyet açısından kova ve yatay tırmıklamaya göre daha verimli bir opsiyon olarak öne çıkması ise, ataşman geometrisinin toprağa uyguladığı penetrasyon direncinin daha düşük olması ve birim zamanda daha fazla mesafe kat edebilmesiyle ilgilidir (Gülcü ve Çelik, 2016).

Sonuç olarak, sürekli kronometraj bulguları, düşük bütçeli ancak kısıtlı ve küçük ölçekli alanlarda geleneksel manuel yöntemlerin (özellikle elle tırmıklama) ekonomik bir alternatif olabileceğini; fakat geniş ölçekli yapay gençleştirme ve ağaçlandırma

sahalarında zaman yönetimi, vejetasyon baskısı başlamadan sahayı yetiştirme dönemine yetiştirme ve operasyonel hız açısından mekanize yöntemlerin (Rotavatör ve Ekskavatör kombinasyonları) vazgeçilmez olduğunu kanıtlamaktadır (Acar ve Eker 2003; Ürgenç, 1998).

5.3 Karaçam ve Sarıçam'da Tohum Verimi

Tohum kapanları aracılığıyla gerçekleştirilen izleme çalışmaları; her iki iğne yapraklı türün tohum döküm periyotları, döküm zamanlaması ve pik dönemleri açısından yerel fenolojik ve ekolojik koşullara bağlı olarak belirgin bir farklılaşma sergilediğini ortaya koymuştur.

Karaçam sahasında ilk tohumların döküm faaliyetinin 15 Nisan- 2 Mayıs tarihleri ile 23-29 Mayıs tarihleri arasında pik seviyelere ulaşması; Karaçam için aktif tohum döküm periyodunun Şubat-Mart aylarında başlayıp Haziran ayına kadar sarktığı, en yoğun dökülmenin ise ilkbahar aylarında kümelendiği belirten beyan ile uyum içerisindedir (Ata, 1995; Boydak vd., 2002; Saatçioğlu, 1976). Türün tohum olgunlaşma fizyolojisi ve kozalak pullarının açılması için ihtiyaç duyduğu sıcaklık/nem değerleriyle açıklanmaktadır. Literatürde, Karaçam kozalaklarının genel olarak kış aylarında olgunlaştığı, ancak pulların açılması ve tohumların serbest kalarak dökülmesi için ilkbahar aylarındaki bağıl nem düşüşü ile sıcaklık artışının (özellikle Mayıs ve Haziran ayları) kritik bir eşik olduğu bildirilmektedir (Alptekin, 1986). Kastamonu ekolojik koşullarında saptanan Mayıs pik dönemi bulgusu, Karaçamın yarı kurak ve optimal sahalardaki tohum döküm dinamiklerini inceleyen ve dökümün asıl yoğunluğunun Mayıs ayı içerisinde gerçekleştiğini belirten silvikültürel literatürle uyum arz etmektedir (Boydak vd., 2002; Çelik vd., 2002).

Sarıçam çalışma sahasında ise fenolojik döngünün çok daha erken başladığı, ilk dökümlerin 1 Nisan'da kaydedildiği ve döküm yoğunluğunun 14–30 Nisan tarihleri arasında tepe noktasına ulaştığı saptanmıştır. Sarıçamın Karaçam'a oranla yaklaşık bir ay daha erken pik dönemine girmesi, türlerin genetik olarak kodlanmış biyolojik döngüleri ile yerel mikroklimatik faktörlere verdikleri fenolojik tepki arasındaki karakteristik farkı yansıtmaktadır. Sarıçam, fizyolojik olarak daha düşük sıcaklıklarda

döküm periyodunu başlatabilen ve kozalak pullarını erken ilkbaharda açabilen bir adaptasyon yeteneğine sahiptir (Boydak, 1977; Saatçioğlu, 1979). Benzer coğrafyalarda yapılan araştırmalarda da Sarıçamın tohum dökümünün Mart sonu ve Nisan aylarında yoğunlaştığı, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte Nisan ayı içerisinde mutlak pik seviyesine ulaştığı bildirilerek elde ettiğimiz veriler doğrulanmıştır (Tetik, 1995; Vacek vd., 2016).

Karadağ (1999)'ın çalışmasında, Bolu mıntıkasında tohum dökümü iki yıllık 1995-1996 verilerine göre yoğun olarak ilkbaharda Mart, Nisan, Mayıs aylarında (%86-92), kalanı ise Şubat ve Haziran aylarında olduğunu vurgulamıştır.

Sonuç olarak; her iki iğne yapraklı türün tohum döküm fenolojisine ait bu somut veriler, silvikültürel uygulama planlarının başarısı için "doğru yöntem" kadar "doğru zamanlama" faktörünün de hayati bir teknik zorunluluk olduğunu açıkça kanıtlamaktadır (Genç, 2020; OGM, 2024).

5.4 Karaçam ve Sarıçam'da Yabanlaşma

Saha hazırlığı tekniklerinin sahayı domine eden diri örtü (yabanlaşma) gelişimi üzerindeki etkileri incelendiğinde; müdahale görmemiş Kontrol parsellerinin her iki çalışma sahasında da en yüksek vejetasyon yoğunluğuna (Karaçam'da %44,4, Sarıçam'da %47) ulaştığı görülmüştür. Bu durum, diri örtünün fiziksel olarak uzaklaştırılmadığı sahalarda mevcut vejetasyon baskısının kararlı bir şekilde devam ettiğini gösteren klasik silvikültür ilkeleriyle tam bir uyum içerisindedir (Genç, 2020). Her iki türde de Kontrol (Karaçam %37,1; Sarıçam 29,6) ve Elle Çapa (Karaçam %20,4; Sarıçam %24,8) alanlarında saptanan bu yüksek başlangıç yoğunluğu, genç fidanların hayatta kalma ve büyüme potansiyelleri üzerinde kronik bir rekabet baskısı oluşturmaktadır. Ancak Karaçam sahalarında 2023 yılında yaşanan eksterem yağışlara karşı kontrol sahalarında vejetasyon örtüsünün sağladığı koruyucu etki (yabanlaşma), tohumların yer değiştirmesini minimize ederek çimlenme başarısının toprak işlenen sahalara kıyasla daha yüksek gerçekleşmesini sağlamıştır.

Buna karşılık, ilk yıl en düşük yabanlaşma oranlarının Ekskavatör Tırmık-Kova uygulamalarında (Karaçam'da %10,4-11,7, Sarıçam'da %13-12,9) kaydedilmesi, bu

mekanize yöntemin diri örtüyü kök seviyesinde sahadan uzaklaştırmadaki üstün başarısını kanıtlamaktadır. Ekskavatör Tırmık-Kova işlemi, üst topraktaki rizom ve kök sistemlerini söküp parsel dışına iterek mineral toprağı çıplaklaştırmakta ve vejetasyon istilasını uzun süreli baskılamaktadır. Ormancılıkta mekanizasyon literatüründe de iş makinelerinin şeritvari veya alansal olarak diri örtüyü kök katmanıyla birlikte kazımasının, yapay ve doğal gençleştirme sahalarında yabanlaşma riskini minimize eden en efektif kültürel işlem olduğu sıklıkla vurgulanmaktadır (Acar ve Eker, 2003; Löf vd., 2015; Von der Gönna, 1992). Benzer şekilde, Sarıçam sahalarında mekanize toprak tırmıklamasının doğal gençleştirme başarısını artırırken rakip vejetasyonu kararlı şekilde gerilettiğini belirten bulgular, elde ettiğimiz düşük yabanlaşma oranlarını doğrulamaktadır (Aleksandrowicz-Trzcińska vd., 2018; Jäärats vd., 2012).

Çalışmanın en çarpıcı fizyolojik ve silvikültürel bulgusu ise, toprak işleme yapılan parseller arasında rotavatör uygulanan alanların radikal bir yabanlaşma artış hızına (Karaçam sahasında 2023 İlkbahar-2025 Sonbahara %310, Sarıçam sahasında 2024 İlkbahar-2025 Sonbahara %311) sahne olmasıdır. Rotavatörün toprağı mikro düzeyde parçalayan sığ karakteri (yaklaşık 15 cm), sahada mevcut vejetatif yolla yayılan diri örtü türlerine ait rizom, yumru ve kök parçalarını yok etmek yerine aksine küçük parçalara ayırarak çoğaltmış ve alana homojen şekilde saçmıştır. Havalanmış, gevşetilmiş ve besin elementlerince zenginleştirilmiş bu optimal mineral toprak yapısı, vejetatif parçaların kolonizasyon hızını ve adaptasyon kabiliyetini geometrik olarak artırmıştır (Ayık ve Yılmaz, 1992; Varol vd., 2015).

Literatürde, vejetatif üreme yeteneği yüksek olan diri örtü türlerinin yer aldığı sahalarda rotavatör ve benzeri toprağı ufalayan diskli/döner mekanize araçların körlemesine kullanılmasının, adeta bir "üretim yatağı" etkisi yaratarak yabanlaşma istilasını tetiklediği açıkça beyan edilmektedir (Barry vd., 2024; Lowery ve Gjerstad, 1991).

Elle Tırmık ve Kontrol alanlarında vejetasyon artış hızının (sırasıyla %78 ve %15) rotavatöre kıyasla çok daha düşük kalması, bu alanlarda toprağın fiziksel olarak yırtılmaması ve yeni bireylerin tohumla veya rizomla yerleşebileceği çıplak mineral

toprak odağının azlığı ile açıklanabilir. Ancak bu alanlardaki mevcut statik diri örtü varlığının büyüklüğü, fidanların erken gelişim evresindeki kök büyüme potansiyellerini sınırlamaya yetmektedir (Grossnickle, 2005).

Sonuç olarak silvikültürel açıdan değerlendirildiğinde; vejetatif yolla hızla yayılan kök ve rizom sistemine sahip diri örtü istilası altındaki sahalarda, vejetasyon baskısını kırmak adına Ekskavatör Tırmık-Kova uygulamaları ana tercih olarak öne çıkmalıdır (Acar ve Eker, 2003). Rotavatör her ne kadar fidan morfolojik parametrelerini olumlu desteklese de yabanlaşma artış hızını radikal boyutta körüklediği için, bu yöntemin uygulanacağı sahalarda dikim sonrası diri örtü bakımlarının (ot alma, çapa vb.) yoğun bir şekilde planlanması mutlak bir teknik zorunluluktur (OGM, 2024; Ürgenç, 1998).

5.5 Karaçam ve Sarıçam'da Gençlik Başarısı

Araştırma sahalarında gerçekleştirilen periyodik envanter çalışmaları, uygulanan silvikültürel müdahalelerin, tohum takviyesinin ve toprak hazırlığı tekniklerinin gençlik başarısı (yaşama yüzdesi) üzerinde belirleyici bir rol oynadığını kanıtlamıştır.

Karaçam sahasında tohum takviyesinin gençlik başarısı üzerindeki pozitif etkisi net bir şekilde gözlemlenmiştir. 2023 yılında tohum takviyeli parsellerde %97 olan başarı oranının, takviye yapılmayan alanlarda %81'de kalması; 2025 yılına gelindiğinde ise tohum takviyeli parsellerin %83 başarı oranıyla direncini korurken kontrol grubunun %56'ya gerilemesi, Karaçam ekofizyolojisi açısından dikkate değer bir bulgudur. Karaçamda yapay yolla yapılan tohum takviyesi, sadece başlangıç fidan yoğunluğunu artırmakla kalmamış, aynı zamanda ilerleyen yıllarda sahada meydana gelen doğal ölümlere (mortalite) karşı bir emniyet payı oluşturarak meşcere kapalılığına gidiş sürecini güvence altına almıştır. Literatürde, yarı kurak veya ekstrem iklim özelliklerine sahip sahalarda Karaçam doğal gençleştirmelerinin tohum takviyesiyle desteklenmesinin, sahada fidan dağılımındaki boşlukları kapattığı ve uzun vadeli sağkalım başarısını radikal ölçüde artırdığı bildirilmektedir (Boydak vd., 2002; Çelik vd., 2002).

Sarıçam sahalarında ise Karaçam'dan farklı olarak, tohum takviyesinin başarı oranında belirgin bir fark yaratmadığı ve sahanın genel olarak %99 gibi mutlak bir

başarı düzeyine ulaştığı saptanmıştır. Sahanın %100'e yakın bu yüksek genel başarısı, Sarıçamın mevcut ekolojik koşullarla tam bir uyum sağladığını ve alandaki mevcut tohum miktarının gençleşme için zaten yeterli olduğunu göstermektedir. Tohum takviyesi yapılan alanlarda takviye yapılmayan alanlara nazaran daha az fidan olması, kemirgen popülasyonlarının beslenme stratejileriyle ilişkilidir. Literatürde, Apodemus spp. (orman faresi) gibi türlerin, tohum yoğunluğunun yapay olarak artırıldığı alanları optimum beslenme alanları olarak tanımladığı ve bu alanlarda rastgele dağılıma kıyasla daha yoğun bir arama aktivitesi sergilediği bildirilmektedir (Hulme, 1997). Söz konusu kemirgenlerin bu seçici beslenme davranışı, tohum takviyesi yapılan sahalarda toplam tohum kaybını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırarak gençleştirme başarısını sınırlandırmaktadır (Vander Wall, 2010). Bu durum, gençleştirme çalışmalarında tohumun toprakla mekanik olarak bütünleştirilmesinin (derinlemesine gömülmesinin), biyolojik predasyon baskısını azaltmak için kritik bir teknik gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır.

Karaçam'da metrekareye ve hektara düşen fidan sayıları incelendiğinde; en yüksek fidan yoğunluğuna tohum takviyesi yapılan KONTROL + TT (20.000 adet/ha) ve Rotavatör + TT (9.167 adet/ha) ile toprak işlemesi yapılan parsellerde ulaşılmıştır. Tohum takviyesi yapılmayan doğal dökümlü alanlar dikkate alındığında ise en yüksek gençlik başarısı Rotavatör (5.000 adet/ha) ile Ekskavatör Kova (4.167 adet/ha) ile toprak işlemesi yapılan parsellerde belirlenmiştir. Tohum takviyesi yapılmayan parsellerde OGM (2024) standartlarına göre hektarda hedeflenen asgari 5.000 sağlıklı fidan kriterini tek başına yakalayabilen toprak işleme yöntemi Rotavatör (5.000 adet/ha) uygulaması olmuştur. Tohum takviyesi desteğiyle birlikte bu değer Rotavatör + TT ile toprak işlemesi yapılan parsellerde 9.167 adet/ha seviyesine çıkarak başarı eşiğini fazlasıyla aşmıştır.

Sarıçam'da metrekareye ve hektara düşen fidan sayıları genel olarak değerlendirildiğinde, birim alandaki gençlik başarısı açısından Rotavatör uygulamasının diğer tüm yöntemlere karşı ciddi bir üstünlük sağladığı görülmektedir. Bulgular incelendiğinde, tohum takviyesi yapılmayan parsellerde en yüksek fidan yoğunluğuna Rotavatör (117.500 adet/ha) ile toprak işleme yapılan parseller ile Ekskavatör Tırmık Yatay (85.000 adet/ha) ile toprak işlemesi yapılan parsellerde

ulaşılmıştır. Tohum takviyesi yapılan parseller dikkate alındığında ise en yüksek başarı Ekskavatör Tırmık Dikey + TT (94.167 adet/ha) ile Rotavatör + TT (88.333 adet/ha) ile toprak işlemesi yapılan parsellerde tespit edilmiştir. OGM (2024) standartlarına göre tüm saha hazırlığı metotları hektarda 5.000 sağlıklı fidan barajını aşarak niceliksel bir başarı yakalamıştır.

Her iki türde de mekanize toprak işleme (Rotavatör ve Ekskavatör Tırmık), başlangıçta yarattığı homojen çimlenme yatağı ve gevşetilmiş toprak yapısıyla fidanların kök gelişimini hızlandırmış ve vejetasyon baskısına karşı daha yüksek bir rekabet gücü kazanmalarını sağlamıştır (Grossnickle, 2005). Ancak, mekanize yöntemlerin beraberinde getirdiği hızlı yabanlaşma hızı (Rotavatör %310), fidanların boy büyüme performansı üzerindeki rekabet etkileri açısından silvikültürel bakımların önemini artırmaktadır (Balandier vd., 2006; Ürgenç, 1998).

Karaçam sahasında gerçekleşen 2023 yılı ilkbahar döneminde ekstrem yağışların (MGM., 2024), toprak işleme yapılan alanlarda tohumların yüzeysel akışla taşınmasına ve buna bağlı olarak çimlenme oranlarının olumsuz etkilenmesine yol açtığını göstermiştir. Buna karşın, kontrol sahalarında vejetasyon örtüsünün sağladığı koruyucu etki (yabanlaşma), tohumların yer değiştirmesini minimize ederek çimlenme başarısının toprak işlenen sahalara kıyasla daha yüksek gerçekleşmesini sağlamıştır. Kontrol parsellerindeki sonuçlar, toprağın fiziksel bütünlüğü ile mevcut mikro-habitatın (doğal gölge ve nem rejimi) korunmasının, fidanların çimlenme dönemindeki hassasiyetini minimize ettiğini ve doğal bir stabilite sağladığını ortaya koymaktadır. Ancak, her ne kadar anlık kayıp oranı düşük olsa da özellikle tohum takviyesi yapılmayan Kontrol parsellerindeki başlangıç fidan yoğunluğunun mekanize yöntemlere kıyasla çok geride kalması, uzun vadeli gençleştirme başarısı açısından bu alanların "yeterlilik" kriteri bağlamında tek başına yetersiz kalacağını vurgulanmaktadır (Ata, 1995; Çalışkan vd., 2014; Dumans vd., 2021)

Çalışmamızda her iki tür için de en kritik ortak bulgu, elle çapa ve elle tırmık alanlarında fidan başarısının en az ve fidan kayıplarının en yüksek seviyeye ulaşması, diri örtü ile rekabetin fidan aleyhine dönmesinden kaynaklanmaktadır (Balandier vd., 2006).

Ekstrem yağışların yol açtığı yüzey akışı ve tohum taşınması gibi istisnai meteorolojik riskler hariç tutulduğunda, normal mevsimsel koşullar altında mekanize toprak hazırlığı tekniklerinin gençleştirme başarısı üzerindeki olumlu etkisi belirgindir. Bu bağlamda, Karaçam sahalarında gençleştirme başarısını garanti altına almak amacıyla Rotavatör ve Ekskavatör tırmık gibi mekanize uygulamaların, tohum takviyesi ile entegre bir şekilde yürütülmesi, silvikültürel başarıyı optimize eden en temel strateji olarak önerilmektedir.

Sarıçam (*Pinus silvestris*) sahalarında yapılan değerlendirmeler neticesinde, mevcut tohum stoğunun doğal gençleştirme için yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Sarıçam'da farklı toprak işleme yöntemlerinin gençlik başarısı üzerindeki etkileri incelendiğinde, mekanize uygulamalar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken; elle çapa ve tırmık uygulamalarında elde edilen başarı oranlarının sınırlı kaldığı belirlenmiştir. Buna karşın, birim alandaki fidan sayısı ve fidanların yaşama yüzdesi (sağkalım oranı) dikkate alındığında, toprağın derinlemesine yırtılması ve gevşetilmesi prensibine dayalı mekanize toprak hazırlığı tekniklerinin (rotavatör ve ekskavatör tırmık), silvikültürel başarıyı optimize eden kritik ve vazgeçilmez bir müdahale olduğu sonucuna varılmıştır.

5.6 Karaçam ve Sarıçam'da Fidan Parametreleri

Kök Boğaz Çapı (KBC) ve Fidan Boyu (FB) parametreleri, fidanların toprak üstü mekanik direncini ve büyüme enerjisini yansıtan en temel iki morfolojik değişkendir. Karaçamda en yüksek KBC değeri Rotavatör TT (2,75 ± 0,94 mm) ve Rotavatör (2,49± 0,70 mm) ile toprak işleme uygulamalarında elde edilmiştir. Fidan Boyu (FB) parametresinde de benzer şekilde Rotavatör TT (11,36 ± 3,37 cm) ve Rotavatör (10,63 ± 2,97 cm) ile toprak işleme uygulamaları en yüksek değerlerle ön plana çıkmıştır. Tukey testine göre bu iki uygulama en üst homojen grupta (5. grup) yer almıştır.

Sarıçamda ise en yüksek KBC değerlerine Ekskavatör Kova TT (3,23 ± 0,86 mm) ve Rotavatör (3,11 ± 0,92 mm) ile toprak işlemesi yapılan parsellerde ulaşılmıştır. FB parametresinde de yine en yüksek değerler Ekskavatör Kova TT (13,75 ± 3,81 cm) ile işlem yapılan parsellerde elde edilmiştir.

Elde edilen KBC ve FB bulguları, iki türün kök bölgesi ekofizyolojisi ve toprak tekstürüne verdikleri büyüme tepkilerinin belirgin şekilde farklılaştığını göstermektedir. Karaçam fidanları, Rotavatör gibi toprağı mikro düzeyde parçalayan, agregat yapısını havalandıran ve organik maddeyi üst toprağa homojen dağıtan yüzeysel işlemlere pozitif kararlı tepki vermiştir. Buna karşın Sarıçam fidanları, Ekskavatör kova ile yapılan daha derin ve geniş hacimli gevşetme işlemlerinden maksimum düzeyde yararlanmıştır.

Literatürde çıplak köklü veya tüplü ibreli fidanların dikim başarısı ve fidan kalitesi değerlendirilirken KBC ve FB değerlerinin belirli kalite sınırları üzerinde olması beklenir (Deligöz, 2007; Ürgenç, 1998). Bu bağlamda, Sarıçam mekanize işlemlerde ideal kalite eşiğini yakalamışken, Karaçam genel olarak daha düşük çap değerlerinde kalmıştır. Her iki türde de Elle Tırmık ve Kontrol gruplarının en alt homojen gruplarda kalması, toprağın fiziksel direncinin kırılmadığı durumlarda fidan gelişiminin sekteye uğradığını bildiren Grossnickle (2005) bulgularıyla tam bir uyum içerisindedir.

Kök Uzunluğu (KU) ve Kök Adedi (KA) parametlerine baktığımızda, Karaçamda ortalama KU, Rotavatör TT (19,64 ± 5,65 cm) ve Rotavatör (17,70 ± 4,92 cm) ile toprak işleme uygulamalarında maksimize olurken; Sarıçamda da paralel bir eğilimle Rotavatör TT (19,26 ± 3,97 cm) ile toprak işleme uygulaması en yüksek uzunluğu vermiştir.

Karaçamda en yüksek yan KA TUKEY varyansına göre Rotavatör TT (3,35 ± 2,20 adet) ve Elle Çapa (3,84 ± 3,23 adet) ile toprak işleme alanlarında tespit edilmiştir. Sarıçamda ise Ekskavatör Tırmık Yatay TT (3,64 ± 1,72 adet) ve Ekskavatör Kova (3,47 ± 1,47 adet) ile toprak işleme uygulamaları üstünlük kurmuştur.

Tukey çoklu karşılaştırma testleri, kök mimarisinin toprak işleme şekliyle doğrudan manipüle edilebildiğini göstermektedir. Derin kök gelişiminde Rotavatörün oluşturduğu homojen ve gevşek tekstür, her iki türde de kazık kök uzamasını dikkate değer ölçüde teşvik etmiştir. Yan kök sayısında ise Karaçam, lifli ve sığ yan kök ağını Rotavatörle ile toprak işleme yapılmış gevşek üst katmanda genişletmeyi tercih

ederken; Sarıçam mekanize toprak işleme yapılan parselelrde daha homojen ve simetrik bir kök sistemi geliştirmiştir.

Literatürde, sığ ve taşlı sahalarda ince/yan kök yoğunluğunun artması sahadaki kısıtlı suyun emilimi için olumlu bir adaptasyon kabul edilirken, derin topraklarda stabilite ve kök büyüme potansiyelinin geliştirilmesi için Sarıçamın gösterdiği derin kök mimarisi daha nitelikli bir gelişme olarak değerlendirilir (Johnsen vd., 1988).

Fidanlarda Taze Ağırlık (KTA, GTA, FTA) durumları incelendiğinde, Karaçamda Fidan Taze Ağırlığı (FTA) en yüksek Rotavatör TT (2,96 ± 2,61 g) ve Rotavatör (2,24 ± 1,67 g) ile toprak işleme uygulamalarında elde edilmiştir. Kök (KTA: 0,86 ± 0,82 g) ve Gövde (GTA: 2,11 ± 1,85 g) taze ağırlıkları da bu bulguyu destekler nitelikte Rotavatör TT ile toprak işleme alanlarında tepe noktası yapmıştır.

Sarıçam Fidan Taze Ağırlığı (FTA) en yüksek Ekskavatör Kova uygulaması (5,00 ± 4,15 g) ile Ekskavatör Tırmık Yatay (4,85 ± 7,48 g) ile toprak işleme uygulamalarında saptanmıştır. GTA Ekskavatör Kova TT uygulaması (3,52 ± 2,16 g) ile Ekskavatör Kova (3,59 ± 2,93 g) ile toprak işleme uygulamalarında elde edilmiştir. KTA ise Ekskavatör Kova TT (1,20 ± 0,71 g) ve Ekskavatör Kova (1,41 ± 1,27 g) ile toprak işleme uygulamalarında elde edilmiştir.

Kuru biyokütle birikimi fidanın bünyesindeki su tamamen uçurulduktan sonra geriye kalan net organik madde miktarını ifade eder. Fidanlarda Kuru Ağırlık (KKA, GKA, İKA, FKA) durumlarına baktığımızda, Karaçamda en yüksek FKA (0,43 ± 0,42 g), GKA (0,98 ± 0,89 g), KKA (0,43 ± 0,42 g) ve İKA (0,63 ± 0,53 g) değerleri kesintisiz olarak Rotavatör TT ile toprak işleme uygulamasında elde edilmiştir. Tukey testinde rotavatör varyasyonları en üst grupta kümelenmiştir.

Sarıçam fidanlarında mutlak kuru ağırlık başarısı FKA Ekskavatör Kova 0,63 ± 0,54 g, İKA Ekskavatör Tırmık Yatay 1,00 ± 0,75 g) ve Ekskavatör Kova TT (GKA: 1,51 ± 0,89 g; KKA: 0,63 ± 0,54 g) ile toprak işleme uygulamalarında yoğunlaşmıştır.

Tukey testleri, her iki türde de işlenm görmeyen Kontrol alanları ile Elle Tırmık uygulamalarının kuru ağırlık birikiminde 1. homojen grupta (en alt seviye) kaldığını

doğrulamaktadır. Fizyolojik açıdan bu durum, sıkışmış topraklarda köklerin solunum yetersizliği çekmesi ve besin elementi absorpsiyonunun durmasıyla açıklanan "olumsuz" bir tablodur (Poorter ve Nagel, 2000).

Biyokütle birikiminde makine tercihine dayalı tür spesifik ayrım, taze ve kuru ağırlık dağılımlarında kendisini net bir şekilde göstermiştir. Karaçam fidanları; gerek taze ağırlık (FTA: 2,96 ± 2,61 g; GTA: 2,11 ± 1,85 g; KTA: 0,86 ± 0,82 g) gerekse net organik madde üretim başarısını gösteren kuru biyokütle parametrelerinin tamamında (FKA: 0,43 ± 0,42 g; GKA: 0,98 ± 0,89 g; KKA: 0,43 ± 0,42 g; İKA: 0,63 ± 0,53 g) kesintisiz olarak Rotavatör TT ve Rotavatör ile toprak işleme uygulamalarında en üst homojen grupta kümelenmiştir.

Karaçamın bu reaksiyonu, türün sığ ve yoğun yan kök ağını (rizosfer) toprağı ufalayan, makro/mikro agregat yapısını havalandıran ve organik maddeyi üst toprağa homojen dağıtan yüzeysel mekanize işlemlerde daha efektif geliştirebilmesiyle ilgilidir (Deligöz, 2007). Nitekim, benzer sahalarda yapılan çalışmalarda da toprağın fiziksel direncinin Rotavatör benzeri araçlarla mikro düzeyde kırılmasının, Karaçam fidanlarının erken büyüme evresinde asimilasyon maddelerini dengeli bir şekilde organlarına dağıtmasına olanak tanıdığı bildirilmiştir (Güner vd., 2008).

Buna karşın Sarıçam fidanlarında mutlak biyokütle başarısı, tamamen daha derin ve geniş hacimli bir gevşetme sağlayan Ekskavatör Kova ile toprak işlemesi yapılan uygulama ve türevlerinde yoğunlaşmıştır. Sarıçam'da Ekskavatör Kova ile toprak işleme uygulamalarıyla en yüksek toplam taze ağırlığa (5,00 ± 4,15 g) ve Karaçam'ın yaklaşık 1,5 katı kadar bir gövde kuru ağırlığına (1,51 ± 0,89 g) ve dolayısıyla bu alanlarda en iyi biyokütle artışına ulaşılmıştır.

Sarıçamın kök kuru ağırlığı (KKA: 0,63 ± 0,54 g) ve kök taze ağırlığının (KTA: 1,41 ± 1,27 g) Ekskavatör ile toprak işleme uygulamalarında maksimize olması, türün karakteristik kazık kök mimarisinin alt topraktaki penetrasyon direncini aşma ihtiyacından kaynaklanmaktadır (Tetik, 1995). Ekskavatör kova ile yırtılan diri katmanlar, Sarıçam köklerinin daha derin profil derinliklerine inmesini sağlayarak kök

büyüme potansiyelini (RGP) teşvik etmiş ve fidanın fizyolojik dikim şokunu hızla atlatmasına zemin hazırlamıştır (Grossnickle, 2005; Johnsen vd., 1988).

Ayrıca Sarıçamın taze biyokütle üretiminde Ekskavatör Tırmık Yatay (4,85 ± 7,48 g) ile toprak işleme uygulamasının da yüksek değerler vermesi, iş makinelerinin toprakta oluşturduğu şeritvari gevşetme formunun türe sağladığı ekofizyolojik konforu destekler niteliktedir (Grossnickle, 2005).

Fidan morfolojisinin geometrik ve fizyolojik oranlarını veren Kuru Kök Yüzdesi (KKY), Katlılık (K) ve Gürbüzlük İndeksi (Gİ), fidanların dikim şokunu atlatma ve kurak sahalarda tutunma kabiliyetlerini ölçen en kritik parametrelerdir. Fidan kalite değerlendirmesinde Kuru Kök Yüzdesi (KKY), Katlılık Oranı (K) ve Gürbüzlük İndeksi (Gİ) gibi morfolojik parametrelerin, Kök Boğazı Çapı (KBÇ), Kök Kuru Ağırlığı (KKA) ve Gövde Kuru Ağırlığı (KGA) verileriyle birlikte analizi, fidanların arazi performansının tahmin edilmesinde daha yüksek doğruluk payı sunmaktadır.

Bu parametrelerin bir arada kullanılması, fidanın sadece büyüme potansiyelini değil, aynı zamanda dikim sonrası çevresel stres faktörlerine karşı sahip olduğu biyolojik kapasiteyi de ortaya koymaktadır. Özellikle Katlılık Oranı (K) ve Gürbüzlük İndeksi (Gİ) gibi türetilmiş indekslerin, KBÇ ve kuru ağırlık bileşenleri ile eşgüdümlü değerlendirilmesi, "fidan kalitesi" tanımını subjektif bir gözlemden çıkararak kantitatif ve öngörülebilir bir düzeye taşımaktadır. Dolayısıyla, fidan seçim sürecinde bu parametre setinin çok kriterli bir değerlendirme modeli içerisinde ele alınması, gençleştirme sahalarında tesis başarısını maksimize eden en doğru yöntemdir.

Karaçamda ortalama KKY en yüksek Ekskavatör Kova (%66,53 ± 25,55) ve Ekskavatör Tırmık TT (%58,94 ± 21,23) ile işlem gören parsellerde çıkmıştır. Sarıçamda ise KKY Elle Tırmık (%49,77 ± 15,72) ile işlem gören parseller ve Kontrol TT (%52,12 ± 26,45) parsellerinde en yüksek değerleri vermiştir.

Karaçam fidanları en yüksek katlılık (K) değerini Rotavatör (2,48 ± 0,82) ile toprak işleme yapılan parseller ve Kontrol TT (2,44 ± 0,89) parselelrinde alırken; Sarıçam fidanlarında Elle Çapa (2,82 ± 0,93) ile işlem gören parseller ve Kontrol (2,80 ± 0,90) parsellerinde yüksek katlılık değerleri göstermiştir.

Katlılık değeri %50-60 (0,50-0,60) ve üzeri oran yüksek oran olup kurak ve yarı kurak mıntıkalarda tercih edilmelidir. %30-50 olan fidan kökleri ile gövdesi arasında dengeli bir biyokütle dağılımına sahiptir. Dikim sonrası hayatta kalma ve büyüme potansiyeli en yüksek olan fidan kalitesidir. Literatürde ibreli türlerde toplam biyokütle içerisinde kök ağırlığının %30-50 (0,30-0,50) oranında olması, dikim sonrası hayatta kalma başarısını optimize eden ideal değer olarak kabul edilmektedir (Grossnickle, 2005).

Katlılık (GKA/KKA) indeksinde TS 2265 standartlarına göre ideal aralık 1,5–2,5 (maksimum 3,0) olarak kabul edilir. Bu doğrultuda, hem Karaçam (1,71–2,48) hem de Sarıçam (2,20–2,82) fidanlarının tüm toprak işleme varyasyonlarında literatürde öngörülen standartlar dahilinde "iyi ve kabul edilebilir" kalite sınırları içerisinde kaldığı görülmüştür (Demircioğlu vd., 2003). Ancak Sarıçam'da kontrol ve el araçlarında bu oranın 2,80 seviyelerine yaklaşması, fidanların kurak periyotlarda dikim şoku riskini artırabilecek "riskli" bir sınır normudur (Tetik, 1995).

Kök Kuru Yüzdesi (KKY) her iki türde de Kök Boğazı Çapı (KBÇ), Kök Kuru Ağırlığı (KKA) ve Gövde Kuru Ağırlığı (KGA) verileriyle birlikte analizi yapıldığında Karaçam'da Rotavatör işlemi öne çıkarken, Sarıçamda Ekskavatör Kova ve Ekskavatör Tırmık işlemleri ön plana çıkmaktadır.

Gürbüzlük İndeksi (FB/KBC), fidanın kalitesini gösteren ters yönlü bir göstergedir. Endeksin düşmesi fidanın fırtına ve kar yatırmasına dayanıklı, kuraklığa dayanıklı, dengeli (bodur/gürbüz) formda olduğunu; yükselmesi ise fidanın boyca aşırı büyümüş (boya kaçmış) olduğunu gösterir. Karaçamda en düşük Gürbüzlük İndeksi (Gİ) değerleri Elle Çapa (4,22 ± 0,91), Elle Tırmık (4,22 ± 0,82) ile işlem gören parsellerde ve Kontrol TT (4,22 ± 0,84) parsellerinde saptanmıştır. Ekskavatör Tırmık ile işlem gören parsellerde ise en yüksek (4,85 ± 0,95) Gürbüzlük İndeksi (Gİ) değeri ortaya çıkmıştır.

Sarıçamda en düşük Gürbüzlük İndeksi (Gİ), Rotavatör (4,06 ± 1,43) ve Ekskavatör Tırmık Dikey TT (4,14 ± 0,76) işlemleri uygulanan parsellerde saptanmıştır. En yüksek Gİ değeri ise Kontrol TT (4,80 ± 0,87) parsellerinde elde edilmiştir.

Ormancılık literatüründe iğne yapraklı fidanlar için Gürbüzlük İndeksi (Gİ) değerinin düşük olması fidanın dengeli ve mekanik direncinin yüksek olduğunu gösterirken, yüksek değerler cılızlığı ifade eder (Schmidt-Vogt, 1980). Bu kritere göre, her iki türün de tüm uygulamalarda 4,06–4,85 arasında değerler alması, denemedeki fidanların genel olarak yüksek mekanik dirence sahip, son derece kaliteli ve gürbüz formda olduğunu doğrulamaktadır (Güner vd., 2008).

Fidanların dikim şokunu atlatma ve kurak sahalarda tutunma kabiliyetlerini ölçen en kritik parametrelerden olan Gürbüzlük indeksinin (Gİ) her iki türde de Kök Boğazı Çapı (KBÇ), Kök Kuru Ağırlığı (KKA) ve Gövde Kuru Ağırlığı (KGA) verileriyle birlikte analizi yapıldığında Karaçam'da Rotavatör ile işlem yapılan parseller öne çıkarken, Sarıçamda Ekskavatör Kova ve Ekskavatör Tırmık ile işlem gören parseller ön plana çıkmaktadır.

Fidan Parametreleri için yapılan Korelasyon analizi sonuçları, Anadolu karaçamı fidanlarında toprak üstü morfolojik parametrelerin (çap, boy, ibre ve gövde ağırlıkları) birbiriyle yüksek düzeyde senkronize ve pozitif bir ilişki içinde büyüdüğü, kök mimarisi/kalitesi parametreleri (Log(KKY)) ile toprak üstü büyüme hızı arasında fizyolojik bir dengeleme mekanizmasının işlediği tespit edilmiştir. Bu durum, özellikle fidanlık aşamasındaki kültürel işlemlerde ve arazi hazırlığı planlamalarında fidanın sadece boyca değil, kök/gövde dengesi gözetilerek yetiştirilmesi gerektiği teorisini desteklemektedir.

Sarıçam fidan parametreleri üzerinde yürütülen korelasyon analizi, fidan boyu, kök boğazı çapı ve ana biyokütle bileşenlerinin (gövde, kök, taze ve kuru ağırlıklar) r = 0,97 ile r = 1,0 arasında değişen maksimum değerlerle birbiriyle tam bir uyum içinde büyüdüğünü göstermektedir. Buna karşın, fidanın toprak üstü asimilasyon organlarının (Log(IA)) gelişimi ile belirli gelişim indeksleri (Log(Gİ)) ve kök mimari parametreleri (Log(KKY)) arasında matrisin en düşük (r = -0,80) negatif korelasyon değerleri saptanmıştır. Bu durum, Sarıçam fidan morfolojisinde toprak üstü büyüme hızı arttıkça, fidanın kısıtlı karbon kaynaklarını kök sisteminden keserek gövde ve ibreye aktardığını, bunun da kök parametreleri ile kalite indeksleri üzerinde baskılayıcı bir etki yarattığını açıkça ortaya koymaktadır.

UPGMA hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarına göre, Karaçam fidanlarının morfolojik büyüme parametreleri [Log(KBC), Log(KU), Log(KA), Log(FB)] bakımından mekanize yöntemlerin homojen ve optimal bir gelişim standardı sağladığı, Elle çapa ve Elle tırmık ile işlem gören uygulamaların ise işlem görmeyen Kontrol grubu ile aynı alt kümelerde kümelenerek yetersiz kaldığı saptanmıştır. Fidan ağırlık bileşenleri ve alan endeksleri [Log(KKA), Log(GTA) vb.] incelendiğinde, tam sahalı yoğun toprak işleme yapan Rotavatör TT ile işlem gören uygulamanın biyokütle birikimi ve karbon tahsisi açısından diğer tüm yöntemlerden yüksek bir mesafe (0,570) ile tamamen soyutlandığı görülmüştür. Kök kalitesi ve fizyolojik denge indekslerinde [Log(KKY), Log(K), -Log(Gİ)] ise Ekskavatör Kova ile işlem gören uygulamanın özgün bir etki bıraktığı, ancak tohum takviyesiyle (TT) birlikte fidan parametrelerinin sahanın doğal dengesini sarsmadan kontrol grubuna yakın (0,015 mesafe) kararlı bir gelişim çizgisine ulaştığı tespit edilmiştir.

Karaçam gençleştirme sahalarında fidanların ilk yıllarda homojen büyümesi, dengeli alan yapısı ve ideal biyo-kütle biriktirebilmesi için öncelikle sahada kontrollü bir başarı grafiği sunan Ekskavatör (Kova/Tırmık) veya yoğun alanlar için Rotavatör kombinasyonları tercih edilmelidir. Toprağın fiziksel direncini kırmada yetersiz kalarak fidan gelişimini doğal kontrol seviyesinde bırakan hafif manuel işçiliklerin (Elle çapa ve Elle tırmık) kullanımı ise iş gücü ekonomisi ve fidan başarısı açısından sınırlandırılmalıdır. Son olarak, gelecekteki silvikültürel çalışmalarda başarı kriteri değerlendirilirken sadece klasik boy-çap ölçümleriyle yetinilmemeli; fidan mimarisindeki, kök kalitesindeki ve ağırlık dengesindeki gizli varyasyonları net olarak ortaya koyan alan/endeks parametreleri analiz tasarımlarına mutlaka dahil edilmelidir.

UPGMA kümeleme analizi, Ekskavatör ve Rotavatör gibi mekanize arazi hazırlığı yöntemlerinin Sarıçam fidan büyümesi [Log(KBC), Log(KU), Log(KA), Log(FB)] üzerinde homojen ve standart bir etki yarattığını göstermiştir. Buna karşılık, Elle çapa ve Elle tırmık ile işlem gören uygulamalar işlem görmeyen Kontrol grubu ile aynı alt kümelerde yer alarak fidan morfolojisi ve biyo-kütlesi üzerinde yeterli gelişimi sağlayamamıştır. Ayrıca fidan alan indekslerinin [Log(KKA), Log(GTA) vb.] yöntemler arasında çok daha geniş bir mesafe katsayısı (1,05) ile ayrışması, toprak

işlemenin fidanın içsel mimarisini ve büyüme stratejisini kökten değiştirdiğini kanıtlamaktadır.

Sarıçam gençleştirme sahalarında fidanların optimal kök gelişimi, dengeli alan yapısı ve homojen biyo-kütle biriktirebilmesi için öncelikle Ekskavatör veya Rotavatör gibi derin mekanize toprak işleme yöntemleri tercih edilmelidir. Toprağın fiziksel direncini kırmada yetersiz kaldığı ve fidanları kontrol seviyesinde bıraktığı anlaşılan hafif manuel işçiliklerin kullanımı ise fidan başarısı açısından sınırlandırılmalıdır. Son olarak, gelecekteki silvikültürel çalışmalarda yöntemlerin başarısı incelenirken sadece kaba boy-çap ölçümleriyle yetinilmemeli, fidan mimarisindeki gizli varyasyonları keskin bir şekilde ortaya koyan kök/gövde alan indeksleri analitiğe dahil edilmelidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kastamonu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez standartları ve yürütülen saha araştırmasının bilimsel çıktıları doğrultusunda yapılan bu çalışma, doğal gençleştirme ve ağaçlandırma pratiklerinde tek bir toprak işleme modelinin tüm iğne yapraklı türlere doğrudan dayatılamayacağını, türe spesifik fizyolojik tercihlerin gözetilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymuştur.

Araştırmadan elde edilen öne çıkan sonuçlar doğrultusunda, Karaçam fidanlarının birim alandaki fidan sayısı, fidan kök boğazı çapı, fidan boyu, kök uzunluğu, yaş biyokütle ve kuru biyokütle birikimi dikkate alındığında Rotavatör ve Rotavatör + Tohum Takviyesi (TT) ile işlem gören uygulamalarından maksimum düzeyde fayda sağladığı belirlenmiştir.

Sarıçam fidanları ise birim alandaki fidan sayısı ve başarısı bakımından en yüksek performansı Rotavatör ile işlem gören uygulamalarda gösterirken; morfolojik gelişim parametrelerinin tamamında (kök boğazı çapı, fidan boyu, kök uzunluğu), yaş ve kuru ağırlık performanslarında Ekskavatör Kova ve Kova + TT ile işlem gören uygulamalarda en üst homojen grupları meydana getirmiş, ayrıca en kaliteli gürbüzlük formuna da yine bu mekanize alanlarda ulaşmıştır.

Buna karşılık her iki ibreli türde de Elle tırmık, Elle çapa ile işlem gören uygulamalar ve işlem görmeyen Kontrol grupları, fidan kalitesi ile biyokütle parametrelerinde kararlı bir şekilde başarısız olmuş, literatür standartlarının gerisinde kalarak alt homojen gruplarda sıkışmıştır.

Bu bilimsel çıktılardan hareketle uygulamaya yönelik geliştirilen teknik öneriler kapsamında, Karaçam gençleştirme ve ağaçlandırma çalışmalarında sahanın topoğrafik yapısı, taşlılık durumu ve eğimi (%40'a kadar) uygun olduğu müddetçe, toprağı homojen şekilde ufalayan ve fidan dikim muhitini mükemmelleştiren Rotavatör ile toprak işleme teknikleri öncelikli olarak tercih edilmelidir. Eğimin daha yüksek olduğu (%40 üzeri) Karaçam sahalarında ise ikincil olarak Ekskavatör tırmık ile işlem yapılmasına öncelik verilmelidir.

Sarıçam gençleştirme alanlarında ise toprağın sertlik direncini kırarak kök gelişimini kolaylaştıran, derinlemesine yırtma ve gevşetme sağlayan Ekskavatör kova ve kombinasyonları ana toprak işleme yöntemi olarak seçilmelidir. Bununla birlikte, Rotavatör uygulamasının da eğimin düşük olduğu (%40 altı) Sarıçam sahalarında kullanılması, birim alana gelecek fidan sayısının artmasına ciddi katkıda bulunacaktır.

Rotavatör ile toprak işlemesi gerçekleştirilen gençleştirme sahalarında, bakım tedbirlerinin kesintisiz ve zamanında uygulanması kritik bir öneme sahiptir. Söz konusu mekanize toprak işleme yöntemi sonrasında, sahalardaki yabanlaşma (otlanma/diri örtü istilası) oranının ve ilk vejetasyon dönemini takip eden yıllardaki artış eğiliminin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda, başarı oranının düşmesini engellemek adına, sahaların mikro iklim ve edafik koşulları yakından takip edilmeli ve bakım takvimi aksatılmadan titizlikle yürütülmelidir.

Nihai bir değerlendirme yapıldığında gerek fidanların niteliksel gelişim yetersizlikleri gerekse yüksek iş gücü sorunları dikkate alındığında, topografik ve ekstrem eğim koşullarının mekanize çalışmaya kesin olarak izin vermediği alanlar haricinde, büyük ölçekli doğal gençleştirme sahalarında el araçlarına dayalı yüzeysel toprak işleme metotlarından kaçınılmalıdır. Sahada hem silvikültürel başarıyı hem de uygulama performansını en üst düzeye çıkarmak adına, Rotavatör ve Ekskavatör destekli mekanize saha hazırlığı stratejilerinin öncelikli olarak tercih edilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir.

Farklı toprak hazırlığı yöntemlerinin Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus silvestris*) çalışma sahalarında gençlik başarısı, birim alanda bulunan fidan sayısı, yabanlaşma durumu, zaman-maliyet bulguları ve fidan morfolojik parametreleri için gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre her iki tür özelinde en yüksek başarı oranı, performans sıralaması (2 nci başarı oranı) ve en düşük başarı oranına sahip olan uygulamalar Tablo 6.1'de özetlenmiştir.

Tablo 6.1 Tespit ve analiz verilerine göre başarılı ve düşük başarılı performanslar

Tespit Edilen Faktör ve Parametreler	KARAÇAM			SARIÇAM		
	Yüksek Başarı Oranı	**Performans Sıralaması (2.)**	**En Düşük Performanslı**	**Yüksek Başarı Oranı**	**Performans Sıralaması (2.)**	**En Düşük Performanslı**
Zaman Maliyet	Rotavatör	Ekskavatör Tırmık	Elle Çapa	Rotavatör	Ekskavatör Tırmık (Yatay)	Elle Çapa
Gençlik Başarısı (2025 Sonbahar)	Kontrol (%100), Ekskavatör Tırmık (%100)	Rotavatör TT (%83), Ekskavatör Kova TT (%83)	Elle Çapa (%33)	Elle Tırmık Kontrol TT hariç diğer tüm işlemler %100 başarılı		Elle Tırmık Kontrol TT (%83)
Gençlik Sayısı (2025 Sonbahar)	Kontrol TT (m^2=2 ad)	Rotavatör TT (m^2=1 ad)	Elle Çapa (m^2=0,3 ad)	Rotavatör (m^2=24 ad)	Eksk Tır Dikey TT (m^2=19 ad)	Kontrol TT (m^2=5 ad)
Gençlik Sağkalım	Kontrol TT (%89)	Kontrol (%80)	Elle Çapa (%18)	Rotavatör (%87)	Eksk Tır Dikey TT (%86)	Elle Tırmık (%41)
Yabanlaşma	Ekskavatör Tırmık (%15)	Ekskavatör Kova (%16)	Kontrol (%40)	Eksk Tır Dikey ve Eksk Kova (%26)	Eksk Tır Yatay ve Elle tırmık (%31)	Kontrol (%47)
KBÇ	Rotavatör TT 2,75 ± 0,94	Rotavatör 2,49 ± 0,70	Eksk Tırmık 1,89 ± 0,48	Eksk.Kova TT 3,23 ± 0,86	Rotavatör 3,11 ± 0,92	Elle Tırmık 1,83 ± 0,57
KU	Rotavatör TT 19,64 ± 5,65	Eksk Kova TT 17,69 ± 4,13	Elle Tırmık TT 14,25 ± 3,27	Rotavatör TT 19,26 ± 3,97	Eksk.Kova TT 18,61 ± 4,14	Elle Tırmık 15,24 ± 4,65
KA	Rotavatör 3,35 ± 2,20	Elle Çapa 3,84 ± 3,23	Kontrol 1,69 ± 1,02	Eksk.Tır.Yat TT 3,64 ± 1,72	Eksk.Kova 3,47 ± 1,47	Kontrol TT 1,95 ± 1,01
FB	Rotavatör TT 11,36 ± 3,37	Rotavatör 10,63 ± 2,97	Elle Tırmık 8,52 ± 2,78	Eksk.Kova TT 13,75 ± 3,81	Eksk.Kova 13,33 ± 4,42	Elle Tırmık 8,28 ± 2,75
KTA	Rotavatör TT 0,86 ± 0,82	Eksk Kova TT 0,64 ± 0,40	Elle Tırmık TT 0,42 ± 0,21	Eksk.Kova TT 1,41 ± 1,27	Eksk.Kova 1,41 ± 1,27	Elle Tırmık 0,37 ± 0,27
GTA	Rotavatör TT 2,11 ± 1,85	Rotavatör 1,62 ± 1,17	Elle Tırmık TT 0,95 ± 0,56	Eksk.Kova TT 13,75 ± 3,81	Eksk.Kova 13,33 ± 4,42	Elle Tırmık 8,28 ± 2,75
KKA	Rotavatör TT 0,43 ± 0,42	Eksk Kova TT 0,34 ± 0,21	Elle Tırmık TT 0,22 ± 0,11	Eksk.Kova TT 0,57 ± 0,31	Eksk.Tırm Yatay 1,20 ± 0,71	Elle Tırmık 0,17 ± 0,12
GKA	Rotavatör TT 0,98 ± 0,89	Eksk Kova TT 0,74 ± 0,52	Elle Tırmık TT 0,44 ± 0,27	Eksk.Kova TT 1,51 ± 0,89	Eksk Tır Yatay 1,48 ± 1,08	Elle Tırmık 0,40 ± 0,33
İKA	Rotavatör TT 0,63 ± 0,53	Rotavatör 0,52 ± 0,36	Elle Tırmık 0,34 ± 0,26	Eksk Tır Yatay 1,00 ± 0,75	Eksk.Kova TT 0,93 ± 0,51	Elle Tırmık 1,35 ± 1,09
FTA	Rotavatör TT 2,96 ± 2,61	Rotavatör 2,24 ± 1,67	Elle Tırmık TT 1,37 ± 0,74	Eksk.Kova TT 4,72 ± 2,79	Eksk.Kova 5,00 ± 4,15	Elle Tırmık 1,35 ± 1,09
FKA	Rotavatör TT 0,43 ± 0,42	Eksk Kova TT 0,34 ± 0,21	Elle Tırmık TT 0,22 ± 0,11	Eksk Kova TT 0,57 ± 0,31	Eksk Tır Yatay 0,59 ± 0,55	Elle Tırmık 0,17 ± 0,12
KKY	Eksk Kova 66,53 ± 25,55	Eksk Tır TT 58,94 ± 21,23	Rotavatör 45,53 ± 18,72	Elle Tırmık 49,77 ± 15,72	Kontrol TT 52,12 ± 26,45	Elle Çapa 39,32 ± 12,88
K	Rotavatör 2,48 ± 0,82	Kontrol TT 2,44 ± 0,89	Eksk Kova 1,71 ± 0,63	Elle Çapa 2,82 ± 0,93	Kontrol 2,80 ± 0,90	Elle Tırmık 2,20 ± 0,67
Gİ	Elle Çapa 4,22 ± 0,91	Kontrol TT 4,22 ± 0,84	Eksk Tırmık 4,85 ± 0,95	Rotavatör 4,06 ± 1,43	Eksk.Tırm Dik TT 4,14 ± 0,76	Kontrol TT 4,80 ± 0,87

KAYNAKLAR

Acar, H. H., & Eker, M. (2003). Orman yolu yapımında ekskavatörlerin kullanılması ve çevresel açıdan yararları. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 5, 98-128.

Acar, H. H., Akay, A. E., & Gümüş, S. (2015). *Ormancılıkta Mekanizasyon*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.

Acar, H., & Şentürk, N. (2000). Dağlık orman alanlarındaki üretim çalışmalarında mekanizasyon. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 46(1-2-3-4), 77-94

Aleksandrowicz-Trzcińska, M., Drozdowski, S., Brzeziecki, B., Rutkowska, P. & Jabłońska, B. (2014). *Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of Pinus sylvestris in Eastern Poland*. Dendrobiology, 71, 73-81.

Aleksandrowicz-Trzcińska, M., Drozdowski, S., Studnicki, M. & Żybura, H. (2018). Effects of Site Preparation Methods on the Establishment and Natural-Regeneration Traits of Scots Pines (Pinus sylvestris L.) in Northeastern Poland. *Forests*, 9(717), 1-16.

Aleksandrowicz-Trzcińska, M., Drozdowski, S., Wołczyk, Z., Bielak, K., & Żybura, H. (2017). Effects of reforestation and site preparation methods on early growth and survival of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in South-Eastern Poland. *Forests, 8*(11), 421. https://doi.org/10.3390/f8110421

Alptekin, Ü. (1986). *Anadolu karaçamı (Pinus nigra Arnold. subsp. pallasiana) nın coğrafik varyasyonları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis, W. M. & Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized harvesting on soil compaction of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management*, 241(1-3), 162-174.

Aphalo, P., & Rikala, R. (2003). Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forests, 25*(2), 93–108. https://doi.org/10.1023/A:1022618810937

Ata, C. (1995). *Silvikültür Tekniği Ders Kitabı*. Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Yayınları.

Atalay, İ. (2002). *Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri* (1. Baskı), Orman Bakanlığı Yayınları.

Atay, İ. (1990). *Silvikültür II: Silvikültür tekniği*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Ayan, S. (2002). *Tüplü Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link.) Fidanı Yetiştirme Ortamları Özellikleri ve Üretim Tekniğinin Belirlenmesi.* T.C. Orman Bakanlığı Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Ayık, C., & Yılmaz, H. (1992). *Diri örtü temizliği ve toprak işleme ekipmanlarının ağaçlandırma sahalarının toprakları üzerindeki etkileri* (Teknik Bülten No. 155). Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü.

Balandier, P., Collet, C., Miller, J. H., Reynolds, P. E. & Zedaker, S. M. (2006). Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry*, 79(1), 3-27.

Barnett, J. P., & Baker, J. B. (1991). Regeneration methods. In M. L. Duryea, P. M. Dougherty (Eds.), *Forest regeneration manual* (pp. 35–50). Kluwer Academic Publishers.

Barry, J. E., Cunningham, K., & Walkingstick, T. (2024). *Site preparation methods for establishing or re-establishing pine stands* (FSA5002). University of Arkansas Division of Agriculture, Cooperative Extension Service.

Bayhan, Y. (2016). İkinci ürün ayçiçeği üretiminde farklı toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemlerinin enerji kullanım etkinliğinin karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 13(2), 65-74.

Blevins, R. L., Smith, M. S., &Thomas, G. W. (1984). Influence of conservation tillage on soil properties. *Journal of Soil and Water Conservation*, 39(1), 60-64.

Boydak, M. (2003). *Silvikültürün Esasları*. TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayını.

Boydak, M. (2007). *Silvikültür I: Ormanın Ekolojik ve Biyolojik Esasları*. Orman Mühendisleri Odası Yayınları.

Boydak, M. Ertaş, A. & Çalışkan, S. (2010). Kurak ve yarı Kurak Bölgelerin Ağaçlandırılmasında İlkeler ve Uygulama Esasları. *Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu* (17-18 Haziran 2010 Çorum) Tebliğler Kitabı, s. 370-382.

Boydak, M., & Çalıkoğlu, M. (2006). Yarı kurak alan ağaçlandırmalarında arazi hazırlığının teknik esasları. *Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı Bildiriler Kitabı* (Cilt 1, ss. 169–172). Çevre ve Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü.

Boydak, M. (1977). *Eskişehir-Çatacık Mıntıkası Ormanlarında Sarıçam (Pinus silvestris L.)'ın Tohum Verimi Üzerine Araştırmalar*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayıları.

Boydak, M., & Zoralioğlu, T. (1992). *Yarı kurak mıntıka karaçam ağaçlandırmalarında toprak işleme ve diri örtü temizliği*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Boydak, M., Bozkuş, H. F., & Çalışkan, A. (2002). Dursunbey-Alaçam yöresi karaçamlarında (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) tohum verimi ve değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52(2), 1-26.

Boydak, M., Çalışkan, A., Çalıkoğlu, M., & Çalışkan, S. (2009). Türkiye'de sarıçam (*Pinus silvestris*), Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) ve kızılçamda (*Pinus brutia*) tohum verimi araştırmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 59(2), 11–30. https://doi.org/10.17099/jffiu.92601

Calama Sainz, R., Manso González, R., Lucas Borja, M. E., Espelta Morral, J. M., Piqué Nicolau, M., Bravo Oviedo, F., ... & Pardos Mínguez, M. (2017). Natural regeneration in Iberian pines: A review of dynamic processes and proposals for management. *Forest Systems, 26*(2), eR02S. https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11255

Cardoso, J. C., Burton, P. J. & Elkin, C. M. (2020). A Disturbance Ecology Perspective on Silvicultural Site Preparation. *Forests*, 11(1278), 1-12.

Côté, S. D., Rooney, T. P., Tremblay, J. P., Dussault, C., & Waller, D. M. (2004). Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 113-147.

Çakmakçı, S. (2003). Çayır-Mera Ölçüm Yöntemleri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Ders Notu, *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi*. Antalya.

Çalışkan, A., Boydak, M., & Çelik, O. (2014). Farklı toprak işleme yöntemlerinin Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) gençleştirmesi üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 64(2), 56-68.

Çarman, K. (1997). Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in middle Anatolia. *Soil and Tillage Research*, 40, 201-207.

Çelik, O., Umut, B., Kaymakçı, E., Dündar, M., & Ayhan, Ş. (2002). *Karaçam (Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe*) Doğal Gençleştirmesi Üzerine Araştırmalar.* İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

ÇEM, (2013). *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Çalışmalarında Arazi Hazırlığı Teknik Esasları*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.

Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Çepel, N. (1996). *Toprak İlmi: Orman Topraklarının Karekteristikleri, Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi (Ders Kitabı)*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Çolak, A. H. (2002). *Sarıçamın silvikültürü ve ekolojisi*. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Daniel, T. W., Helms, J. A., & Baker, J. B. (1979). *Principles of Silviculture*. (2. Baskı), McGraw-Hill.

Dassot, M. & Collet, C. (2020). Effects of different site preparation methods on the root development of planted Quercus petraea and Pinus nigra. *New Forests*, 52, 17-30.

Deligöz, A. (2007). Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Fidanlarına Ait Bazı Temel Morfolojik ve Eko-fizyolojik Özelliklerin Dikim Başarısına Etkisi. Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Isparta.

Demircioğlu, N., Ayan, S., Avanoğlu, B., & Sivacıoğlu, A. (2003). Kastamonu-Taşköprü Orman Fidanlığında üretilen 2+0 yaşlı sarıçam (Pinus silvestris L.) fidanlarının TSE normlarına göre değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 3(2), 173-182.

Dinçer H. (1976). *Tarım işletmelerinde makina kullanma masrafları.* Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları.

Franklin, J. A., Zipper, C. E., Burger, J. A., Skousen, J. G., & Jacobs, D. F. (2012). Influence of herbaceous ground cover on forest restoration of eastern US coal surface mines. *New Forests*, 43, 813-824.

Fulé, P. Z., Ribas, M., Gutiérrez, E., Vallejo, R. & Kaye, M. W. (2008). Forest structure and fire history in an old Pinus nigra forest, eastern Spain. *Forest Ecology and Management*, 255(3-4), 1234-1242.

Genç, M. (2013). *Silvikültürün Temel İlkeleri*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.

Genç, M. (2020). *Silvikültürün Temel Esasları*. Bilimsel Yayınlar, E-Kitaplar Serisi No:3.

Gençkan, S. (1985). *Çayır-Mera Kültürü, Amenajmanı, Islahı*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Gezer, A., & Yücedağ, C., (2006). Orman ağaçları ve tohumlarından fidan yetiştirme tekniği ders kitabı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Göl, C., & Yel, S. (2016). Ağaçlandırma çalışmalarında farklı toprak hazırlığı uygulamalarının fidan gelişimi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 17(2), 125–131.

Grigoriadis N., Spyroglou S., Grigoriadis S. & Klapanis P. (2014) Effect of soil scarification on natural regeneration of mature scots pine (*Pinus sylvestris*) stands in Greece. *Global NEST Journal*, 16(4), 732-742.

Grossnickle, S. C. (2005). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests,* 30(2-3), 273-294. https://doi.org/10.1007/s11056-004-8303-2

Gülcü, S., & Çelik, O. (2016). Kurak ve yarı kurak alan ağaçlandırmalarında makineli arazi hazırlığı yöntemlerinin dikim başarısı üzerine etkisi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1), 12-19.

Gülçur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Güner, Ş. T. (2001). Afyon Orman İşletme Müdürlüğü Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerindeki doğal gençleştirme çalışmalarının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* Seri A(2), 61–74. https://doi.org/10.18182/tjf.00459

Güner, Ş., Çömez, A., Karataş, R., & Genç, M. (2008). *Anadolu Karaçamı (Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe*)'nda Yetiştirme Sıklığının Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Fidan Özellikleri ile Dikim Başarısına Etkisi*. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.

Hallongren, H., Laine, T., Rantala, J., Saarinen, V.-M., Strandström, M., Hämäläinen, J., & Poikela, A. (2014). Competitiveness of mechanized tree planting in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 29(2), 144-151. https://doi.org/10.1080/02827581.2014.881542

Hancock, M., Egan, S., Summers, R., Cowie, N., Amphlett, A., Rao, S. & Hamilton, A. (2005). The effect of experimental prescribed fire on the establishment of Scots pine Pinus sylvestris seedlings on heather Calluna vulgaris moorland. *Forest Ecology and Management,* 212(1-3), 199-213.

Hille, M. & Den Ouden, J. (2004). Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research,* 123(3), 213-218.

Hulme, P. E. (1997). Post-dispersal seed predation and the establishment of vertebrate dispersed plants in Mediterranean scrublands. *Oecologia*, 111(1), 91-98.

Huth, F., Wehnert, A., & Wagner, S. (2022). Natural regeneration of scots pine requires the application of silvicultural treatments such as overstorey density regulation and soil preparation. *Forests*, 13(6), Article 817.

Jäärats, A., Sims, A., & Seemen, H. (2012). The Effect of Soil Scarification on Natural Regeneration in Forest Microsites in Estonia. *Baltic Forestry*, 18(1), 133-143.

Johnsen, K. H., Feret, P. P., & Seiler, J. R. (1988). Comparison of greenhouse and environmentally controlled growth room root growth potential testing of 2+0 Eastern White Pine seedlings. *New Forests*, 2(2), 139–143.

Kacálek D., Dušek D., Novák J., & Bartoš J. (2013). The impact of juvenile tree species canopy on properties of new forest floor. *Journal of Forest Science,* 59(6), 230-237.

Kacar, B. (2012). *Toprak Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Kakouros, P. & Dafis, S. (2012). *Guidelines for restoration of Pinus nigra forests affected by fires through a structured approach. Version 2.* Greek Biotope-Wetland Centre.

Kantarcı, M. (2000). *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Kantarcı, M. D. (1982). Ağaçlandırma alanlarında arazi hazırlığı ve toprak işlemesinin orman yetişme ortamı üzerindeki etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32(2), 52-93.

Kara, O., & Arslan, E. (2021). Buğday üretiminde farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin verim, maliyet ve net kar yönünden karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(2), 12-21.

Karabulut, S. (2001). Eskişehir yöresinde makinalı karaçam ağaçlandırmalarının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* İstanbul.

Karadağ, M. (1999). *Batı Karadeniz bölgesinde karaçam* (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) *doğal gençleştirme koşulları üzerine araştırmalar.* Ormancılık Araştırma Enstitüsü.

Karadağ, M. (2013). *Ankara ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki Sarıçam (Pinus silvestris L.) Doğal Gençleştirme Koşulları Üzerine Araştırmalar.* T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.

Ketin, İ. (1962). *1/2.500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'nın izahnamesi (Explanatory text of the geological map of Turkey).* Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Yayınları.

Kun, S. (2014). Açık işletmelerde yaygın kullanılan ağır iş makinelerinin teknik ve performans incelemesi. Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İzmir.

Kushla, J. D. (2017). *Site Preparation: The First Step to Regeneration*. Publication 2823 (POD-09-17), Mississippi State University Extension Service.

Lowery, R. F. & Gjerstad, D. H. (1991*).* Chemical and Mechanical Site Preparation. In M. L. Duryea & P. M. Dougherty (Eds), *Forest Regeneration Manual* (pp. 251-261). Springer.

Löf, M., Dey, D. C., Navarro, R. M., & Jacobs, D. F. (2012). Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests*, 43(5), 825–848.

Löf, M., Ersson, B. T., Hjältén, J., Nordfjell, T., Oliet, J. A. & Willoughby, I. (2015). Site Preparation Techniques for Forest Restoration. In J. A. Stanturf (Ed), *Restoration of Boreal and Temperate Forests* (pp. 85-102). CRC Press.

Lucas Borja, M. E., Madrigal, J., Candel-Pérez, D., Jiménez, E., Moya, D., de las Heras, J., Guijarro, M., Vega, J. A., Fernández, C. & Hernando, C. (2016). Effects of prescribed burning, vegetation treatment and seed predation on natural regeneration of Spanish black pine (*Pinus nigra* Arn. ssp *salzmannii*) in pure and mixed forest stands. *Forest Ecology and Management*, 378, 24-30.

Masternak, K., Głębocka, K., Surowaniec, K. & Kowalczyk, K. (2020). Growth traits of natural regeneration of Scots pine (Pinus sylvestris l.) in south-eastern Poland. *Folia Forestalia Polonica*, 62(3), 220-226.

Mattsson, S., & Bergsten, U. (2003). Pinus contorta growth in northern Sweden as affected by soil scarification. *New Forests*, 26, 217-231.

Melemez, K. (2011). Teras ağaçlandırmalarında kullanılan mini ekskavatörlerin çalışma verimliliğinin incelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(20), 90-100.

MGM. (2024). *2023 Yılı İklim Değerlendirmesi*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim ve Ziraî Meteoroloji Dairesi Başkanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı.

MGM. (2025). *İllerimize ait istatistiki veriler: Kastamonu*. https:// www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m= KASTAMONU, Erişim tarihi: 24.12.2025.

Nilsson, U., Örlander, G., & Karlsson, M. (2006). Establishing mixed forests in Sweden by combining planting and natural regeneration—Effects of shelterwoods and scarification. *Forest Ecology and Management*, 237(1-3), 273-281.

Nyland, R. D. (1996). *Silviculture: Concepts and Applications*. McGraw-Hill.

Odabaşı, T., Çalışkan, A., & Bozkuş, H.F. (2007). *Silvikültür tekniği* (Silvikültür II). (2. Baskı), I.Ü Yayınları.

OGM. (2011a). *İhsangazi Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Amenajman Planı (2011-2030)*. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü.

OGM. (2011b). *Kirazlıtepe Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Amenajman Planı (2011-2030)*. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü.

OGM. (2014). *Silvikültür uygulamalarının teknik esasları (Tebliğ No: 298)*. OGM Yayınları.

OGM. (2021). *2020 Türkiye Orman Varlığı*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.

OGM. (2023). *Türkiye Orman Varlığı 2022*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

OGM. (2024). *Silvikültür uygulamalarının teknik esasları (Tebliğ No: 317)*. OGM Yayınları.

OGM. (2025). *2025 Yılı Kurumsal Mali Durum ve Beklentiler Raporu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.

Osborne, J. W. (2002). Notes on the use of data transformations. *Practical Assessment, Research & Evaluation,* 8(6), 1–7. https://doi.org/10.7275/4vng-5608

Öz, Y., & Göl, C. (2021). Yarı kurak ve tuzlu/jipsli alanlarda farklı arazi hazırlığı yöntemlerinin fidan gelişimine etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8(2), 146-156.

Öztürk, T. (2009). The Use of Excavator in Forest Road Construction in Karst Region of Turkey. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59(1), 25-34.

Poorter, H., & Nagel, O. (2000). The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO2, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology,* 27(12), 1191-1191.

Ritchie, G. A. (1984). Assessing seedling quality. In M. L. Duryea & T. D. Landis (Eds.), *Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings* (pp. 243–259). Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers.

Saatçioğlu, F. (1946). *Orman gençleştirme tekniği*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Saatçioğlu, F. (1971). *Silvikültür I: Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültür I*: *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri.* İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Saatçioğlu, F. (1979). Silvikültür Tekniği (Silvikültür II). I.Ü. Orman Fakültesi Yayınları.

San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Durrant, T. H., Mauri, A., Tinner, W., ... & Zecchin, B. (2016). *European atlas of forest tree species*. Publication office of the European Union.

Schmidt-Vogt, H. (Ed.). (1980). *Characterization of plant material: Proceedings of the IUFRO Meeting, Working Group S1.05-04, Freiburg im Br., June 23–26, 1980*. Waldbau-Institut, University of Freiburg.

Sevim, M. (1954). Muhtelif toprak türlerinde karaçam ve sarıçam fideciklerinin pörsüme noktaları üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *4*(1–2), 65–73.

Shono, K., Cadaweng, E. A., & Durst, P. B. (2007). Application of Assisted Natural Regeneration to Restore Degraded Tropical Forestlands. *Restoration Ecology*, 15(4), 620-626.

Smith, D. M. (1986). *The Practice of Silviculture*. John Wiley & Sons.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6. Baskı). *Pearson*

Tetik, M. (1995). *Sarıkamış Fidanlığında Ekim Sıklığının Sarıçam (Pinus silvestris L.) Fidanlarının Kalitesine ve Dikimdeki Başarısına Etkisi.* Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.

Tíscar Oliver, P. A. (2007). Regeneration dynamics of *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* in its shouthern distribution area: Stages, processes and implied factors. *Forest Systems, 16*(2), 124–135.

Tunay, M., & Melemez, K. (2004). Zor arazi koşullarında çevreye duyarlı orman yolu inşaatı tekniğinin değerlendirilmesi. *İTÜ Dergisi/d: Mühendislik, 3*(2–3–4–5), 3–10.

Üçler, A. Ö., Demirci, A., Ölmez, Z., & Güner, S. (2001) Artvin-Kafkasör Yöresindeki Bir Doğu Ladini (*Picea orientalis* L. Link)-Doğu Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana* Spach. subsp. nordmanniana) Karışık Meşceresinde Doğal Gençleştirmenin İrdelenmesi. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 36-42.

Ürgenç, S. (1998). *Genel Plantasyon ve Ağaçlandırma Tekniği*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Simon J., Remeš J., Hůnová I., Král J., Putalová T., & Mikeska M. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (Pinus sylvestris L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica,* 50 (4), article id 1564.

Vander Wall, S. B. (2010). How plants manipulate the scatter-hoarding behaviour of seed-dispersing animals. Philosophical Transactions of the Royal Society B. *Biological Sciences,* 365(1542), 989-997.

Varol, T., & Özel, H. B. (2015). The efficiency of mechanization in weed control in artificial regeneration of Oriental Beech (Fagus orientalis Lipsky.). *International Journal of Biological and Ecological Engineering,* 9(1), 48-52.

von der Gönna, M. A. (1992). *Fundamentals of mechanical site preparation* (FRDA Report No. 178). British Columbia Ministry of Forests & Forestry Canada.

Węgiel, A., Jakubowski, J., Molińska-Glura, M., Polowy, K., Węgiel, J., & Gornowicz, R. (2023). Effect of logging residue removal and mechanical site preparation on productivity of the subsequent Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *Annals of Forest Science, 80,* Article 5. https://doi.org/10.1186/s13595-023-01175-x

Yaltırık, F. (1988). *Dendroloji I: Gymnospermae (Açık Tohumlular)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Yıldırım, N., Turna, İ. & Yıldırım, N. (2020). Sakallı kızılağaç (Alnus glutinosa subsp. barbata) meşceresinin doğal yolla gençleştirilmesi (Harşit Orman İşletme Şefliği örneği). *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 154-165.