

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky) FİDANLARININ GELİŞİMİ İLE ARAZİ PERFORMANSI
ÜZERİNE EKİM SIKLIĞI, KOMBİNE EKİM VE ORGANİK GÜBRELERİN ETKİLERİ

DOKTORA TEZİ

Ali BAYRAKTAR

ŞUBAT 2024
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky) FİDANLARININ GELİŞİMİ İLE ARAZİ
PERFORMANSI ÜZERİNE EKİM SIKLIĞI, KOMBİNE EKİM VE ORGANİK
GÜBRELERİN ETKİLERİ**

Ali BAYRAKTAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 / 01 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 16 / 02 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Deniz GÜNEY

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Fidanlarının Gelişimi ile Arazi Performansı Üzerine Ekim Sıklığı, Kombine Ekim ve Organik Gübrelerin Etkileri” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın tüm süreçlerinde gerek bilgi ve tecrübesiyle gerekse yön gösterici tavırlarıyla yoluma ışık tutan çok kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Deniz GÜNEY’e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime önemli katkıları olan tez izleme komitemin değerli üyeleri Sayın Prof. Dr. İbrahim TURNA ve Sayın Prof. Dr. Aykut SAĞLAM hocalarıma da şükranlarımı sunarım. Teze ilişkin yapılan çalışmaların tamamında desteğini gördüğüm kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Fahrettin ATAR’a en içten duygularımla teşekkür ederim. Tez kapsamındaki toprak özelliklerinin belirlenmesine ilişkin yönlendirmeler noktasında yardımcı olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ömer KARA’ya ve toprak analizlerinin yapılmasında katkıları bulunan mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Necla KORALAY ve Arş. Gör. Esengül GENÇ’e de teşekkürlerimi sunarım. Ek olarak, arazi çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Sürmene Orman İşletme Müdürü Cemil KARATAŞ ve Arsin Orman İşletme Şefi Ersu KALFA’ya da teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütülmesinde FDK-2020-9168 kod numaralı proje ile maddi destek sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması boyunca yaşadığım her ana tanıklık eden, benimle birlikte çalışmanın tüm süreçlerini göğüsleyen ve hem maddi hem de manevi yönden arkamda olan çok kıymetli eşim Melek BAYRAKTAR ve oğlum Mustafa Yiğit BAYRAKTAR’a en kalbi duygularımla şükranlarımı sunarım. Ayrıca, verdikleri tüm destekler yanında tezin arazi çalışmaları kapsamında bile yardımlarını esirgemeyen çok değerli babam Mecit BAYRAKTAR ve annem Nezaket BAYRAKTAR’a da teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım. Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Ali BAYRAKTAR
Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Fidanlarının Gelişimi ile Arazi Performansı Üzerine Ekim Sıklığı, Kombine Ekim ve Organik Gübrelerin Etkileri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof.. Dr. Deniz GÜNEY’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/02/2024

Ali BAYRAKTAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Gübreleme ve Gübre Çeşitleri.....	6
1.2. Azot ve Azot Bağlayıcı Bitkiler	8
1.3. Ekim Sıklığı.....	12
1.4. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	13
1.5. Literatür Özeti	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	19
2.1. Tohumların Elde Edilmesi ve Genel Özellikleri	19
2.2. Ekim Yastıklarının Hazırlanması	20
2.3. Dikim Sahasının Tanıtımı	21
2.4. Çalışma Alanlarına İlişkin İklim ve Toprak Özellikleri.....	22
2.5. Deneme Deseni ve Ekim İşlemleri.....	28
2.6. Bir Yaşındaki Doğu Kayını Fidanlarının Dikim Sahasına Aktarılması.....	32
2.7. Bakım ve Koruma İşlemleri	33
2.8. Yapılan Ölçümler	34
2.8.1. Morfolojik Özelliklere İlişkin Ölçümler.....	34
2.8.2. Biyokimyasal Özelliklere İlişkin Ölçümler	37
2.8.3. Toprak Özelliklerine İlişkin Ölçümler	39
2.8.4. Toplam Azot ve Toplam Karbon Miktarlarının Belirlenmesi	40
2.9. Verilerin Değerlendirilmesi.....	40
3. BULGULAR.....	41
3.1. Fidanlıkta Yetiştirilen Fidanlara İlişkin Bulgular	41
3.1.1. Bir Yaşındaki Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	41

3.1.2.	Bir Yaşındaki Fidanların Bazı Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular	47
3.1.3.	İki Yaşındaki Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular	52
3.1.4.	İki Yaşındaki Fidanların Bazı Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular	59
3.1.5.	Üç Yaşındaki Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular	63
3.1.6.	Üç Yaşındaki Fidanların Bazı Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular	70
3.1.7.	Fidan Karakterlerinin Yaşa Bağlı Değişimi ile Kümeleme ve Ayırma Analizine İlişkin Bulgular	75
3.2.	Fidanların Yetiştirildiği Topraklara İlişkin Bulgular	80
3.2.1.	Birinci Büyüme Dönemi Sonunda Ekim Yastıklarındaki Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular	81
3.2.2.	İkinci Büyüme Dönemi Sonunda Ekim Yastıklarındaki Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular	85
3.2.3.	Üçüncü Büyüme Dönemi Sonunda Ekim Yastıklarındaki Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular	90
3.2.4.	Toprak Özelliklerinin Büyüme Dönemine Bağlı Değişimi ile Kümeleme ve Ayırma Analizine İlişkin Bulgular	94
3.3.	Dikim Sahasına Aktarılan Fidanlara İlişkin Bulgular	97
3.3.1.	Tutma Başarısı ve Yaşama Yüzdesine İlişkin Bulgular	97
3.3.2.	Dikim Sahasına Aktarılan Bir Yaşındaki Fidanların Bazı Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular	101
3.3.3.	Dikim Sahasında İki Yaşında Olan Fidanların Bazı Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular	103
3.3.4.	Dikim Sahasında Üç Yaşında Olan Fidanların Bazı Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular	106
3.3.5.	Dikim Sahasına Aktarılan Fidanlarda Ölçülen Karakterlerin Yaşa Bağlı Değişimi ile Kümeleme ve Ayırma Analizine İlişkin Bulgular	109
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ	112
4.1.	Fidanlıkta Yetiştirilen Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	112
4.2.	Fidanlıkta Yetiştirilen Fidanların Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	119
4.3.	Fidanlıktaki Toprak Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	125
4.4.	Dikim Sahasına Aktarılan Fidanlara İlişkin Tartışma ve Sonuçlar	129
5.	ÖNERİLER	133

6. KAYNAKLAR	137
ÖZGEÇMİŞ	



Doktora Tezi

ÖZET

DOĞU KAYINI (*Fagus orientalis* Lipsky) FİDANLARININ GELİŞİMİ İLE ARAZİ PERFORMANSI ÜZERİNE EKİM SIKLIĞI, KOMBİNE EKİM VE ORGANİK GÜBRELERİN ETKİLERİ

Ali BAYRAKTAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Deniz GÜNEY
2024, 162 Sayfa

Türkiye'nin en önemli asli orman ağacı türlerinden olan doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ormanlarının devamlılığını sağlamak amacıyla arazi koşullarına karşı dayanıklı olan kaliteli fidanların üretilmesi ve ağaçlandırma faaliyetlerinde kullanılmasıyla arazi performansının artırılması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, farklı ekim sıklıkları, azot bağlama yeteneği olan fiğ (*Vicia sativa* L.) ile kombine ekimler ve organik gübre uygulamalarının fidanlar üzerine etkileri araştırılmıştır. Yetiştirilen fidanlarda 2020, 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemleri sonunda morfolojik ve bazı biyokimyasal özellikler belirlenirken, fidanların yetiştirildiği topraklarda ise bazı fiziksel ve kimyasal özellikler tespit edilmiştir. Öte yandan, bir yaşında dikim sahasına aktarılan fidanların tutma başarısı ile iki ve üç yaşında olan fidanların yaşama yüzdeleri ile bazı morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, fidanlık aşamasında özellikle nanoteknolojik gübre, vermikompost ve yarasa gübresi ile muamele edilen fidanların ölçülen özellikler açısından daha kaliteli olduğu ortaya koyulmuştur. Ayrıca, bu fidanlar gerek morfolojik özellikler gerekse tutma başarısı ve yaşama yüzdesi açısından dikim sahasındaki en yüksek arazi performansına sahip fidanları da oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Azot, Biyokimyasal, Kaliteli fidan, Nano gübre, Yaşama yüzdesi

PhD. Thesis

SUMMARY

EFFECTS OF SOWING DENSITY, COMBINED SOWING AND ORGANIC FERTILIZERS ON THE DEVELOPMENT AND FIELD PERFORMANCE OF ORIENTAL BEECH (*Fagus orientalis* Lipsky) SEEDLINGS

Ali BAYRAKTAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Deniz GÜNEY
2024, 162 Pages

In order to ensure the continuity of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests, one of Türkiye's most important primary forest tree species, it is of great importance to increase field performance by producing quality seedlings that are resistant to field conditions and using them in afforestation efforts. In this study, the effects of different sowing densities, combined sowing with nitrogen-fixing vetch (*Vicia sativa* L.), and organic fertilizer applications on seedlings were investigated. While morphological and some biochemical characteristics were determined in the grown seedlings at the end of the growth periods of 2020, 2021 and 2022, some physical and chemical properties were determined in the soil where the seedlings were grown. In addition, the adsorption success of one-year-old seedlings transferred to the planting area, and the survival percentages and some morphological characteristics of two- and three-year-old seedlings were determined. As a result, it was revealed that the seedlings treated with nanotechnological fertilizer, vermicompost, and bat manure at the nursery stage were of higher quality in terms of measured characteristics. In addition, these seedlings created the seedlings with the highest field performance in the planting area in terms of both morphological characteristics and adsorption success and survival percentage.

Key Words: Nitrogen, Biochemical, Quality seedling, Nanofertilizer, Survival percentage

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Doğu kayınının dünya ve Türkiye’deki doğal yayılış alanları	2
Şekil 2. Ekim yastıklarının hazırlanması	21
Şekil 3. Dikim sahasına ilişkin güncel uydu görüntüsü	21
Şekil 4. Arsin-Güneyce mevkiindeki dikim sahasına ait Thornthwaite grafiği.....	26
Şekil 5. Ekim yastıklarından alınan toprak örneklerine ilişkin analizler	27
Şekil 6. Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasına ilişkin toprak çukuru	27
Şekil 7. Tohum ekimlerinin şematik olarak gösterimi	31
Şekil 8. Fidanlıkta tohum ekimleri	31
Şekil 9. Gübre uygulamaları	32
Şekil 10. Dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanlar	33
Şekil 11. Ekim yastıklarındaki çimlenmeler ile sulama, bakım ve koruma işlemleri	33
Şekil 12. Dikim sahasında diri örtü ile mücadele	34
Şekil 13. Fidanlıktan sökülen bir yaşındaki fidanlara ilişkin morfolojik ölçümler	36
Şekil 14. Dikim sahasındaki fidanlara ilişkin morfolojik ölçümler	37
Şekil 15. Fotosentetik pigment tayininin yapım aşamaları	38
Şekil 16. Toplam çözünabilir karbonhidrat miktarının belirlenmesi	39
Şekil 17. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi	39
Şekil 18. Bir yaşındaki fidanların FB ve KBC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	42
Şekil 19. Bir yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	43
Şekil 20. Bir yaşındaki fidanların KKY, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları	45
Şekil 21. Bir yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi	46
Şekil 22. Bir yaşındaki fidanların K _{la} , K _{lb} , TK _{lr} ve TK _{rt} değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	48
Şekil 23. Bir yaşındaki fidanların TK _{rb} değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları	49
Şekil 24. Bir yaşındaki fidanların toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları	50
Şekil 25. Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	51

Şekil 26.	İki yaşındaki fidanların FB, KBÇ, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	53
Şekil 27.	İki yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	55
Şekil 28.	İki yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	57
Şekil 29.	İki yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	58
Şekil 30.	İki yaşındaki fidanların K _{la} , K _{lb} , TK _{lr} ve TK _{rt} değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	60
Şekil 31.	İki yaşındaki fidanların TK _{rb} değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	61
Şekil 32.	İki yaşındaki fidanların toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	61
Şekil 33.	İki yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	63
Şekil 34.	Üç yaşındaki fidanların FB, KBÇ, YDS ve KB değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	65
Şekil 35.	Üç yaşındaki fidanların GTA, GKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	67
Şekil 36.	Üç yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	69
Şekil 37.	Üç yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	70
Şekil 38.	Üç yaşındaki fidanların K _{la} , K _{lb} , TK _{lr} ve TK _{rt} değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	71
Şekil 39.	Üç yaşındaki fidanların TK _{rb} değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	72
Şekil 40.	Üç yaşındaki fidanların toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	73
Şekil 41.	Üç yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	74
Şekil 42.	FB, KBÇ, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler.....	76
Şekil 43.	FTA, FKA, Gİ ve DKİ değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler.....	77
Şekil 44.	K _{la} , K _{lb} , TK _{lr} ve TK _{rt} değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler.....	78
Şekil 45.	TK _{rb} , N ve C değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler.....	79
Şekil 46.	Fidanlıkta yetiştirilen fidanlar için hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar.....	80

Şekil 47.	Birinci büyüme dönemi sonunda kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları	82
Şekil 48.	Birinci büyüme dönemi sonunda topraklardaki toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	83
Şekil 49.	Birinci büyüme dönemi sonundaki toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi	84
Şekil 50.	İkinci büyüme dönemi sonunda kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları	86
Şekil 51.	İkinci büyüme dönemi sonunda topraklardaki toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	88
Şekil 52.	İkinci büyüme dönemi sonundaki toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi	89
Şekil 53.	Üçüncü büyüme dönemi sonunda kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları	91
Şekil 54.	Üçüncü büyüme dönemi sonunda topraklardaki toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.....	92
Şekil 55.	Üçüncü büyüme dönemi sonundaki toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi	93
Şekil 56.	Kum, Toz, Kil, pH ve EC değerlerine ilişkin büyüme dönemine bağlı değişimler	95
Şekil 57.	Toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin büyüme dönemine bağlı değişimler	95
Şekil 58.	Ekim yastıklarındaki topraklara ilişkin hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar	96
Şekil 59.	Tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelerine ilişkin ortalamalar	97
Şekil 60.	Tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	98
Şekil 61.	İkinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelerine ilişkin Duncan testi sonuçları	99
Şekil 62.	Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasına aktarılan fidanların tutma başarısı ve yaşama yüzdelerine ilişkin korelasyon analizi	100
Şekil 63.	Dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanların FB, KBÇ ve Gİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	102
Şekil 64.	Dikim sahasında iki yaşında olan fidanların FB, KBÇ ve TSB değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	104

Şekil 65.	Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasında iki yaşında olan fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	105
Şekil 66.	Dikim sahasında üç yaşında olan fidanların FB, KBC ve YDS değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	107
Şekil 67.	Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasında üç yaşında olan fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi.....	108
Şekil 68.	Dikim sahasına aktarılan fidanlarda FB, KBC, YDS, TSB ve Gİ değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler.....	109
Şekil 69.	FB, KBC ve Gİ değerlerine ilişkin fidanlık ve arazideki fidanların işlemlere göre üç yıllık değişimi.....	110
Şekil 70.	Dikim sahasındaki fidanlara ilişkin hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar	111

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Doğu kayını tohumlarına ilişkin tohum boyutları	20
Tablo 2. Fidanlık alanına ilişkin üç yıllık (2020-2022) iklim verileri	22
Tablo 3. Dikim sahasına ait enterpole edilen iki yıllık (2021-2022) iklim verileri	24
Tablo 4. Arsin-Güneyce mevkiindeki dikim sahasına ait Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu	25
Tablo 5. Dikim sahasında kazılan toprak çukuruna ilişkin toprak özellikleri	28
Tablo 6. Bir yaşındaki fidanların FB, KBC, KB ve KS değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	41
Tablo 7. Bir yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	43
Tablo 8. Bir yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	45
Tablo 9. Bir yaşındaki fidanların Kİa, Kİb, TKİr ve TKİrt değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	47
Tablo 10. İki yaşındaki fidanların FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	52
Tablo 11. İki yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	54
Tablo 12. İki yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	56
Tablo 13. İki yaşındaki fidanların Kİa, Kİb, TKİr ve TKİrt değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	59
Tablo 14. Üç yaşındaki fidanların FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	64
Tablo 15. Üç yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	66
Tablo 16. Üç yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	68
Tablo 17. Üç yaşındaki fidanların Kİa, Kİb, TKİr ve TKİrt değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	71
Tablo 18. Birinci büyüme dönemi sonunda toprak özelliklerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları.....	81
Tablo 19. İkinci büyüme dönemi sonunda toprak özelliklerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları.....	86

Tablo 20.	Üçüncü büyüme dönemi sonunda toprak özelliklerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları	90
Tablo 21.	Dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanların FB, KBÇ ve Gİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	101
Tablo 22.	Dikim sahasında iki yaşında olan fidanların FB, KBÇ, YDS, TSB ve Gİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	103
Tablo 23.	Dikim sahasında üç yaşında olan fidanların FB, KBÇ, YDS, TSB ve Gİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.....	106



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1000 TA	: 1000 Tane ağırlığı
C	: Toplam karbon
DKİ	: Dickson kalite indisi
FB	: Fidan boyu
FKA	: Fidan kuru ağırlığı
FTA	: Fidan taze ağırlığı
Gİ	: Gürbüzlük indisi
GKA	: Gövde kuru ağırlığı
GTA	: Gövde taze ağırlığı
KB	: Kök boyu
Kİ	: Katlılık indisi
KS	: Kök sayısı
KBÇ	: Kök boğazı çapı
KKA	: Kök kuru ağırlığı
KKY	: Kuru kök yüzdesi
Kla	: Klorofil a
Klb	: Klorofil b
KTA	: Kök taze ağırlığı
N	: Toplam azot
TB	: Tutma başarısı
TKlr	: Toplam klorofil
TKrb	: Toplam çözünebilir karbonhidrat
TKrt	: Toplam karotenoid
TSB	: Terminal sürgün boyu
YDS	: Yan dal sayısı
YY	: Yaşama yüzdesi

1. GENEL BİLGİLER

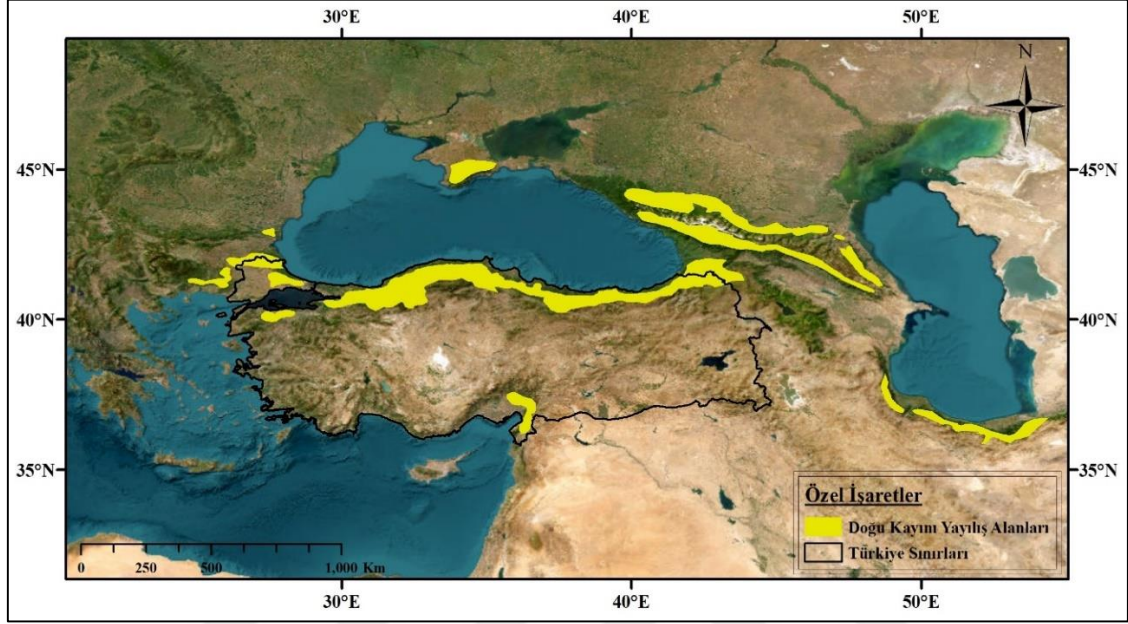
Ormanlar, dünyadaki en verimli ve ekolojik açıdan en değerli ekosistemler arasında yer almaktadır (Richter vd., 1999; Foley vd., 2005; Miles & Kapos, 2008). Karbon depolama, biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi, su arıtma, erozyonu önleme, toprak ve su koruma, biyokütle üretimi, gıda ve tıbbi ürünler sağlama, orman ürünleri elde etme, rekreasyon alanı sunma, manevi ihtiyaçları karşılama ve estetik görünüm ortaya koyma dahil olmak üzere doğal sistemlere ve insanlığa ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan birçok faydalar sağlamaktadır (Lal, 2005; Metz vd., 2007; Bonan, 2008; Canadell & Raupach, 2008; OGM, 2015; Shin vd., 2017). Ayrıca ormanlar, atmosferle enerji, su, karbondioksit ve diğer kimyasalların değişimi yoluyla iklimi etkilemektedir (Bonan, 2008).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayınlanan rapora göre, dört milyar hektarın üzerindeki yayılış alanları ile dünya kara yüzeyinin %31'ini ormanlar kaplamaktadır (FAO, 2022). Coğrafi konumu itibari ile Avrupa-Sibiry, Akdeniz ve İran-Turan flora bölgelerinin kesişiminde yer alan Türkiye, floristik çeşitlilik bakımından dünyadaki en zengin ülkelerden biri olarak ifade edilmektedir (Karaköse & Terzioğlu, 2023). Bu zengin bitkisel biyoçeşitliliğin nedenleri arasında Asya ve Avrupa kıtaları arasında geçiş sağlaması, topoğrafik ve jeolojik çeşitliliği, farklı iklim tiplerinin etkisinde olması ve farklı vejetasyon tiplerine sahip olması belirtilebilir (Terzioğlu vd., 2021).

Tümüyle Holarktik biyocoğrafik bölge içinde kalan Türkiye'de (Güner vd., 2012), 12.354 adet bitki taksonu, 4.161 adet ise endemik bitki bulunmaktadır (Terzioğlu vd., 2021). 2022 yılı itibariyle Türkiye orman varlığı 23.245.000 hektar olarak belirlenmiş olup, bu alan ülke yüzölçümünün yaklaşık %29,8'ine karşılık gelmektedir. Normal kapalı orman alanı 13.707.843 hektar ile toplam orman alanının %58,97'sini oluştururken, boşluklu kapalı orman alanı da 9.537.157 hektar ile %41,03'ünü oluşturmaktadır. Ayrıca, ibreli ağaç türlerinin oluşturduğu 13.968.577 hektarlık toplam ormanlık alanın, yapraklı ağaç türlerinde 9.276.423 hektar olduğu bildirilmiştir (OGM, 2023).

Türkiye ormancılığı açısından en önemli asli orman ağacı türlerinden olan doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Fagaceae familyasının bir üyesidir (Anonim, 1985; Anşin & Özkan, 2006). Tür, 1.611.436 hektarı normal kapalı ve 266.613 hektarı boşluklu kapalı olmak üzere toplam 1.878.049 hektarlık yayılış alanı ile ülke ormanlarının %8,19'unu kaplamaktadır. Meşe (6.747.440 ha), kızılçam (5.215.292 ha) ve karaçam (4.199.623 ha)

türlerinin ardından en geniş yayılış alanına sahip dördüncü tür konumundadır (OGM, 2021). Doğu kayını türünün dünya ve Türkiye’deki doğal yayılış alanları Şekil 1’de gösterilmiştir (URL-1, 2023).



Şekil 1. Doğu kayınının dünya ve Türkiye’deki doğal yayılış alanları

Doğu kayını, genel coğrafi yayılışını Bulgaristan, Romanya ve Yunanistan’ı içine alan Doğu Balkan Yarımadası ile Kırım, Kafkasya ve Kuzey İran’da yapmaktadır (Yaltırık, 1982). Türkiye’de ise Avrupa-Sibiryia flora bölgesinde yer alan Kuzey Anadolu kıyı dağları ile Istranca Dağları’nın kuzeye bakan yamaçları boyunca yoğun bir şekilde bulunmaktadır (Yurdakulol, 1981; Anonim, 1985; Anşin & Özkan, 2006). Ayrıca, Kaz Dağı (Quezel ve Pamukçuoğlu, 1970) ile Amanos Dağı’nda (Akman, 1973) da kalıntı olarak yayılış göstermektedir. Öte yandan, Kahramanmaraş ili Andırın ilçesi civarlarında da yerel olarak görülmektedir (Güler & Bektaş, 2000; Bektaş vd., 2002). Tür, ülkemizde sahip olduğu geniş doğal yayılış alanları içerisinde saf meşcereler kurmanın yanında meşe, göknar, sarıçam, karaçam ve doğu ladini ile çok değerli karışık meşcereler oluşturabilir (Anonim, 1985; Anşin & Özkan, 2006). Ancak, doğu kayınının hem gençleştirilmesinde hem de yetiştirilmesinde bazı sorunlar bulunmakta olup, bunları gençlikte yavaş büyüme, 4-6 yıl gibi geniş periyotlarda oluşan bol tohum yılı tekrarı, erken ve geç donlar ile yakıcı ve kurutucu sıcaklıklardan zarar görme ve özellikle diri örtü baskısı altında kalma olarak ifade etmek mümkündür (Saatçioğlu, 1969; Atay, 1987; Atalay, 1992; OGM, 2014).

Doğu kayını gençleştirme ve kültür alanlarında yoğun bir şekilde bulunan diri örtü ile ilk yıllarda mücadele edilmezse, gençliğin gelişmesi durabilir ya da gençlik bu zararlı bitkiler tarafından boğulabilir (Anonim, 1985). Türün geniş yayılış alanlarının bulunduğu Karadeniz orman mıntıklarında orman gülleri (*Rhododendron ssp.*) başta olmak üzere, karayemiş (*Prunus laurocerasus*), ayı üzümü (*Vaccinium arctostaphylos*) ve çobanpüskülü (*Ilex colchica*) gibi çalı türleri yaygın bir şekilde bulunmakta ve ormancılık çalışmalarında ciddi sorunlar oluşturmaktadır (Atay, 1987). Özellikle orman gülü kaynaklı yoğun diri örtü tabakası, doğu kayını türü için gerçekleştirilen doğal ve yapay gençleştirme faaliyetlerinde önemli bir sorun teşkil etmekte olup, bu sorun yalnızca tam alanda kökleme yapılarak giderilebilmektedir (Saatçioğlu, 1970; Suner, 1978; Tosun & Gülcan, 1985; Eşen, 2000).

Gerek orman ürünleri sanayiinde ve gerekse de mobilyacılıktaki geniş kullanım alanlarıyla aranan bir hammadde olan doğu kayını odununun düzenli olarak sağlanması için türün mevcut meşcerelerinin korunması, gençleştirme çalışmalarının tekniğine uygun olarak yapılması ve bakım işlemlerinin zamanında gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir (Anonim, 1985). Buradan hareketle, doğu kayınının içerisinde bulunduğu meşcerelerde gençleştirme başarısı ile büyüme durumu üzerine etki eden tüm faktörler ayrıntılı olarak incelenmeli ve bu çalışmalarda son derece dikkatli olunmalıdır (Saatçioğlu, 1969; Atay, 1987; Atalay, 1992).

Çeşitli insan faaliyetleri sonucunda sera gazlarının atmosfere salınmasıyla yerkürede oluşan ortalama yüzey sıcaklıklarındaki yükselişi ve iklimde meydana gelen değişiklikleri ifade eden iklim değişikliği (Akçakaya vd., 2013), orman sağlığı açısından önemli bir risk faktörüdür (FAO, 2022). Geçtiğimiz yüzyılda sera gazı emisyonlarının hızlı bir şekilde artması (IPCC, 2014; Stern & Kaufmann, 2014; Yousefpour vd., 2018), normal seyrinde giden iklim değişikliğinin hızlanmasına neden olmuştur (IPCC, 2018; Cantürk & Kulaç, 2021). Dünya’da iklim değişikliklerinden en fazla etkilenecek bölgelerin başında Türkiye ve içinde bulunduğu Akdeniz Havzası gelmektedir (Demircan, 2019). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli’ne göre (IPCC, 2007), bu yüzyılın sonlarına doğru Akdeniz Havzası’ndaki sıcaklıkların artışına bağlı olarak yağışların önemli oranda azalacağı ve bölgenin iklim değişikliğine karşı en kırılgan alanlardan biri olacağı bildirilmiştir.

Toprak ve bitki örtüsündeki küresel karbon stokunun yarısından fazlasını tutan ormanlar, bünyelerinde depoladıkları 662 milyar ton karbon ile iklim değişikliğiyle mücadelede en önemli unsurlar arasında yer almaktadır (FAO, 2022). Dünya’daki doğal yayılışının önemli bir kısmını ülkemizde yapan doğu kayınının bulunduğu alanlardaki yıllık

ortalama sıcaklık 7,7-10,5°C iken (Suner, 1978), optimum yetiştirme alanlarında ise 6-8°C arasında değişmektedir (Atalay, 1992). Küresel yüzey sıcaklığının 2022 yılına gelindiğinde 1880-1900 yılları ortalamasından 1,06°C ve 20. yüzyılın ortalamasından (13,9°C) da 0,86°C daha sıcak olduğu belirlenmiştir (URL-2, 2023). Artışın bu hızla devam etmesi durumunda 2030-2052 yılları arasında 1,5°C'ye ulaşması muhtemeldir (IPCC, 2018). Küresel ısınma seviyelerinin 1,5°C'yi aşması halinde mevcut durumda sınırlı olan iklimsel esneklik daha da azalacağından (IPCC, 2021) ve iklim değişikliğinin hem şimdi hem de gelecekte olması beklendiğinden gerekli önlemlerin alınması ve muhtemel zararların en aza indirilmesi önem arz etmektedir (Akçakaya vd., 2013; Demircan, 2019).

Dünya genelinde ormansızlaşma nedeniyle 1990-2020 yılları arasında 420 milyon hektarlık alanda gerçekleşen orman kaybı, 2015-2020 yılları arasında oransal olarak düşse de yılda 10 milyon hektarlık alanda gerçekleşmiştir (FAO, 2022). Türkiye'nin de içinde yer aldığı Güney Avrupa'daki kayın popülasyonlarının son on yılda güçlü baskılarla karşı karşıya kalması (Jump vd., 2006; Piovesan vd., 2008) ve gelecekte bu baskıların iklim değişikliğinin bir sonucu olarak yağış düzenlerinde ve sıcaklıklarda oluşabilecek farklılıklardan dolayı daha yoğun hale gelmesinin beklenmesi (Charru vd., 2010; Rita vd., 2014) gibi nedenlerle Avrupa'daki kayın alanlarının hayatta kalma dinamikleri hakkında endişeler bulunmaktadır (Bréda vd., 2006; Geßler vd., 2007). Ağaç popülasyonlarının uyum potansiyeli; büyüme, hayatta kalma ve fenolojideki değişimler gibi çeşitli parametrelerle tanımlanabilir (Eckhart vd., 2017). Öte yandan, fidan büyümesi ise sıcaklık ve su eksikliği gibi abiyotik stres faktörlerinden ciddi şekilde etkilenebilir. Küresel iklim değişimi ile birlikte hava sıcaklıkları arttıkça ve yaz yağışları azaldıkça kayın popülasyonları yoğun kuraklık dönemleriyle karşı karşıya kalabilir (Geßler vd., 2007). Bu nedenle çevresel stres altında hayatta kalmak, popülasyonların yenilenme dinamiklerini yansıttığı için önemli bir uyumsal özellik olup (Ngulube, 1989; Sexton vd., 2002; Matías & Jump, 2014), iklim değişikliğinin devam etmesi türlerin fenolojik, fizyolojik ya da biyokimyasal özelliklerinde ve coğrafi dağılımlarında değişikliklere yol açmaktadır (Walther vd., 2002; Parmesan, 2006; Scheffers vd., 2016). Devam eden iklim değişikliğiyle birlikte, Batı Avrasya Bölgesi'ndeki doğu kayını popülasyonlarının artan kuraklıkla birlikte azalacağı ve Kuzey İran'la birlikte Kafkasya yöresinin türün yayılış alanı için bir sığınak olacağı bildirilmiştir (Dagtekin vd., 2020). Ayrıca, iklim senaryolarına göre türün 2070 yılına kadar Türkiye'nin güney ve güneybatı kesimlerinde büyük ölçüde azalacağı, Amanos Dağı'ndaki izole popülasyonlarını tamamen kaybedeceği, Istranca Dağları ile Güney Marmara ve Karadeniz Bölgeleri'ndeki

popölasyonlarında azalmalar olacağı öngörölmektedir (Ayan vd., 2022). Bitkilerin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı genel tepkisi, hem çevresel hem de genetik faktörler tarafından belirlendiğinden, bitki uyum özellikleri üzerindeki çevresel etkileri genetik etkilerden ayırmak ve bunların etkileşimlerini tanımlamak için detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir (Scheepens vd., 2010; Malyshev vd., 2014; de Villemereuil vd., 2016).

Yüksek yaşama oranı ve genetik uyumun yanı sıra hızlı büyüme ile morfolojik ve fizyolojik açıdan beklentileri ya da amaçları karşılayan fidanlar için kaliteli fidan ifadesi kullanılmaktadır (Duryea, 1984; Tetik, 1995; Yahyaoğlu & Genç, 2020). Yaşama oranı ile morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal karakterlerin fidan kalitesini değerlendirmek için en iyi tanımlayıcılar olduğu bildirilmiştir (Langerud, 1991; Haase, 2008). Fidanlara ilişkin morfolojik özellikler genel bir değerlendirme için önemliyken, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler ise fidanların aktarıldıkları yetiştirme ortamlarına uyumu için önem arz etmektedir (Puttonen, 1989). Morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal karakterlerin birlikte değerlendirilmesi ile de arazi performansı hakkında tahminler yapılabilmektedir (Mattsson, 1996). Ancak, çevresel faktörlerden kolayca etkilenebilen fizyolojik ve biyokimyasal özellikler ile fidan kalitesine yönelik çoğunlukla kısa dönemli bir analiz yapılabildiğinden arazi çalışmalarında daha çok morfolojik karakterler kullanılmaktadır (Ritchie vd., 2010).

Fidan kalitesi, ağaçlandırma ve yapay gençleştirme gibi ormancılık faaliyetlerinde başarı için önemli bir bileşen olup (Boydak & Çalışkan, 2014; Grossnickle & MacDonald, 2018), düşük kaliteli ya da kalitesiz fidanların kullanımı dikim başarısızlığının nedeni olarak ifade edilmektedir (Kittredge, 1929). Öte yandan, fidanların stres toleransı da ormanların oluşumunda çok önemlidir (Schmidt-Vogt, 1981). Yüksek kaliteli fidanlar, ağaçlandırma çalışmalarında biyotik ve abiyotik streslere karşı yüksek toleransa sahiptir (González-Moscoso vd., 2021).

Fidanlıktaki yetiştirme teknikleri fidan kalitesi için kritik bir öneme sahiptir (Alım vd., 2008; Boydak & Çalışkan, 2014). Fidanların yetiştirilme aşamasındaki su ve besin durumu, fidan kalitesi üzerinde belirleyici bir rol oynamakta olup, bu aşamada depo edilen besin elementleri dikim sonrası hayatta kalma ve büyüme kriterleri ile tanımlanan arazi performansını etkilemektedir (Mattsson, 1996). Ayrıca bitki beslenmesi; büyümeyi, besin rezervlerini, biyotik ve abiyotik streslere karşı direnci etkilediğinden fidan kalitesindeki en önemli faktörler arasında yer almaktadır (Landis, 1985). Fidanlık aşamasında bitki besin maddelerini artırmaya yönelik çalışmalar fidanların besin rezervlerini optimum düzeye

çıkarmak için yapılmaktadır (Benzian vd., 1974; Brix & van den Driessche, 1974; Timmer, 1997; Dumroese, 2003; Hawkins, 2011). Besin rezervi açısından uygun koşullarda yetiştirilen fidanlardaki besinler ya dikimden sonra kullanılmak üzere depolanmakta ya da strese dayanıklılık için metabolizmaya tahsis edilmektedir (Timmer, 1997; Salifu & Jacobs, 2006). Burada amaç, büyüme aşamasında morfolojik açıdan dengeli bir fidan yetiştirmek ve fidanlar dikildikten sonra sürgün ve kök büyümesini desteklemek için hızla yeniden harekete geçirilen besin rezervlerini en üst düzeye çıkarmaktır (Ingestad & Lund, 1986). Besin rezervlerinin bu içsel yeniden mobilizasyonu, arazideki ilk büyümenin kısmen dış besin mevcudiyetinden bağımsız olmasını sağlamaktadır (Chapin vd., 1990). Dikim sonrası arazideki yaşama ve büyüme performansı açısından önemli olan dikim sırasında fidanların sahip olduğu rezerv besin durumudur (Everett vd., 2007). Fidanların büyüme aşamasında gübreleme yoluyla besin rezervlerinin artırılması, dikim alanından besin alımıyla karşılaştırıldığında çok etkili bir uygulama olarak kabul edilmektedir (Tinüs, 1974; Binkley, 1986). Bu nedenle, fidanlıkta uygun bir gübreleme rejiminin, dikimden sonra yeni kök gelişimini desteklemek için yeniden harekete geçirilebilecek besin rezervlerine sahip fidanlar oluşturması gerekir (Grossnickle & Ivetić, 2022). Böylece fidanlar, yeni kök gelişimi ile çevreden daha fazla besin alabilmektedir (Chung & Kramer, 1975; Häussling vd., 1988; Amponsah vd., 2004; Grossnickle & Ivetić, 2022). Her ne kadar çeşitli yöntemlerle üretilen ve arzu edilen özelliklere sahip fidanların ormancılık faaliyetlerinde kullanılması ile dikim sonrası yüksek hayatta kalma oranı ve iyi bir büyüme garanti edilemeyecek olsa da başarı şansı artmaktadır (Grossnickle & MacDonald, 2018).

1.1. Gübreleme ve Gübre Çeşitleri

Fidanlık teknikleri fidanların özellikleri ve arazi performansları üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (Burdett, 1990; Vilagrosa vd., 2003). Fidanlıkların en önemli bileşenlerinden olan toprakların doğal bir bitki besin maddesi havuzu olmasına rağmen (Olaniyi & Ojetayo, 2011), topraktaki besin maddeleri bitki ihtiyaçlarını belli ölçülerde karşılayabilmektedir (Karagöz, 2021). Optimum bitki gelişimi için toprakta yeterli ve dengeli miktarda besin maddesinin bulunması gerekmektedir. Ancak, topraktaki bitki besin maddeleri büyük ölçüde bitkilerin erişemeyeceği formlarda olup, her yıl yalnızca küçük bir kısmı biyolojik aktiviteler ve kimyasal işlemler yoluyla açığa çıkmaktadır (Olaniyi & Ojetayo, 2011). Her ne kadar fidanların besin maddesi mevcudiyetine tepkileri türe bağlı olarak değişse de (Rubio vd.,

2003), toprakların bitkiler için yeteri kadar besin maddesi ile suyu sağlayamaması halinde yapılacak uygulamalar gübreleme ve sulamadır (Karaçal & Tüfenkçi, 2010). Toprakların verimli olması ve verim güçlerinin korunması farklı biçimlerde topraktan yiten besin maddelerinin tekrar ilavesiyle mümkündür (Kacar & Katkat, 2018). Buradan hareketle, toprakta mevcut olan besin maddelerini desteklemek üzere gübreler üretilmiştir (Olaniyi & Ojetayo, 2011). Nitelikli ve bol ürün almak amacıyla toprağa verilen maddelere gübre, bu işlemin geneline de gübreleme adı verilmektedir (Kacar & Katkat, 2018). Uygulanacak gübre türü ve miktarı toprak tipine, topraktaki başlangıç besin rezervlerine ve verim düzeyine bağlıdır (Olaniyi & Ojetayo, 2011). Gübrelemedeki temel iki amaçtan ilki, toprağın bitki besin maddeleri açısından zenginleştirilmesi iken ikincisi de, bitkilere iyi bir gelişme ortamı sağlamak amacıyla toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan uygun hale getirilerek verim gücünün artırılmasıdır (Kacar & Katkat, 2018).

Mutlak gerekli besin elementlerini yeterince alamayan bitkilerde eksik olan elementten kaynaklı bazı belirtiler ortaya çıkmaktadır. Gövde, yaprak ve köklerdeki bodur büyümeye ek olarak bitkinin çeşitli organlarında oluşan nekrozlar ya da klorozlar bu belirtiler arasında öne çıkmaktadır. Bu belirtiler dikkate alınarak bitkilerdeki beslenme bozuklukları ile toprağın gübre gereksinimi anlaşılabilmektedir (Aktaş & Ateş, 2005; Kacar & Katkat, 2010 ve 2018). Gübreleme ile bitkilerin büyüme ve gelişmelerine katkıda bulunulmasının yanı sıra, toprağa yeterli miktarda ve alınabilir formda besin maddelerinin sağlanması ile de bitkilerin patojenlere karşı dayanıklılığı artırılmaktadır (Güneş vd., 2007; Servin vd., 2015). Öte yandan bitki besin maddeleri, fidanların kuraklığa karşı direncini de etkilediğinden gübreleme çalışmaları özellikle Akdeniz Havzası'nda bulunan bölgeler için önem arz etmektedir (van den Driessche, 1992). Gübreleme ile toprağa ilave edilecek azot ve fosfor gibi makro besin elementleri ile kök büyüme potansiyeli ve kökün hidrolik iletkenliği artacağından (Singh & Sale, 2000; Trubat vd., 2006), fidanların suyu yakalama yeteneği ve dolayısıyla kuraklığa toleransı da artabilmektedir (Reinbott & Blevins, 1999; Trubat vd., 2010). Bu durum, toprak verimliliği düşük olan alanlar için çok önemlidir (Valdecantos vd., 2006).

Bitki gelişimi açısından önem arz eden gübreleri genel itibariyle organik (yeşil gübre, hayvan/ahır gübresi, kompostlar, turba toprağı, hü mik asitler), kimyasal (mikro element gübresi, tek besin maddesi içeren gübreler, kompoze gübreler, özel gübreler), mikrobiyal ve organomineral gübreler olmak üzere dört ana grupta sınıflandırmak mümkündür (Kacar, 2013; Şahin, 2016). Organik gübreler, hayvansal ve bitkisel kökenli materyallerden oluşmuş

olup, bitki besin elementlerine ilave olarak organik madde ile çok ve çeşitli sayıdaki mikroorganizmaları da içermektedir. Organik gübreler içerisinde herhangi bir bitkisel atık kullanılarak üretilebilecek yapay organik gübreler de yer almaktadır (Kacar & Katkat, 2018). Öte yandan, bu sınıflandırmada bulunmayan ancak son yıllarda biyomedikal, tarım sistemleri, enerji dönüşümü, çevre mühendisliği gibi birçok alanda devrim niteliğine sahip (Naderi & Danesh-Shahraki, 2013; Goel, 2015), boyutu 100 nm'den küçük olan madde ve sistemleri inceleyen bir bilim dalı olan nanoteknoloji (Demirbilek, 2015; Liu & Lal, 2016) kullanılarak üretilen nano gübreler, bitkiye bir ya da birden fazla besin maddesi sağlayan ve bitkinin büyüme ve gelişimini arttıran nano malzemeler olarak tanımlanmakta (Chhipa & Joshi, 2016; Liu & Lal, 2016) ve boyutları sebebiyle yarayışsız forma geçmediklerinden bitkiler için daha fazla yararlanılabilir bir gübre olarak öne çıkmaktadır (Dağhan, 2017). Ayrıca, toprakta meydana getirdiği etkilerle bitkilerin büyümesi üzerinde etkili olan diğer bir faktör olan etkin mikroorganizmalar (EM), toprakların ve bitkilerin mikrobiyal çeşitliliğini artırmak için uygulanabilen yararlı ve doğal olarak ortaya çıkan mikroorganizmaların (çoğunlukla bulunan laktik asit bakterisi ve maya populasyonlarına ek olarak daha az sayıda fotosentetik bakteri, aktinomiset ve diğer organizma türleri) karışık kültürlerinden oluşmaktadır (Namsivayam vd., 2011; Sigstad vd., 2013; Abd, 2014; Kleiber vd., 2014). Etkin mikroorganizmaların fonksiyonlarını azot bağlama, organik atık ve kalıntıların ayrıştırılması, toprak kaynaklı patojenlerin baskılanması, bitki besin maddelerinin geri dönüşümü ve artan kullanılabilirliği, pestisitler de dâhil olmak üzere toksik maddelerin etkisizleştirilmesi, antibiyotik ve diğer biyoaktif bileşiklerin üretimi, bitki alımını sınırlamak için ağır metallerin kompleksleştirilmesi, çözünmeyen besin kaynakların çözünmesine katkı verilmesi ve toprak agregatlaşmasını iyileştirmek için polisakkaritlerin üretimi olarak belirtmek mümkündür (Higa & Parr, 1994; Szymanski & Patterson, 2003). Ayrıca, toprak ekosistemlerine EM kültürlerinin aşılınması toprak kalitesi ve toprak sağlığını iyileştirmenin yanında bitkilerin gelişimini, verimini ve kalitesini de iyileştirebilmektedir (Higa & Parr, 1994).

1.2. Azot ve Azot Bağlayıcı Bitkiler

Bitkilerde büyüme ve gelişme; ışık, su ve mineral durumu gibi birçok faktöre bağlı olsa da (Pajak vd., 2022a), büyük ölçüde besin mevcudiyetinden etkilenmektedir (Wawrzyńska & Sirko, 2014). Bitki besin maddesi, bitkinin büyümesi ve neslini devam

ettirmesi için gerekli olan kimyasal bir elementtir. Bir elementin besin olabilmesi için temel ölçüt bitkinin yaşam döngüsünü tamamlaması için gerekli olmasıyken, ikinci ölçüt besin olarak değerlendirilen elementin yerini başka hiçbir elementin tam olarak doldurmaması ve üçüncü ölçüt ise tüm bitkilerin bu elemente ihtiyaç duymasısıdır (Barker & Pilbeam, 2015). Bitki gelişimi açısından hayati öneme sahip olan elementler, mutlak gerekli besin elementleri olarak ifade edilmekte ve bu elementlerin miktarca yetersiz olması durumunda bitki gelişiminde gerileme görülmektedir (Fageria vd., 2002; Rice, 2007; Kacar & Katkat, 2018). Bitkilerdeki bulunuş miktarları göz önüne alındığında, mutlak gerekli besin elementlerini makro ve mikro elementler şeklinde sınıflandırmak mümkündür (Bergmann, 1992; Barker & Pilbeam, 2015; Kacar & Katkat, 2018). Mutlak gerekli makro bitki besin elementlerinin karbon (C), oksijen (O), hidrojen (H), fosfor (P), azot (N), potasyum (K), kalsiyum (Ca), kükürt (S) ve magnezyum (Mg) olduğu, mutlak gerekli mikro besin elementlerinin de demir (Fe), mangan (Mn), bor (B), kobalt (Co), klor (Cl), çinko (Zn), nikel (Ni), sodyum (Na), molibden (Mo), bakır (Cu), vanadyum (V) ve silisyum (Si) olduğu bildirilmiştir (Kacar & Katkat, 2018). Bitkiler karbon, hidrojen ve oksijeni havadan ya da sudan alırken diğer tüm besin maddelerini topraktan almaktadır (Karagöz, 2021).

Tüm canlıların hücrelerindeki amino asitlerin (protein), nükleik asitlerin (DNA ve RNA), diğer amino bileşiklerinin ve polimerlerin ana maddesi olan azot (Tecimen & Sevgi, 2008; Canfield vd., 2010; Chen vd., 2014; Ji vd., 2015; Burén & Rubio, 2018; Liu vd., 2018), bitki yaşamındaki ve organik bileşiklerin biyokimyasal olaylarındaki temel besin maddelerinden de biridir (Haynes, 1986; Gebauer & Schulze, 1997). Ayrıca, fotosentez için gerekli olan en önemli pigment olan klorofilin de önemli bir bileşeni olup bitki büyümesinde ve üretiminde kritik bir rol oynamaktadır (Wagner, 2011). Gaz formundaki hali ile atmosferin %78'ini oluşturmanın yanı sıra nükleik asitlerin, proteinlerin ve vitaminlerin yapısında da %15 oranında bulunmaktadır (Aslan, 1999; İmriz vd., 2014). Karbon ve hidrojene kıyasla bitkilerin yapısında daha düşük bir paya sahip olan azot (Hasman, 1972; Haynes, 1986), bitki kuru ağırlığının yalnızca %1,5-5'ini oluşturmaktadır (Haynes, 1986). Dünyada en çok bulunan elementlerden olmasına rağmen, gaz halindeki formu ile bitkiler için doğrudan alınabilir formda olmadığından çoğu bitkinin gelişimini sınırlamaktadır (Smil, 1999; Socolow, 1999; Graham & Vance, 2000; Elser vd., 2007; Wu vd., 2007).

Toprağın azot kazanım yollarını organik ya da inorganik gübre ilaveleri, yağış ve biyolojik azot bağlama olarak belirtmek mümkündür (Müftüoğlu & Demirer, 1998). Her ne kadar bitkilerin çoğunlukla inorganik formlardaki ($\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve $\text{NO}_3^-\text{-N}$) azottan

faydalanabildiği ifade edilse de (Paungfoo-Lonhienne vd., 2008; Hawkins & Robbins, 2010; Li vd., 2012; Burén & Rubio, 2018), amino asitler şeklindeki organik azotun da bitkiler tarafından doğrudan kullanılabildiği bildirilmektedir (Näsholm vd., 2009; Wilson vd., 2013). Toprakta %92-98 oranında organik azot bulunmakta olup, organik azotun inorganik forma dönüştürülmesini sağlayan azot mineralizasyonu sayesinde toprağın bitkiler için azot sağlama yeteneği artabilmektedir (Meng vd., 2001; Zhong & Makeshin, 2004; Song vd., 2013). Organik azotun mineralizasyonu amonifikasyon ve nitrifikasyon olmak üzere iki aşamada gerçekleşmektedir (Edwards & Daniel, 1992; Shi vd., 2014). Topraktaki organik azotun amonyum (NH_4^+) formuna dönüşmesi amonifikasyon olarak isimlendirilirken, amonyumun nitrit (NO_2^-) ve nitrata (NO_3^-) dönüşmesine ise nitrifikasyon adı verilmektedir (Edwards & Daniel, 1992; Soyergin, 2003). Burada azot önce nitrit bakterileri tarafından nitrite, nitrit ise nitrat bakterileri tarafından nitrata dönüştürülmüş ve bitkiler tarafından kullanılabilir hale getirilmiş olur (Aslan, 1999; İmriz vd., 2014; Wang vd., 2015). Ekosistemlerin verimliliğinde topraktaki azot mineralizasyonu önemli bir gösterge olarak görülmektedir (Knoepp vd., 2000).

Toprakta biyolojik azot bağlama, atmosferdeki serbest azotun bazı mikroorganizmalar tarafından absorbe edilerek bitkilerin kullanımına sunulmasını ifade etmektedir (Korkmaz vd., 2022). Biyolojik azot bağlama; ya vasküler bitkilerle simbiyotik ilişki içinde olan bakteriler tarafından, ya siyanobakteriler ve mantarlar (likenler) veya bitkiler arasındaki simbiyozlar tarafından ya da tipik olarak toprakla ilişkili serbest yaşayan heterotrofik veya ototrofik bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir (Garten, 1993; Mirzakhani vd., 2009; Ezrin vd, 2010). Toprakta bulunan bazı organizmaların kendilerine uygun bir başka bitki ile ortak yaşama girmesi sonucu köklerinde yumrular oluşturarak atmosferdeki azotu bağlamalarına simbiyotik azot bağlama adı verilmektedir (Korkmaz vd., 2022). Simbiyotik azot bağlama çoğu orman toprağında önemli bir rol oynamakta olup bu süreçteki simbiyoz yaşam, baklagil bitkiler ile *Rhizobium* cinsi bakteriler arasında ve *Actinomyces* cinsi *Frankia* bakterileri ile baklagil olmayan bitkiler (*Alnus*, *Myrica*, *Hippophae*, *Elaeagnus*, *Shepherdia*, *Casuarina*, *Coriaria* ve *Ceanothus*) arasındaki simbiyozun bir sonucu olarak ortaya çıkar (Wheeler, 1991; Tilki, 2002; Korkmaz vd., 2022). Her yıl milyonlarca ton azot rhizobia bakterileri tarafından tutularak doğal, tarımsal ve sosyo-ekonomik faydalar sağlanmaktadır (Lindstrom & Mousavi, 2020). Genel olarak orman ekosistemine biyolojik azot bağlama ile bir yılda 100-400 kg/ha azot sağlanabilmektedir. Toprakta serbest yaşayan bakterilerle bir yılda 10-40 kg/ha, siyanobakterilerle 7-80 kg/ha, *Frankia* bakterileri ile baklagil olmayan

türlerin simbiyotik yaşamı ile 2-362 kg/ha ve *Rhizobium* bakterileri ile baklagil türlerinin simbiyotik yaşamı ile 24-584 kg/ha azot toprakta tutulmaktadır (Elkan, 1992; FAO, 1993; Brohi vd., 1997; Haktanır & Arcak, 1997). Azot, kıtlığı en çok çekilen besin elementlerinden biri konumundadır (Çepel, 1996; Gardiner & Miller, 2008; Fageria, 2009). Azot eksikliğinde bitkilerdeki büyüme oranı düşmekte, bitkilerin özellikle vejetatif gelişimi olumsuz yönde etkilenmekte, gövde ve yaprak sistemi ile kök gelişmesi zayıflamakta, yapraklarda klorozlar görülmekte ve yapraklardaki karbonhidrat birikimine bağlı olarak fotosentez miktarında azalmalar oluşmaktadır (Foth, 1984; Boşgelmez vd., 2001; Güzel vd., 2004; Aktaş & Ateş, 2005; Fageria, 2009; Boussadia vd., 2010; Kacar & Katkat, 2010).

Köklerinde bulunan bakteriler aracılığıyla azotu bağlayabilen bitkiler, Avrupa ülkeleri, Avustralya ve ABD başta olmak üzere bazı ülkelerdeki ormancılık faaliyetlerinde azot eksikliğinin giderilmesi ve toprağın iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Azot bağlayıcı bakterilere sahip bitkiler, fakir toprakların iyileştirilmesine ve bitki besin maddelerinin zenginleştirilmesine yardımcı olur (Diagne vd., 2013; Stokdyk & Herrman, 2014). Bu bitkiler aynı zamanda azot desteği sağlayarak ağaçlandırma çalışmalarında diğer türlerin gelişmesine de katkıda bulunmaktadır (Miller & Murray, 1978; Voigtlaender vd., 2012; Mortimer vd., 2015).

Fabaceae familyası, azot bağlayıcı bakterilere sahip olma kapasitesi açısından en çeşitli ve geniş bitki gruplarını bünyesinde barındırmaktadır. Yaklaşık 650 cins ve 18.000 türle Asteraceae ve Orchidaceae familyalarının ardından çiçekli bitkilerin en geniş üçüncü familyası konumundadır (Sprent, 1995; Ali vd., 2009). Fabaceae familyasına ait bir tür olan fiğ (*Vicia sativa* L.), ekonomik açıdan dünyanın en önemli kendi kendine tozlaşan tek yıllık baklagil türlerinden biridir (Mikić vd., 2009; Dong vd., 2016). Her ne kadar Orta Doğu'nun kurak bölgelerinden gelse de (Ford vd., 2008), düşük maliyetli olup zengin bir protein ve mineral kaynağı sunduğu için (Akpınar vd., 2001; Mao vd., 2015) artık dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Francis vd., 1999). Türkiye ile birlikte Etiyopya, Meksika, Rusya ve İspanya yoğunlukla yetiştirilen yerler arasında bulunmaktadır (Huang vd., 2017). Azot bağlama yeteneğine sahip olan fiğ (Fracchiolla vd., 2018), Türkiye'de 2022 yılı itibari ile 3.421.760 dekar alanda ekilmiş olup, bu alanlardan toplamda 4.020.433 ton yeşil ot üretimi yapılmaktadır (URL-3, 2023). Tür aynı zamanda, topraktaki rhizobia bakterileri ile simbiyotik etkileşim yoluyla atmosferik azotu bağlama kapasitesi nedeniyle gübre uygulamasını ve karbondioksit emisyonlarını azaltmak için sürdürülebilir tarım sistemlerinde yeşil gübre olarak kullanılmaktadır (Dalias & Neocleous, 2017).

1.3. Ekim Sıklığı

Bitkiler yanlarında bulunan komşularıyla ışık, besin maddeleri veya su gibi aynı ortamdaki kaynaklar için sürekli rekabet halindedir (Weiner, 1990). Sulama, gübreleme, şaşırtma, fidanlık toprağı, ekim zamanı ve ekim şekli gibi çok sayıdaki fidan yetiştirme teknikleri arasında yer alan ekim sıklığı, fidan başına düşen yaşam alanını ve dolayısıyla da verimliliğı etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Eyüboğlu, 1988; Özata vd., 2016; Alım & Kavgacı, 2017; Deligöz & Koyuncu, 2022). Başka bir ifade ile ekim yastıklarında birim alanda ekilen tohum miktarı ve bunun neticesinde oluşan fidan sıklığı fidanların morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile fidan kalitesi üzerindeki en önemli belirleyiciler arasında bulunmaktadır (Edgren, 1975; Tolay, 1983; Duryea, 1984; Tetik, 1995; Ürgenç, 1998; Alım & Kavgacı, 2017; Ayan vd., 2020).

Ekim sıklığının belirlenmesinde tohum çimlenme yüzdesi, üretilmek istenen fidan sayısı ve ilk gelişme döneminde oluşan yaklaşık %10'luk kayıp göz önünde bulundurulmalıdır (Yahyaoğlu & Genç, 2020). Optimum ekim sıklığı ile birim alana ideal sayıda tohum ekerek çevresel kaynakların bitki tarafından daha iyi kullanılması amaçlanmaktadır (Rocha vd., 2018). Tohum ekimlerindeki optimum sıklık değerleri üretilcek fidandan beklenen kalitatif özelliklere, fidanlık yeri ve dikim yapılacak yöre koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir (Eyüpoğlu, 1979). Ekim sıklığının optimal bir şekilde ayarlanması fidanların çap ve boy gelişimi, ağaçlandırmalardaki uyum ve optimum gelişim üzerinde etkilidir (Tolay, 1987). Ayrıca, bu sayede fidan köklerinin daha iyi bir dallanma ve yapı kazanmalarıyla fidanların zor arazi şartlarında bile tutma başarılarında artışlar gözlenebilmektedir (Yahyaoğlu & Genç, 2020). Yine ekim sıklığı, bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerinde değişikliklere yol açarak büyüme ve gelişmeyi etkileyebilmektedir (Tavares vd., 2014; Abati vd., 2018). Düşük ekim sıklığı kullanılarak üretilen iyi kök sistemine sahip fidanlar arazide daha başarılı olmaktadır (Edgren, 1975; Duryea, 1984), yüksek ekim sıklığı kullanılarak yetiştirilen boylu ve ince gövdeli fidanlar ise iyi yetiştirme ortamlarında bile dikim şokuna uğrayabilmektedir (Ürgenç, 1998). Öte yandan, fazladan ekilen tohumlar neticesinde oluşan yüksek ekim sıklığı ile hem tohumu ekilen türün biyolojik özelliklerine uygun olmayan nitelikte ve sayıda fidan üretilmekte, hem de fidan kalitesi olumsuz yönde etkilenmekte ve tohum kaybı oluşmaktadır (Gezer & Yücedağ, 2006).

Fidanlıklarda yetiştirilecek dikime hazır fidan sayısı, ekim sıklığı derecesine bağlı olduğundan metrekaareye ekilecek tohum miktarının (g) ya da sayısının bilinmesi büyük önem arz etmektedir (Edgren, 1975). Her tür için farklı ekim sıklığı gerekebileceğinden, yetiştirilecek türün biyolojisine en uygun ekim sıklığı belirlenmelidir (Tetik, 1995).

1.4. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Türkiye ormancılığında kapladığı alan ve kullanım olanakları açısından büyük bir öneme sahip olan doğu kayını ormanlarında doğal gençleştirme ile gelen gençlik büyük oranda sürgün kökenli olup, tohumdan gelen bireylerin oluşturduğu gençlikler yavaş büyümektedir. Bunun neticesinde, hem sürgün kökenli hem de tohumdan oluşan gençlikler diri örtü baskısı altında kalmaktadır. Öte yandan, mevcut doğu kayını ormanlarının boşluklu kapalı nitelikteki 266.613 hektarlık alanı, doğal gençleştirme koşullarını barındırmadığından yapay gençleştirme veya ağaçlandırmaya konu edilmektedir. Ayrıca, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak gelecekte türün yayılış alanında da ciddi bir daralma ihtimali bulunmaktadır. Buradan hareketle, türe ilişkin yapılacak ormancılık faaliyetlerinde kaliteli fidanların üretilmesi ve kullanılması, başarı oranı yüksek ağaçlandırma sahalarının oluşturulması açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla, doğu kayını türünün kaliteli fidanlarının üretilmesi için farklı fidanlık tekniklerinin uygulanması ve en uygun yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; arazi koşullarına (diri örtü, erken ve geç donlar, yakıcı-kurutucu sıcaklıklar, her türlü böcek ve mantar vb.) karşı dayanıklı, morfolojik ve biyokimyasal açıdan kaliteli fidanların üretilmesi ve dikim sahasındaki arazi performansının artırılması amacıyla ekim sıklığı, azot bağlama yeteneği olan fiğ ile kombine ekim ve organik gübre uygulamalarının doğu kayını fidanları üzerine etkileri araştırılmıştır.

1.5. Literatür Özeti

Türkiye ormancılığının en önemli yapı taşlarından biri olan doğu kayınına (*Fagus orientalis* Lipsky) ilişkin dünyada ve ülkemizde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Literatür taraması ile gerek türü gerekse de araştırma konusunu içerecek şekilde yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Bayraktar & Güney (2022) tarafından doğu kayını üzerine yapılan bir çalışmada, azot bağlama yeteneğine sahip kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) tohumları ile kombine şekilde ekilen doğu kayını tohumlarından yetiştirilen bir yaşındaki fidanlar üzerinde bazı morfolojik ve fizyolojik karakterler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, fidan boyu, kök boğazı çapı, kök taze ağırlığı, kök sayısı ve kuru kök yüzdesi gibi morfolojik özellikler ile yapraktaki toplam azot ve toplam karbon miktarları gibi fizyolojik özellikler açısından kontrol fidanlarına kıyasla kızılağaç ile kombine bir şekilde yetiştirilen doğu kayını fidanlarında daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Doğu kayınının morfogenetik değişkenliği üzerine jeoklimatik özelliklerin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, Türkiye'deki doğu kayını doğal yayılış alanlarından olan Trabzon-Maçka popülasyonundan toplanan tohumlar neticesinde yetiştirilen fidanların bir ve iki yaşındaki bazı morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma neticesinde, popülasyonlar arasında yüksek genetik çeşitlilik olduğu ifade edilmiştir (Güney vd., 2022).

Doğu kayını türünün fotosentetik pigment içerikleri üzerine farklı dozlardaki (kontrol- 0 ml/l, 4 ml/l, 8 ml/l ve 12 ml/l) nanoteknolojik sıvı organomineral gübre etkileri incelenmiş olup, gübre uygulamalarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarını arttırdığı bildirilmiştir (Bayraktar vd., 2021).

Özel vd. (2021) tarafından 1+1 yaşındaki doğu kayını fidanlarına arbusküler mikorizal fungus aşılması yapılarak kontrol fidanları ile birlikte Karabük ili Yenice yöresindeki üç farklı yükselti kademesine (200-400 m, 400-600 m ve 600-800 m) aktarılmış ve fidanların büyüme performansı ile adaptasyon başarısı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, aşılı fidanlarda aşısız fidanlara kıyasla daha yüksek büyüme performansı değerleri ortaya çıkmıştır.

Tam alan serpmeye yöntemi ile üretilen bir yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özelliklerinin incelendiği diğer bir çalışmada, ekim sıklığının fidan gelişimi üzerinde önemli bir etkisinin olması nedeniyle fidanlara gerekli gelişme ortamını uygun bir şekilde sunamayan bu yöntemin uygulanması sonucunda eğer seyreltme yapılmazsa kaliteli fidan üretiminin pek mümkün olmadığı belirtilmiştir (Ayan vd., 2020).

Yerinde kök kesimi, seyreltme ve gübreleme uygulamalarının iki yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kontrol işlemine ek olarak, temmuz ayında gerçekleştirilen yerinde kök kesimi ve seyreltme uygulaması bir işlemi oluştururken, seyreltme yapıldıktan sonra 50 g/m² amonyum nitrat gübre uygulaması da diğer işlemi oluşturmuştur. Çalışma sonucunda, fidan boyu, yan dal

sayısı, fidan taze ağırlığı ve gürbüzlük indisi değerleri açısından en yüksek değerler gübre uygulaması yapılan fidanlarda elde edilirken, kök boğazı çapı, fidan kuru ağırlığı ve Dickson kalite indisi değerleri açısından ise en yüksek değerler kök kesimi yapılan fidanlarda elde edilmiştir (Güney vd., 2020).

Gülseven vd. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada, farklı doğu kayını popülasyonlarına ait fidanların morfolojik ve fizyolojik özellikleri tespit edilmiştir. Çalışmada Bursa, Balıkesir, Sakarya, Kastamonu, Zonguldak ve Bartın orijinlerinden elde edilen tohumlar Zonguldak-Gökçebeğ Orman Fidanlığı'nda yetiştirilmiş ve iki yaşındaki fidanlar üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışma neticesinde, popülasyonlar açısından farklı sonuçlar ortaya çıksa da Zonguldak-Devrek orijinine ait Akçasu ve Tefen popülasyonları genel olarak daha yüksek sonuçlarla öne çıkmıştır.

Doğu kayını yapraklarındaki bazı kimyasal bileşenlerin yaşa bağlı değişimlerinin araştırıldığı diğer bir çalışmada, yaş sınıfları ≥ 25 , ≥ 50 , ≥ 100 , ≥ 200 ve ≥ 600 olacak şekilde belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen en iyi değerler yaşa bağlı olarak değişiklik göstermiştir. En yüksek klorofil a miktarı ≥ 25 yaş grubunda, en yüksek klorofil b miktarı ≥ 100 yaş grubunda, en yüksek toplam klorofil miktarı ≥ 600 yaş grubunda ve en yüksek toplam karotenoid miktarı ise ≥ 50 yaş grubunda ortaya çıkmıştır. Ayrıca, en yüksek toplam çözünabilir karbonhidrat, toplam azot ve toplam karbon miktarları da ≥ 200 yaş grubunda meydana gelmiştir (Turfan vd., 2019).

Güner vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, sakallı kızılbaş (A. *glutinosa* subsp. *barbata*) ve doğu kayını fidanları saf ve karışık halde yetiştirilmiştir. Buna göre, iki yaşındaki doğu kayını fidanları ile azot bağlama yeteneğine sahip sakallı kızılbaş türünün bir yaşındaki fidanları birlikte araziye dikilmiştir. Dikimi takip eden ikinci yılın sonunda, sakallı kızılbaş fidanları ile karışık halde yetiştirilen doğu kayını fidanlarının, saf halde yetiştirilenlere kıyasla daha iyi bir gelişim gösterdiği belirlenmiştir.

Doğu kayını türünün ülkemizdeki doğal yayılış alanlarını temsil edecek şekilde 11 farklı popülasyondan toplanan tohumlardan yetiştirilen fidanların arazi performanslarını incelemek amacıyla yapılan çalışmada, farklı orijinli 2+1 ve 3+1 yaşlarındaki fidanların arazi performanslarının değiştiği tespit edilmiştir. Fidan boyu bakımından 2+1 yaşındaki fidanlarda Ordu-Akkuş popülasyonunda, 3+1 yaşındaki fidanlarda ise Sinop-Ayancık popülasyonunda en yüksek değerlerin elde edildiği bildirilmiştir (Güney vd., 2016).

Başka bir çalışmada, vermikompost uygulaması ile farklı dikim yoğunluklarının (2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm ve 10 cm aralık-mesafe) doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri

üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın işlemleri farklı dikim yoğunluklarındaki kontrol ve vermikompost olup, hem kontrol hem de vermikompost işlemlerindeki en yüksek değerler 10 cm dikim yoğunluğu kullanılarak dikilen 1+0 yaşındaki doğu kayını fidanlarında ortaya çıkmıştır (Atik, 2013a).

Güney vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon-Maçka orijininden toplanan doğu kayını tohumları 0,5 ml/l, 1 ml/l ve 2 ml/l olacak şekilde hazırlanan farklı oranlardaki biyohumusta bekletilmiş ve bunun birinci yıldaki fidan gelişimine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, hem fidan boyu hem de kök boğazı çapı açısından en fazla büyümenin 12 ve 24 saat sürelerle 0,5 ml/l olarak hazırlanan biyohumus içerisinde bekletilen tohumlardan yetiştirilen fidanlarda olduğu bildirilmiştir.

Doğu kayınında bazı coğrafik varyasyonların morfogenetik olarak belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, 11 doğal doğu kayını popülasyonuna ait 1+0 ve 2+0 yaşındaki fidanlarda bir takım morfolojik ve fenolojik ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Çalışma neticesinde, popülasyonlara ilişkin ölçümü gerçekleştirilen parametreler açısından popülasyonlar arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Güney, 2009).

Kirdar & Allahverdiev (2003), iki yaşındaki doğu kayını fidanlarının bazı morfolojik özellikleri üzerine Polistimulin-A6 hormon uygulamalarının etkilerini araştırmıştır. Kontrol ile 50 mg/l, 100 mg/l, 150 mg/l ve 200 mg/l dozundaki hormon uygulamalarının işlemleri oluşturduğu çalışmadaki en yüksek fidan boyu ve kök boğazı çapı değerleri 200 mg/l hormon uygulaması yapılan işlemde tespit edilmiştir. Ayrıca, en yüksek gövde, kök ve fidan kuru ağırlığı değerleri 150 mg/l işleminde ortaya çıkarken, en yüksek kök yüzdesi değeri ise 100 mg/l işleminde ortaya çıkmıştır.

Doğu kayını için boylu fidan üretimi ile dikim tekniğinin araştırılması üzerine Tosun vd., (2002) tarafından yapılan çalışmada, geleneksel ekim, seyreltme ve repikaj gibi klasik fidanlık uygulamalarına ek olarak yüksek tünel kullanımı ve gübrelenmiş turba gibi teknikler de uygulanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayla ormangülllerinin tam alan, şerit ve ocaklarda köklenmesinin dikim başarısına etkisi de araştırılmıştır. Doğu kayını fidanlarında, tünel altında repikaj uygulaması ile gübreli turba yastık uygulamalarının boy ve çap gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, ormangülünün yoğun olduğu, makinalı alan hazırlığının yapılamadığı ve yalnızca işçi gücü ile temizliğin mümkün olduğu sahalarda, şeritlerde ormangülü temizliği yapılarak buralara gübreli turba yastıkta yetiştirilmiş doğu kayını fidanlarının dikilmesinin daha uygun olacağı belirtilmiştir.

Doğu kayını türünün dikim öncesi kriterlerinin tespit edildiği bir çalışmada, fidanların boy, çap ve yaş gibi morfolojik karakterleri temel alınmıştır. Çalışma neticesinde, 2+0 yaşındaki doğu kayını fidanlarının arazideki tutma başarısı ile gelişimi incelendiğinde, büyük boy ve çap gruplarının daha başarılı oldukları ifade edilmiştir (Özpay & Tosun, 1993).

Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) türünün morfolojik özellikleri üzerine gübre etkilerinin araştırıldığı çalışma sonucunda, gübre uygulamalarının fidanların morfolojik özellikleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ve bu yöntemle elde edilecek kaliteli fidanların dikim sahalarında üstün bir uyum yeteneğine sahip olacağı bildirilmiştir (Banach vd., 2021).

Percival & Sacre (2014) tarafından Avrupa kayını üzerine yapılan bir çalışmada, fidanlık aşamasında yetiştirilen fidanlar gübreleme ile desteklenmiştir. Çalışma sonucunda, dikime hassas olan bu tür için gübre uygulamalarının dikim sahasındaki yaşama yüzdesini ve fidan gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir.

Farklı yetiştirme sıklıklarının bir yaşındaki alıç (*Crataegus monogyna* Jacq.) fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada 0,9 cm (kontrol), 3 cm, 6 cm, 9 cm ve 12 cm olmak üzere beş farklı yetiştirme sıklığı kullanılmıştır. Yetiştirme sıklığının fidanların morfolojik özellikleri üzerinde açık etkilerinin olduğu tespit edilen çalışmada, fidan boyu ve kök kuru ağırlığı açısından en yüksek değerler 9 cm yetiştirme sıklığında elde edilirken, kök boğazı çapı açısından en yüksek değer 12 cm yetiştirme sıklığında elde edilmiştir. Ayrıca, gövde kuru ağırlığına ilişkin en yüksek değer hem 9 cm hem de 12 cm yetiştirme sıklığı uygulanan işlemlerde belirlenmiştir (Bayar & Deligöz, 2016).

Kulaç & Yıldız (2016) yaptıkları çalışmada, kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine gübrelemenin etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, üre, amonyum sülfat, yavaş çözünen gübre ve NPK'lı kompoze gübre kullanılmış olup, gübre kullanımının fidan kalitesini yükselteceği ve bu sayede ağaçlandırma çalışmalarında başarılı sonuçların elde edilebileceği bildirilmiştir.

Ekim sıklığının bir yaşındaki dişbudak yapraklı akçaağaç (*Acer negundo* L.) fidanlarının morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 10 g/m², 20 g/m², 30 g/m² ve 35 g/m² olmak üzere dört farklı ekim sıklığı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, fidan boyu, gövde kuru ağırlığı ve fidan kuru ağırlığı açısından en yüksek değerler 20 g/m² işleminde elde edilirken, kök boğazı çapı ve kuru kök yüzdesi açısından en yüksek değerler 10 g/m² işleminde elde edilmiştir. Ayrıca, kök kuru ağırlığına ilişkin en yüksek değer hem 10 g/m² hem de 20 g/m² işlemlerinde ortaya çıkmıştır. Öte

yandan, toplam çözünebilir karbonhidrat içeriği bakımından en yüksek değerin de yine 10 g/m² işleminde olduğu tespit edilmiştir (Deligöz, 2012).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarının gelişimi üzerine Ayan vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada nanoteknolojik gübrelerin etkileri, Güney vd. (2019) tarafından yapılan diğer çalışmada bazı azot bağlayıcı bitkilerin etkileri ve Tetik (1995) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise ekim sıklığının etkileri araştırılmıştır. Öte yandan, karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) fidanlarına etkin mikroorganizmaların etkilerini belirlemek için Atik (2013b) tarafından bir çalışma yapılırken, Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) türüne gübre uygulamalarının etkilerini tespit etmek için de Puértolas vd. (2003) ile Luis Díaz vd. (2004) tarafından çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Tohumların Elde Edilmesi ve Genel Özellikleri

Çalışmada kullanılan doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) tohumları, 2019 yılında tohum toplama zamanına uygun olarak kasım ayında Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan Maçka-Çatak mevkiindeki doğu kayını tohum meşceresinden toplanmıştır. Bu tohumlar fenotipik açıdan kaliteli 20 farklı bireyden elde edilmiştir. Toplanan tohumlar öncelikle içerisindeki doğal atıklardan ayrıştırılmış ve su içinde yüzdürülmüştür. Yüzeyde kalan tohumlar doğrudan atıldıktan sonra dipte kalan tohumlar %96'lık etil alkolde tekrar yüzdürülerek dolu ve boş tohumlar tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan dibe çökmüş sağlıklı tohumlardan rastgele alınan 30 tohum kesme deneyine tabi tutulmuş ve %100 doluluk oranı tespit edilmiştir. Elde edilen sağlıklı ve dolu tohumlar, ekilecekleri zamana kadar 4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Ayrıca, doğu kayını tohumlarının 1000 tane ağırlığı (1000 TA) da ISTA (2004) kurallarına göre rastgele alınan 8 × 100 adet örnek üzerinden ortalama ağırlık hesaplama yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntem aşağıda formüle edilmiştir.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots X_n}{n} \quad (1)$$

$$1000 TA = \bar{X} \times 10 \quad (2)$$

Formülde “n” tekrar sayısını, “X_i” tekrarlardan her birinin ağırlığını (g) ve “ $\bar{X}$ ” ortalama 100 tane ağırlığını ifade etmektedir. Çalışmada örneklenen 8 × 100 adet tohumların ağırlıkları sırasıyla 33,08 g, 33,09 g, 33,41 g, 33,42 g, 33,66 g, 34,11 g, 35,20 g ve 36,32 g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler ilgili formülde yerine koyulduğunda doğu kayını tohumlarının 1000 tane ağırlığının 339,49 g olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu değer kabul edilebilir olup olmadığının tespiti için yine ISTA (2004) kurallarına ilişkin aşağıda verilen formüller esas alınmıştır.

$$S^2 = \frac{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}{n(n-1)} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad (4)$$

$$r = \left(S / \bar{X} \right) \times 100 \quad (5)$$

Formülde “S²” varyansı, “S” standart sapmayı ve “r” varyasyon katsayısını ifade etmektedir. Varyasyon katsayısı değerinin dörtten küçük olması durumunda sonuç doğru kabul edilmektedir. Çalışmada elde edilen değerler ilgili formüllerde yerine koyulduğunda varyasyon katsayısı değerinin 3,40 olduğu ve elde edilen 339,49 g olan 1000 tane ağırlığının kabul edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, tohumları tam olarak temsil etmesi amacıyla 8 × 100 adet olarak ayrılan tohum gruplarından 1000 tane ağırlığı değerine en yakın olan gruptaki (34,11 g) 100 adet tohuma ilişkin tohum boyu, tohum eni ve tohum kalınlığı değerleri de tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Doğu kayını tohumlarına ilişkin tohum boyutları

Tohum Boyutları	Minimum	Maksimum	Ortalama ± Standart Sapma
Boy (mm)	12,92	20,69	16,69±1,40
En (mm)	7,00	12,27	9,24±0,99
Kalınlık (mm)	5,34	9,08	7,21±0,77

2.2. Ekim Yastıklarının Hazırlanması

Ekime hazır hale getirilen tohumlar için Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarında (40°59'36,4"K, 39°46'40,3"D) ve deniz seviyesinden 55 m yükseltide ekim yastıkları hazırlanmıştır. 5 m boya ve 120 cm eni sahip olan ekim yastıklarının toprak derinliği ise 50 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Tüm ekim yastıklarında aynı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip toprak kullanılmıştır. Çimlenme sonrasında fidelerin hassasiyeti de göz önünde bulundurularak tüm yastıklara üst katman olarak yaklaşık 3-4 cm kalınlığında orman toprağı serilmiş ve gerekli besin elementleri sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan ekim yastıklarına ilişkin görseller Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Ekim yastıklarının hazırlanması

2.3. Dikim Sahasının Tanıtımı

KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarında hazırlanan ekim yastıklarına 2019 yılı aralık ayında ekildikten sonra ilk büyüme dönemi sonunda bir yaşında olan fidanlar, 2021 yılı mart ayında Trabzon ili Arsin ilçesi Güneyce mevkiinde bulunan ve doğu kayınının doğal yetişme ortamı içerisinde olan dikim sahasına ($40^{\circ}52'04,29''K$, $39^{\circ}54'58,32''D$) aktarılmıştır. Deniz seviyesinden 930 m yükseklikte ve doğu bakıda yer alan dikim sahası, 300 m^2 'lik bir alana, homojen arazi yüzü şekline ve %20-30 eğime sahiptir. Dikim sahasına ilişkin güncel uydu görüntüsü Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Dikim sahasına ilişkin güncel uydu görüntüsü

Dikim sahasının kuzeyi, güneyi, doğusu ve batısı doğu kayını ormanları ile çevrili olup, saha içerisinde münferit halde doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) bireyleri ile böğürtlen, eğrelti ve çayır otları da yer almaktadır.

2.4. Çalışma Alanlarına İlişkin İklim ve Toprak Özellikleri

Fidanlık iklim verileri Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü'nün "17038" numaralı (40°59'42,0"K, 39°46'58,8"D) ve "Trabzon Havalimanı" isimli istasyonundan elde edilmiştir. Fidanlık ile aynı bölge ve yükseltide (40 m) yer alan istasyondan 2020-2022 yılları arasındaki üç yıllık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri ile ortalama nispi nem ve toplam yağış değerleri temin edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Fidanlık alanına ilişkin üç yıllık (2020-2022) iklim verileri

Yıllar	Aylar	Minimum Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi Nem (%)	Toplam Yağış (mm)
2020	Ocak	2,2	17,0	8,4	68,3	98,4
	Şubat	-4,4	24,1	8,2	68,2	103,5
	Mart	2,4	31,0	10,6	76,1	71,2
	Nisan	5,9	25,9	11,2	78,6	40,1
	Mayıs	9,6	33,2	16,2	77,8	73,9
	Haziran	14,8	27,1	22,2	76,8	23,4
	Temmuz	21,8	30,0	25,4	73,6	17,6
	Ağustos	18,2	28,9	24,6	69,8	38,5
	Eylül	18,7	28,7	24,2	76,4	33,0
	Ekim	14,6	27,6	20,6	74,9	52,8
	Kasım	6,8	21,4	13,5	72,6	204,2
	Aralık	4,0	21,0	12,1	64,1	27,2
Yıllık		-4,4	33,2	16,5	73,1	783,8
2021	Ocak	1,9	26,1	11,1	62,0	59,4
	Şubat	0,5	25,9	9,4	65,6	58,2
	Mart	1,4	23,3	8,3	74,0	91,4
	Nisan	6,2	31,8	12,3	79,2	27,6
	Mayıs	8,3	31,9	16,3	77,3	21,0
	Haziran	13,6	27,7	20,9	79,1	39,0
	Temmuz	20,1	31,1	25,6	74,0	62,0
	Ağustos	19,4	30,0	25,0	76,7	48,5
	Eylül	14,3	28,9	20,8	72,5	116,6
	Ekim	10,0	26,3	16,5	74,2	78,6
	Kasım	7,4	29,3	14,7	71,8	46,6
	Aralık	0,6	24,3	11,4	61,7	85,9
Yıllık		0,5	31,9	16,1	72,4	734,8

Tablo 2'nin devamı

Yıllar	Aylar	Minimum Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi Nem (%)	Toplam Yağış (mm)
2022	Ocak	-0,1	21,1	8,0	65,7	117,2
	Şubat	1,7	20,2	9,5	70,3	24,8
	Mart	-0,2	19,1	6,3	75,3	125,1
	Nisan	5,2	32,8	12,8	75,9	45,6
	Mayıs	9,2	24,3	14,8	81,0	58,6
	Haziran	16,7	26,0	21,5	83,1	62,1
	Temmuz	18,8	27,9	23,6	71,0	19,8
	Ağustos	23,3	30,9	26,8	77,7	28,4
	Eylül	14,5	33,4	22,7	70,0	91,6
	Ekim	10,9	25,4	18,0	73,7	51,8
	Kasım	8,6	26,1	15,9	68,1	27,6
	Aralık	5,1	20,8	12,3	72,9	63,6
	Yıllık	-0,2	33,4	16,0	73,7	716,2

Tohum ekimlerinin gerçekleştirildiği 2019 yılı aralık ayında minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri ile ortalama nispi nem ve toplam yağış miktarları sırasıyla 5,5 °C, 24,2 °C, 12,1 °C, %62,1 ve 71,0 mm olarak gerçekleşmiştir. Başlangıç yılına kıyasla, yıllık ortalama sıcaklık değerleri ile toplam yağış değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Buna göre 2020 yılında 16,5 °C olarak gerçekleşen ortalama sıcaklık değerinin 2021 yılında 16,1 °C ve 2022 yılında ise 16,0 °C olduğu belirlenmiştir. Toplam yağış miktarları ise yıllara bağlı olarak 783,8 mm, 734,8 mm ve 716,2 mm olacak şekilde azalmıştır.

Arsin ilçesi Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasına ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü'nün deniz seviyesinden 170 m yükseklikte yer alan "18233" numaralı (40°56'55,0"K, 39°56'58,9"D) "Arsin" istasyonundan elde edilmiştir. Deniz seviyesinden 930 m yükseklikte bulunan dikim sahası için bu meteorolojik veriler enterpole edilmiştir. Sıcaklık verilerinin enterpolasyonu için her 100 metrede sıcaklığın 0,5 °C düştüğü varsayılmıştır. Yağış verileri için ise aşağıda verilen Schreiber formülü kullanılmıştır (Ardel vd., 1969).

$$P_h = P_o \pm (54 \times h) \quad (6)$$

Formülde "P_h" yükseltisi bilinen yağışı hesaplanacak bir noktanın yağış miktarını (mm), "P_o" yükseltisi bilinen karşılaştırma istasyonunun yağış miktarını (mm) ve "h" ise hektometre cinsinden "P_h" ile "P_o" arasındaki yükselti farkını ifade etmektedir. Burada, yağışı hesaplanacak nokta yağış miktarı bilinen istasyondan daha üst yükselti kademesinde

bulunuyorsa toplama, alt yükselti kademsinde bulunuyorsa çıkarma işlemi yapılmaktadır. Aylık yağış değerleri hesaplanırken 54 katsayısı yıl içindeki toplam ay sayısı olan 12'ye bölünerek elde edilen 4,5 katsayısı kullanılmaktadır (Çiçek & Ataol, 2009). Dikim sahasına ilişkin enterpole edilen sıcaklık ve yağış verileri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Dikim sahasına ait enterpole edilen iki yıllık (2021-2022) iklim verileri

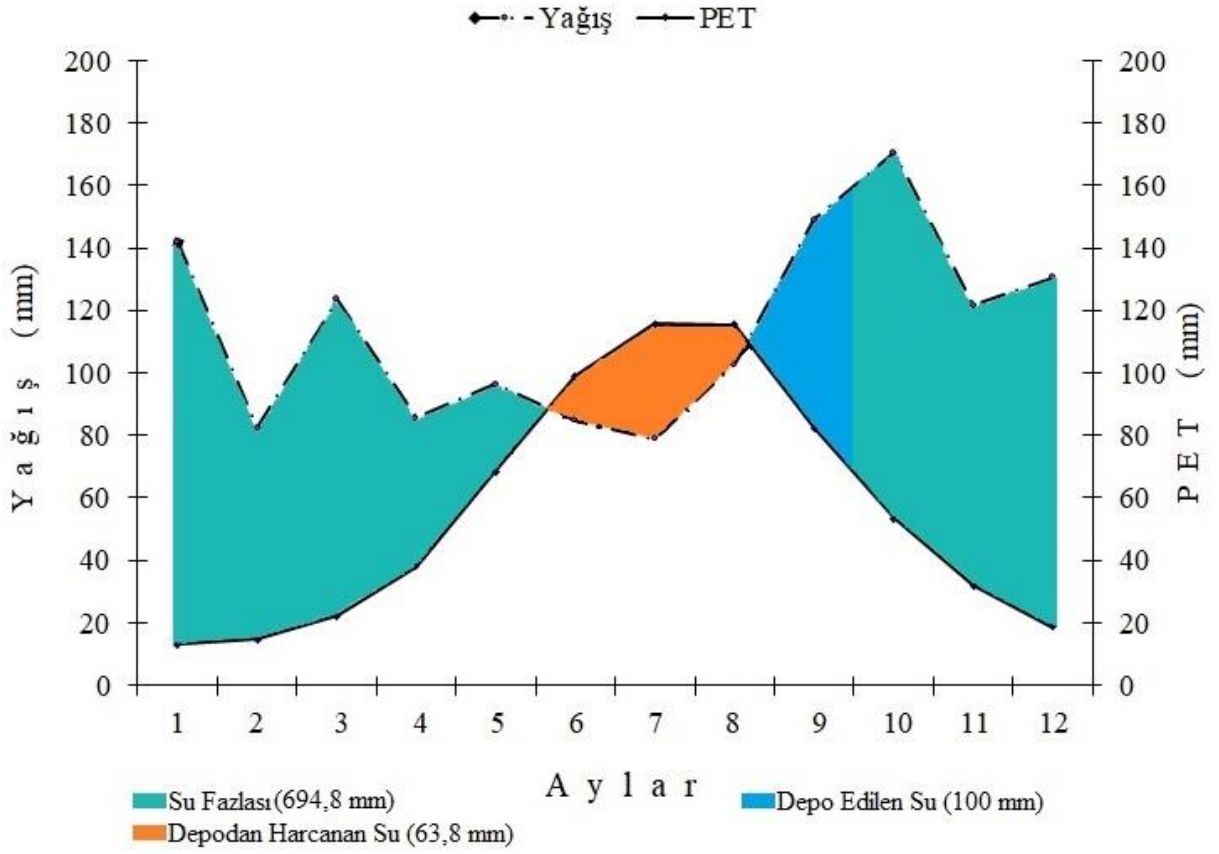
Yıllar	Aylar	Minimum Sıcaklık (°C)	Maksimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Toplam Yağış (mm)
2021	Ocak	-3,3	21,7	7,3	109,2
	Şubat	-4,4	21,5	5,3	96,1
	Mart	-3,4	19,4	3,9	126,4
	Nisan	1,6	27,4	8,7	49,2
	Mayıs	3,1	30,8	12,7	54,1
	Haziran	8,4	23,6	15,9	41,1
	Temmuz	14,6	28,2	20,5	95,6
	Ağustos	14,4	28,3	19,8	116,1
	Eylül	8,2	27,7	15,4	244,4
	Ekim	3,7	24,5	11,3	162,6
	Kasım	2,9	24,3	10,0	116,6
	Aralık	-4,7	18,7	7,6	153,9
Yıllık		-4,7	30,8	11,6	989,1
2022	Ocak	-4,6	16,8	3,2	154,4
	Şubat	-3,0	17,2	5,3	62,4
	Mart	-5,5	18,0	1,5	160,5
	Nisan	0,0	28,0	9,9	84,3
	Mayıs	4,6	23,8	10,6	108,0
	Haziran	11,3	22,8	16,3	151,0
	Temmuz	12,8	25,2	18,2	52,9
	Ağustos	16,9	27,7	21,5	62,2
	Eylül	8,8	29,9	17,8	125,4
	Ekim	6,0	24,0	12,8	125,8
	Kasım	4,6	22,1	10,9	85,5
	Aralık	1,0	18,3	8,0	136,9
Yıllık		-5,5	29,9	11,3	933,1

Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasında 2021 yılındaki yıllık ortalama sıcaklık 11,6°C ve yıllık toplam yağış 989,1 mm iken, 2022 yılında bu değerler sırasıyla 11,3°C ve 933,1 mm olmuştur. Öte yandan, dikim sahasına ilişkin iklim özelliklerinin belirlenmesinde su bilançosunu da hesaplayan Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır (Thornthwaite, 1948; Çepel, 1995). Bu yöntemde kullanılan uzun dönem (2013-2022 yılları arası) aylık toplam yağış ve ortalama sıcaklık verileri de Arsin meteoroloji istasyonundan elde edilmiş olup, bu veriler de dikim sahasının bulunduğu yükseltiye göre enterpole edilmiştir. Arsin ilçesi Güneyce mevkiinde bulunan deneme sahasına ilişkin Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu değerleri Tablo 4'te ve Thornthwaite grafiği ise Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Arsin-Güneyce mevkiindeki dikim sahasına ait Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu

İli	: Trabzon	Yükselti (m)												: 930
İlçesi	: Arsin	Enlem												: 40,52
Ölçme Yılları	: 2013-2022	Boylam												: 39,55
Bilanço Elemanları		Aylar												Yıllık
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık	°C	4,6	5,1	6,0	8,7	12,8	17,1	19,3	20,3	17,2	12,9	9,6	6,4	11,7
Sıcaklık İndisi	i	0,9	1,0	1,3	2,3	4,2	6,4	7,7	8,3	6,5	4,2	2,7	1,5	47,0
Düzeltilmemiş PE	mm	15,6	17,7	21,6	34,2	55,1	78,8	91,5	97,4	79,4	55,6	38,6	23,4	
Güneşlenme Süresine Göre PE		0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,26	1,27	1,19	1,04	0,96	0,83	0,80	
Düzeltilmiş PE	PET	13,0	14,7	22,3	38,0	68,5	99,1	115,8	115,4	82,3	53,3	31,9	18,8	673,2
Yağış	y	141,8	82,5	123,5	85,7	96,4	84,9	78,9	102,7	148,9	170,6	121,5	130,6	1368,0
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-14,2	-36,9	-12,7	63,8	-	-	-	
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	85,8	48,9	36,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	13,0	14,7	22,3	38,0	68,5	99,1	115,8	115,4	82,3	53,3	31,9	18,8	673,2
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Su Fazlası	Sf	128,8	67,8	101,2	47,7	27,9	-	-	-	2,8	117,3	89,6	111,8	694,8
Yüzeysel Akış-1	Yü1	120,3	98,3	84,5	74,5	37,8	13,9	-	-	1,4	60,0	103,4	100,7	694,8
Yüzeysel Akış-2	Yü2	111,1	89,5	95,3	71,5	49,7	24,9	12,4	6,2	4,5	60,9	75,2	93,5	694,8
Nemlilik Oranı	Ne	9,9	4,6	4,5	1,3	0,4	-0,1	-0,3	-0,1	0,8	2,2	2,8	5,9	
Günlük PET		0,4	0,5	0,7	1,3	2,2	3,3	3,7	3,7	2,7	1,7	1,1	0,6	1,8
Kuraklık İndisi (İn=12×GET/Tom)						47,0	55,5	59,1	56,5	45,9	38,3			25,2
Su Bilançosu (D. Kantarcı)	mm	Su Noksanı Yok												401,7
D. Kantarcı (İklim)		N ÇN ÇN ÇN N YN												YN
İklim Tipi		AB'Irb'4: Çok nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan okyanus iklimine yakın iklim												

PE: Potansiyel evapotranspirasyon, N: Nemli, ÇN: Çok nemli, YN: Yarı nemli



Şekil 4. Arsin-Güneyce mevkiindeki dikim sahasına ait Thornthwaite grafiği

Thornthwaite iklim analizine göre, Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasında su noksanı bulunmayıp alanın iklim tipinin de “AB’1rb’4” sembolü ile ifade edilen “Çok nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan okyanus iklimine yakın iklim” olduğu belirlenmiştir.

Çalışma öncesi fidanların üretildiği KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasındaki her ekim yastığından üst (5 cm’lik orman toprağı tabakası) ve alt (45 cm’lik fidanlık toprağı tabakası) topraktan ayrı ayrı olmak üzere toplam 14 adet toprak örneği (1 adet numune $\times$ 2 toprak kademesi $\times$ 7 ekim yastığı) alınarak toprak numunelerinin başlangıçtaki organik karbon ve organik madde miktarları (Walkley, 1947), Leco Truspec elementel analiz cihazı ile toplam azot ve toplam karbon değerleri, tekstürü ve türü (Bouyoucos, 1962), toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri (İrmak, 1954; Gülçur, 1974) belirlenmiştir. Ekim yastıklarından alınarak laboratuvara getirilen toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutularak hava kurusu haline getirilmiştir. Organik karbon ve organik madde miktarları ile toplam azot ve toplam karbon değerleri için havanda öğütülerek 0,5 mm’lik elekten geçirilen topraklarda, tekstür, pH ve EC için ise 2 mm’lik

elekten geçirilen topraklarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Buna göre, üst topraktaki organik karbon %1,81 ve organik madde %3,12 olarak belirlenirken, toplam azot %0,05 ve toplam karbon %0,28 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, toprak tekstür içeriğinin %69,14 kum, %11,03 kil, %19,83 toz ve toprak türünün kumlu balçık olduğu, toprak reaksiyonunun 5,41 ve elektriksel iletkenliğinin de 49,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu tespit edilmiştir. Alt topraktaki organik karbon ve organik madde değerleri sırasıyla %0,04 ve %0,07 olurken, toplam azot ve toplam karbon değerleri ise sırasıyla %0,03 ve %0,16 olmuştur. Toprak tekstür içeriği %19,01 kum, %59,45 kil, %21,54 toz ve toprak türü kil olarak, toprak reaksiyonu ve elektriksel iletkenlik değerleri ise sırasıyla 4,51 ve 72,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Ekim yastıklarından alınan toprak örneklerine ilişkin analizler

Bir yaşındaki doğu kayını fidanlarının arazideki gelişimlerinin incelenmesi amacıyla dikimlerinin gerçekleştirildiği Trabzon ili Arsin ilçesi Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasında toprak çukuru kazılarak arazi toprağının derinlik kademelerine göre organik karbon ve organik madde miktarı, tekstürü, türü, pH ve EC değerleri belirlenmiştir. Toprak çukuru 100 cm eninde, 110 cm derinliğinde ve 120 cm uzunluğunda kazılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasına ilişkin toprak çukuru

Toprak örnekleri; 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm, 70-90 cm ve 90-110 cm olacak şekilde derinlik kademelerine ayrılmış ve plastik torbalara koyularak ölçümler için laboratuvara taşınmıştır. Oda sıcaklığında kurutulan hava kurusu toprak örnekleri havanda öğütülmüştür. 0,5 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinde organik karbon ve organik madde miktarları, 2 mm'lik elekten geçirilen toprak örneklerinde ise tekstür, pH ve EC değerleri belirlenmiştir. Derinlik kademelerine göre ölçülen toprak özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Dikim sahasında kazılan toprak çukuruna ilişkin toprak özellikleri

Derinlik Kademeleri	Organik Karbon (%)	Organik Madde (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Toprak Türü	pH (H ₂ O)	EC (μS/cm)
0-10 cm	3,46	5,96	63,56	10,33	26,11	Kumlu Balçık	4,14	45,70
10-30 cm	2,52	4,34	59,32	12,32	28,37	Kumlu Balçık	4,25	27,29
30-50 cm	0,89	1,54	49,75	24,47	25,78	Kumlu Killi Balçık	4,17	21,82
50-70 cm	1,94	3,34	49,49	26,46	24,06	Kumlu Killi Balçık	4,30	24,08
70-90 cm	0,81	1,39	49,53	28,68	21,79	Kumlu Killi Balçık	4,23	16,78
90-110 cm	1,60	2,77	47,93	26,40	25,67	Kumlu Killi Balçık	4,27	19,60

Tablo 5'te verilen dikim sahasının toprak özellikleri incelendiğinde, organik karbon ve organik madde miktarlarının üst toprak olarak nitelendirilebilecek 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprak tekstür içeriğindeki kum miktarının derinlik arttıkça azaldığı, kil miktarının ise arttığı ve toprak türünün 0-30 cm arasında kumlu balçık olduğu, diğer derinlik kademelerinin tümünde ise kumlu killi balçık olduğu belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu tüm derinlik kademelerinde asidik özellik gösterirken, elektriksel iletkenlik değeri de derinlik artışına bağlı olarak azalmıştır.

2.5. Deneme Deseni ve Ekim İşlemleri

Doğu kayını türünde büyüme potansiyeli ve arazi performansı yüksek fidanlar yetiştirmek için farklı ekim sıklıkları (ekim çizgileri arası 20 cm ve 30 cm aralıklarla ekim), azot bağlama yeteneği olan fiğ (*Vicia sativa* L.) ile 10 cm ve 20 cm aralıklarla kombine ekimler ve organik gübre uygulamaları (nanoteknolojik gübre, vermikompost, yarasa gübresi ve etkin mikroorganizma) yapılmıştır. Burada nanoteknolojik yöntemle üretilen ve NPK'lı 4-4-6 sıvı organomineral olan gübre %20 organik madde, %4 toplam azot, %0,7 organik azot, %1 amonyum azotu (NH₄-N), %2,3 üre azotu (NH₂-N), %4 toplam fosfor

pentaoksit (P_2O_5), %4 suda çözünür fosfor pentaoksit (P_2O_5), %6 suda çözünür potasyum oksit (K_2O) içermekte ve 4,8-6,8 pH aralığında bulunmaktadır. Vermikompost içerisinde %7 toplam organik madde, %1 toplam azot ve %6 toplam hümkik fülvik asit olup pH aralığı 8,5-10,5 civarındadır. Yarasa gübresinin pH değeri 4,5-6,5 arasında yer almakta ve gübre içeriği olarak %15 organik madde, %1,5 toplam azot, %2 toplam fosfor pentaoksit (P_2O_5), %1 suda çözünür potasyum oksit (K_2O) ve %2 toplam hümkik fülvik asit sunulmaktadır. *Lactobacillus casei*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Lactococcus lactis* içeren etkin mikroorganizmanın pH değeri 3-4,5 arasında bulunmaktadır. Buradan hareketle, çalışmada uygulanan işlemler aşağıda açıklanmıştır.

İ0 (Kontrol): 750 adet doğu kayını tohumu, ekim çizgileri arasında 10 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir.

İ1 (Kn 20 cm): 750 adet doğu kayını tohumu, ekim çizgileri arasında 20 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir.

İ2 (Kn 30 cm): 750 adet doğu kayını tohumu, ekim çizgileri arasında 30 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir.

İ3 (Kn+Fiğ 10 cm): 750 adet doğu kayını tohumu ile 750 adet fiğ tohumu, ekim çizgileri arasında 10 cm aralık bırakılarak kombine bir şekilde hem doğu kayını hem de fiğ için hazırlanan beşer ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir. Burada doğu kayını ve fiğ birbirini takip eden ekim çizgilerinde ekilmiştir. Ayrıca, tek yıllık bir bitki olan fiğ çalışma süreci olan üç yıl boyunca her yıl uygun ekim zamanı olan kasım ayında tekrar ekilmiştir.

İ4 (Kn+Fiğ 20 cm): 750 adet doğu kayını tohumu ile 750 adet fiğ tohumu, ekim çizgileri arasında 20 cm aralık bırakılarak kombine bir şekilde hem doğu kayını hem de fiğ için hazırlanan beşer ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir. Burada doğu kayını ve fiğ birbirini takip eden ekim çizgilerinde ekilmiştir. Ayrıca, tek yıllık bir bitki olan fiğ çalışma süreci olan üç yıl boyunca her yıl uygun ekim zamanı olan kasım ayında tekrar ekilmiştir.

İ5 (Nanoteknolojik Gübre): Ekim öncesinde tohumlar karanlık bir ortamda ve 22°C'de 5 mL⁻¹ (1 L su içerisinde 5 ml gübre) konsantrasyonunda hazırlanan sıvı gübre çözeltisi içinde 18 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübe edilen 750 adet doğu kayını tohumu, ekim

izgileri arasında 10 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir. Elde edilen fidanlar her yıl büyüme dönemi içinde mart ayından eylül ayına kadar olmak üzere her ayın ortasında 5 mL⁻¹ konsantrasyonunda hazırlanan nanoteknolojik gübre çözeltisi ile gübrenlenmiştir.

İ6 (Vermikompost): Ekim öncesinde tohumlar karanlık bir ortamda ve 22°C'de 10 mL⁻¹ (1 L su içerisinde 10 ml gübre) konsantrasyonunda hazırlanan sıvı vermikompost çözeltisi içinde 18 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübe edilen 750 adet doğu kayını tohumu, ekim çizgileri arasında 10 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir. Elde edilen fidanlar her yıl büyüme dönemi içinde mart ayından eylül ayına kadar olmak üzere her ayın ortasında 10 mL⁻¹ konsantrasyonunda hazırlanan vermikompost çözeltisi ile gübrenlenmiştir.

İ7 (Yarasa Gübresi): Ekim öncesinde tohumlar karanlık bir ortamda ve 22°C'de 10 mL⁻¹ (1 L su içerisinde 10 ml gübre) konsantrasyonunda hazırlanan sıvı yarasa gübresi çözeltisi içinde 18 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübe edilen 750 adet doğu kayını tohumu, ekim çizgileri arasında 10 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir. Elde edilen fidanlar her yıl büyüme dönemi içinde mart ayından eylül ayına kadar olmak üzere her ayın ortasında 10 mL⁻¹ konsantrasyonunda hazırlanan yarasa gübresi çözeltisi ile gübrenlenmiştir.

İ8 (Etkin Mikroorganizma): Ekim öncesinde tohumlar karanlık bir ortamda ve 22°C'de 10 mL⁻¹ (1 L su içerisinde 10 ml gübre) konsantrasyonunda hazırlanan sıvı EM özeltisi içinde 18 saat boyunca inkübe edilmiştir. İnkübe edilen 750 adet doğu kayını tohumu, ekim çizgileri arasında 10 cm aralık bırakılarak beş ekim çizgisinin her birine 50 tohum olacak şekilde üç tekrarlı olarak ekilmiştir. Elde edilen fidanlar her yıl büyüme dönemi içinde mart ayından eylül ayına kadar olmak üzere her ayın ortasında 10 mL⁻¹ konsantrasyonunda hazırlanan EM özeltisi ile gübrenlenmiştir.

İ5, İ6, İ7 ve İ8 işlemlerinde gübre uygulamaları için konsantrasyonlar belirlenirken literatürde yapılan çalışmalarda en iyi sonucu veren konsantrasyonlar, gübreleme tekniklerine ilişkin yapılmış sınıflandırmalar ve her bir gübre için belirtilen uygulama talimatları esas alınmıştır (Güçdemir, 2006; Atık, 2013a,b; Hassani vd., 2015; Ghiyasi vd., 2016; Kacar & Katkat, 2018). Yalnızca İ5 işleminde yer alan nanoteknolojik sıvı organomineral bir gübre olan nanoteknolojik gübre, çalışma başlangıcı olan 2019 yılında üretime yeni başladığından literatürde yapılmış çalışmalara rastlanmamış, ürün içerisindeki

Çalışmada azot bağlayıcı tür olarak kullanılan fiğın tek yıllık bir bitki olmasından dolayı, her büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarında kalan artıkları temizlenmiştir. Ayrıca, 2021 ve 2022 yılı büyüme dönemleri öncesinde de deneme deseninde belirtildiği gibi fiğ tohumları tekrar ekilerek işlem devamlılığı sağlanmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirildiği KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasına ait açık alan fidanlık koşullarında, 2020 yılı için büyüme dönemi mart ayında başlamıştır. Buradan hareketle, deneme deseninde belirtilen işlemler doğrultusunda gübreler temin edilip gübreleme uygulamaları 2020, 2021 ve 2022 yıllarında mart ayından itibaren başlayarak büyüme dönemi sonu olan eylül ayına kadar gerçekleştirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Gübre uygulamaları

2.6. Bir Yaşındaki Doğu Kayını Fidanlarının Dikim Sahasına Aktarılması

2019 yılı aralık ayında ekildikten sonra bir büyüme dönemi boyunca büyüyen bir yaşındaki 270 adet doğu kayını fidanı ($9 \text{ işlem} \times 10 \text{ fidan} \times 3 \text{ tekrar}$) 2021 yılı mart ayında Trabzon ili Arsin ilçesi Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasına aktarılmıştır. Homojen arazi yüzü şekline sahip olan alanda dikimler, adi çukur yöntemi ve $1 \times 1 \text{ m}$ aralık-mesafe kullanılarak her sırada 30 adet fidan olacak şekilde dokuz sırada yapılmıştır. Öte yandan, fidan dikimleri tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, aynı fidanın sonraki yıllardaki ölçümlerini yapabilmek amacıyla fidanlar tek tek etiketlenmiştir. Dikimlere ilişkin görseller Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanlar

2.7. Bakım ve Koruma İşlemleri

Ekim yastıklarında çimlenmelerin başlangıcından itibaren düzenli aralıklarla sulama ve bakım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çimlenen tohumlardan meydana gelen fideleri güneşin yakıcı ve kurutucu etkilerinden korumak için de gölgelendirme yapılmıştır. Bakım işlemleri kapsamında, özellikle yabancı otlarla sürekli olarak mücadele edilmiş olup, hayvan zararlarından korumak amacıyla da çalışma alanı tel çit ile çevrilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Ekim yastıklarındaki çimlenmeler ile sulama, bakım ve koruma işlemleri

Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasında da doğu kayını fidanlarının bakımı ve korunması için özellikle diri örtü ile mücadele edilmiştir. Alanda, kültür bakımı tedbirlerinden biri olan boğma tehlikesinin önlenmesi kapsamında fidanlar üzerinde baskı oluşturan diri örtü elemanları (özellikle böğürtlen ve eğrelti), çalışma süresince her yıl düzenli olarak yapılan uygulamalarla alandan çıkarılmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Dikim sahasında diri örtü ile mücadele

2.8. Yapılan Ölçümler

KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarındaki ekim yastıklarında yetişen fidanların morfolojik ve bazı biyokimyasal özellikleri ile ekim yastıklarındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri 2020, 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemi sonlarında tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, fidanların yapraklarında ve ekim yastıklarındaki topraklarda bulunan toplam azot ve toplam karbon miktarları da belirlenmiştir. Öte yandan, birinci büyüme dönemi sonunda dikim sahasına aktarılan fidanların ise tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemlerinin sonundaki yaşama yüzdeleri ve bazı morfolojik özellikleri tespit edilmiştir.

2.8.1. Morfolojik Özelliklere İlişkin Ölçümler

Fidanlıkta yetiştirilen doğu kayını fidanları üzerinde fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, taze ve kuru gövde ağırlıkları, taze ve kuru kök ağırlıkları, fidan taze ağırlığı, fidan kuru ağırlığı, kök boyu, kök sayısı, kuru kök yüzdesi, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indisi belirlenmiştir. Dikim sahasına aktarılan doğu kayını fidanlarında ise tutma başarısı, yaşama yüzdesi, fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, terminal sürgün boyu ve gürbüzlük indisi değerleri tespit edilmiştir. Ölçülen morfolojik parametrelere ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Fidan Boyu (FB): Kök boğazı ile terminal sürgün ucu arasındaki kısım olup, ± 1 mm ölçüm hassasiyeti olacak şekilde cetvel yardımı ile ölçülmüştür.

Kök Boğazı Çapı (KBÇ): Fidanların kök boğazı seviyesinden dijital kumpas yardımıyla $\pm 0,01$ mm ölçüm hassasiyeti ile tespit edilmiştir.

Yan Dal Sayısı (YDS): Fidanlarda meydana gelen yan dalların adet olarak sayılmasıyla elde edilmiştir.

Terminal Sürgün Boyu (TSB): Fidanların terminal sürgünlerinin boyu cetvel ile ± 1 mm hassasiyetle tespit edilmiştir.

Kök Boyu (KB): En uzun ana kök boyu cetvel yardımıyla ± 1 mm olacak şekilde ölçülmüştür.

Kök Sayısı (KS): Fidanlar üzerinde ana kök sayıları adet olarak belirlenmiştir.

Gövde ve Kök Taze Ağırlıkları (GTA-KTA): Kök boğazından gövde ve kök olarak ayrılan fidanlar, hassas terazi ile $\pm 0,001$ g hassasiyetle tartılmıştır.

Gövde ve Kök Kuru Ağırlıkları (GKA-KKA): Taze gövde ve kök ağırlıkları belirlenen fidanlar, işlemler ve fidanlar bazında numaralandırılan kese kâğıtlarında 24 saat süreyle $102 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de etüvde kurutulmuştur. Hassas terazi ile $\pm 0,001$ g hassasiyetle kurutulan gövde ve köklerde tartım işlemleri gerçekleştirilerek kuru gövde ve kök ağırlıkları belirlenmiştir.

Fidan Taze ve Kuru Ağırlıkları (FTA-FKA): Taze gövde ve kök ağırlıklarının toplanması ile fidan taze ağırlığı, kuru gövde ve kök ağırlıklarının toplanması ile de fidan kuru ağırlığı değerleri tespit edilmiştir.

Tutma Başarısı (TB): Üst toprak neminin azaldığı kurak dönem başlangıcı olan mayıs ayı sonunda hayatiyetini sürdüren fidan sayısı belirlenerek, toplam fidan sayısına oranla yüzde olarak hesaplanmıştır (Eler vd., 1993).

Yaşama Yüzdesi (YY): Her büyüme dönemi sonunda hayatiyetini sürdüren fidan sayısı, toplam fidan sayısına bölündükten sonra yüzde olarak hesaplanmıştır (Eler vd., 1993). İkinci büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi “YY₂” olarak, üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi “YY₃” olarak ifade edilmiştir.

Kuru Kök Yüzdesi (KKY): Kuru kök ağırlığının fidan kuru ağırlığına bölündükten sonra 100 ile çarpılması ile elde edilmiştir (Ayan, 1999).

$$\text{KKY}(\%) = \frac{\text{KKA (g)}}{\text{FKA (g)}} \times 100 \quad (7)$$

Gürebüzlük İndisi (Gİ): Santimetre cinsinden ölçülen fidan boyu değerinin milimetreye çevrildikten sonra milimetre cinsinden olan kök boğazı çapı değerine bölünmesi ile belirlenmiştir (Aphalo & Rikala, 2003). Bu indis açısından ortaya çıkan değer 50'den

küçük olmasının kaliteli fidanı, $50 < Gİ < 60$ olmasının orta kaliteli fidanı ve 60'tan büyük olmasının da düşük kaliteli fidanı nitelediği bildirilmiştir (Yahyaoglu & Genç, 2020).

$$Gİ = \frac{FB \text{ (mm)}}{KBÇ \text{ (mm)}} \quad (8)$$

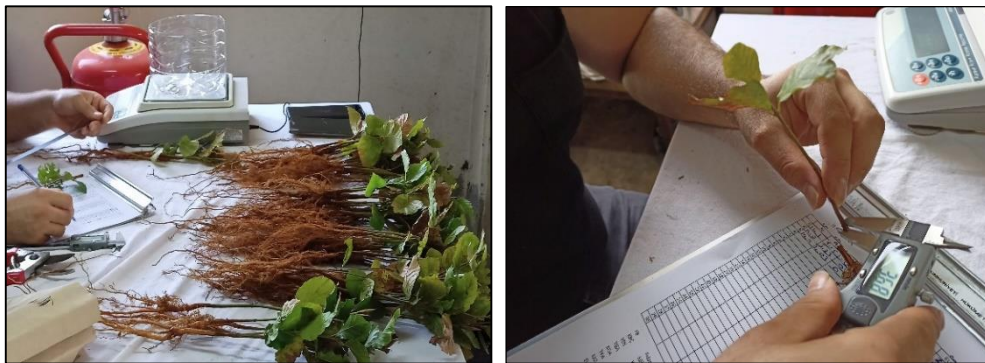
Katlılık İndisi (Kİ): Kuru gövde ağırlığının kuru kök ağırlığına bölünmesi ile elde edilmiştir (Ayan, 2002).

$$Kİ = \frac{KGA \text{ (g)}}{KKA \text{ (g)}} \quad (9)$$

Dickson Kalite İndisi (DKİ): Fidan kuru ağırlığının gürbüzlük indisi ve katlılık indisi değerlerinin toplamına bölünmesi ile tespit edilmiştir (Dickson, 1960). Bu indis açısından sonucun 1'e yaklaşması ile fidan kalitesinin arttığı ifade edilmiştir (Aslan, 1986).

$$DKİ = \frac{FKA \text{ (g)}}{(Gİ + Kİ)} \quad (10)$$

Fidan kalitelerinin değerlendirilmesinde bu indisler sıklıkla kullanılmaktadır (Güner vd., 2008; Deligöz, 2012; Atar & Turna, 2018; Güney vd., 2020; Atar, 2021; Bayraktar & Güney, 2022; Atar vd., 2023). Fidanlıkta yetiştirilen doğu kayını fidanları üzerinde yapılan morfolojik ölçümlere ilişkin görseller Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 13. Fidanlıktan sökülen bir yaşındaki fidanlara ilişkin morfolojik ölçümler

Dikim sahasına aktarılan fidanlar üzerinde yapılan morfolojik ölçümlere ilişkin görseller ise Şekil 14'te verilmiştir.

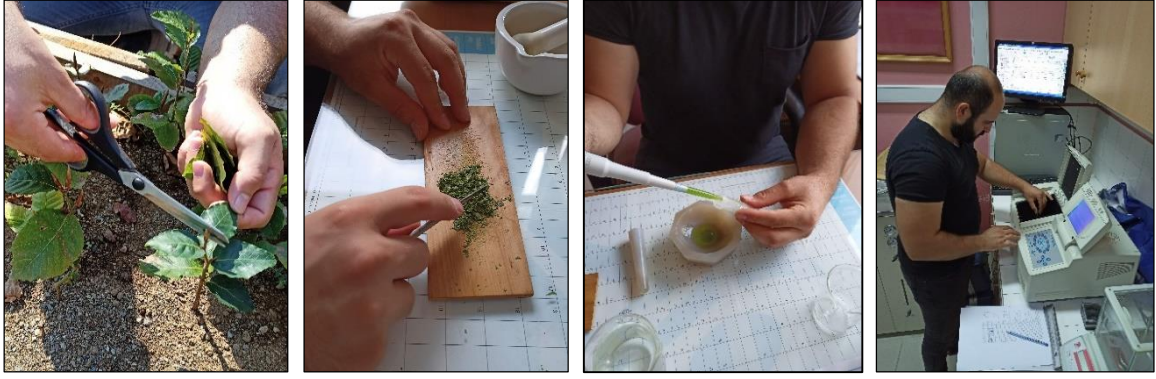


Şekil 14. Dikim sahasındaki fidanlara ilişkin morfolojik ölçümler

2.8.2. Biyokimyasal Özelliklere İlişkin Ölçümler

Ekim sıklığı, azot bağlayıcı fiğ ile kombine ekim ve organik gübre uygulamalarının fidanlıkta yetiştirilen doğu kayını fidanlarının bazı biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini ortaya koymak için fotosentetik pigment tayini ve toplam çözünebilir karbonhidrat tayini yapılmıştır.

Fotosentetik pigment tayini Arnon (1949) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fotosentetik pigmentlerin (klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid) analizi için eylül ayı ortasında işlemlerdeki fidanların tamamını örnekleyecek nitelikte taze yaprak örnekleri toplanmıştır. Kilitli poşetlerle laboratuvar ortamına getirilen taze yapraklar önce steril bir makasla kesilerek ilgili işleme ait tüm yapraklar homojen olacak şekilde karıştırılmış, daha sonra da steril bisturi yardımıyla kolayca öğütebilmek adına küçük parçalara ayrılmıştır. Her işlemde üç tekrarlı olmak üzere hassas terazide 0,1 g olacak şekilde tartılan yapraklar havanda %80'lik aseton çözeltisi kullanılarak ezilerek ekstraktı çıkarılmıştır. 10 ml'lik plastik tüplere aktarılan örnekler vorteks karıştırıcı yardımıyla 10 saniye kadar karıştırılmıştır. Ardından 3 ml'lik kuvars küvetlere aktarılan örneklerin, spektrofotometrede 450, 645 ve 663 nm dalga boylarındaki absorbans değerleri belirlenmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Fotosentetik pigment tayininin yapım aşamaları

Spektrofotometrede okunan absorbans değerleri aşağıdaki formüllerde yerine koyularak klorofil a (Kla), klorofil b (Klb), toplam klorofil (TKlr) ve toplam karotenoid (TKrt) miktarları hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil a (mgL}^{-1}\text{)} = 12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645} \quad (11)$$

$$\text{Klorofil b (mgL}^{-1}\text{)} = 22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663} \quad (12)$$

$$\text{Toplam Klorofil (mgL}^{-1}\text{)} = 20,2 \times A_{645} + 8,02 \times A_{663} \quad (13)$$

$$\text{Toplam Karotenoid (mgL}^{-1}\text{)} = 4,07 \times A_{450} - (0,0435 \times \text{Kla} + 0,3367 \times \text{Klb}) \quad (14)$$

Toplam çözünabilir karbonhidrat (TKrb) tayini için DuBois vd. (1956) tarafından bildirilen fenol-sülfürik asit yöntemi kullanılmıştır. Eylül ayında toplanan taze yapraklar işlemlere göre isimlendirilen kese kâğıtlarına koyularak $65 \pm 2^\circ\text{C}$ olan etüvde 48 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örnekleri öğütme makinesi yardımıyla toz haline getirilmiştir. 0,1 g olarak tartılan kuru yaprak örnekleri, %80'lik etanol ile 24 saat homojenize edildikten sonra 5000 rpm olarak ayarlanan santrifüj cihazında 10 dakika süreyle muamele edilmiştir. Spektrofotometrik tayin için her cam tüp içine 50 µl sıvı numune koyulduktan sonra üzerine %5'lik 1 ml fenol çözeltisi eklenerek vorteks karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Bu karışımın üzerine de 5 ml sülfürik asit eklenip tekrar karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığını örneklerin soğuması beklenmiştir. Ardından 3 ml'lik kuvars küvetlere aktarılan örneklerin, spektrofotometrede 490 nm dalga boyundaki absorbans değerleri belirlenmiştir (Şekil 16). Kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanan toplam çözünabilir karbonhidrat miktarı, mg/g olarak ifade edilmiştir.



Şekil 16. Toplam çözünebilir karbonhidrat miktarının belirlenmesi

2.8.3. Toprak Özelliklerine İlişkin Ölçümler

Ekim sıklığı, azot bağlayıcı fiğ ile kombine ekim ve organik gübre uygulamalarının çalışmanın başlangıcında alınan toprak örneklerinin sonuçlarına kıyasla toprakta meydana getirdiği değişimleri tespit edebilmek amacıyla ekim yastıklarından her büyüme dönemi sonunda toprak örnekleri alınmış ve bu örnekler oda sıcaklığında kurutularak hava kurusu haline getirilmiştir. Toprağın fiziksel özelliklerinden olan tekstür tayini ile kimyasal özelliklerinden olan toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) analizleri için havanda öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilen topraklarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden tekstür tayini hidromete yöntemine göre (Bouyoucos, 1962) belirlenirken, toprak reaksiyonu ve elektriksel iletkenlik ise cam elektrotlu pH ve EC metre ile (İrmak, 1954; Gülçur, 1974) tespit edilmiştir (Şekil 17).



Şekil 17. Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi

2.8.4. Toplam Azot ve Toplam Karbon Miktarlarının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında uygulanan işlemlerin doğu kayını fidanlarının yapraklarında ve bu fidanların yetiştiği topraklarda bulunan toplam azot (N) ve toplam karbon (C) miktarlarında oluşturduğu farklılıkları tespit etmek amacıyla her işlemde eylül ayında yaprak ve toprak örnekleri alınmıştır. Toplanan taze yapraklar işlemlere göre isimlendirilen kese kâğıtlarına koyularak $65\pm 2^{\circ}\text{C}$ olan etüvde 48 saat süreyle kurutulurken, toprak örnekleri de oda sıcaklığında hava kurusu haline getirilmiştir. Kurutulan yaprak örnekleri öğütme makinesi, toprak örnekleri de havan yardımıyla toz haline getirildikten sonra 0,5 mm'lik elekten geçirilerek kilitli poşetlere aktarılmıştır. Ölçümler, Leco Truspec elementel analiz cihazı ile Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Yaprak ve toprak örneklerinin toplam azot ve toplam karbon miktarları yüzde cinsinden tespit edilmiştir.

2.9. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS (27) ve RStudio (4.3.0) istatistik programları kullanılarak tek yönlü varyans analizi, Duncan testi, hiyerarşik kümeleme analizi, ayırma analizi ve korelasyon analizi yapılmıştır (Özdamar, 1999; Özkan, 2003).

Ekim sıklığı, azot bağlayıcı fiğ ile kombine ekim ve organik gübre uygulamalarına bağlı olarak ölçülen karakterler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile tespit edilmiştir. Analiz sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunması durumunda ise Duncan testi uygulanarak işlemler arasında meydana gelen gruplar belirlenmiştir.

Hiyerarşik kümeleme analizi ile ölçülen tüm parametrelere bağlı olarak işlemler gruplandırılmıştır. Kümeleme analizi ile elde edilen gruplamanın istatistiksel olarak anlamlılığı ise ayırma analizi ile test edilmiştir.

Korelasyon analizi ile çalışmada ölçülen karakterler arasındaki ilişkiler ortaya koyulmuş olup bu analiz ile iki değişken arasındaki ilişkinin gücü ve yönü tespit edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Fidanlıkta Yetiştirilen Fidanlara İlişkin Bulgular

KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarında hazırlanan ekim yastıklarında üç yıl süreyle yetiştirilen ve 2020, 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemleri sonunda sırasıyla bir, iki ve üç yaşında olan doğu kayını fidanlarının morfolojik ve bazı biyokimyasal özelliklerine ilişkin bulgular başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Bir Yaşındaki Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Bir yaşındaki fidanların ortalama fidan boyu, kök boğazı çapı, kök boyu ve kök sayısı değerleri ile varyans analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

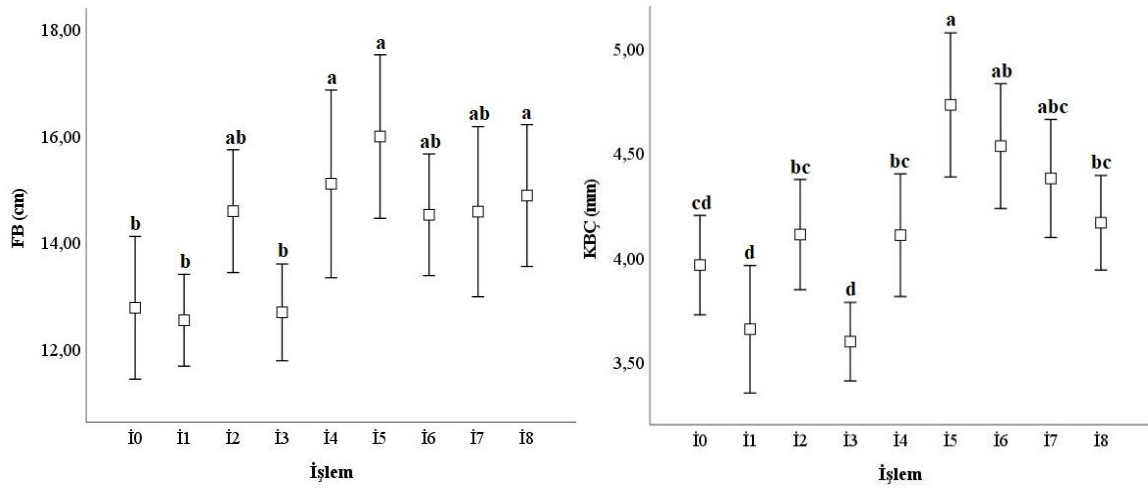
Tablo 6. Bir yaşındaki fidanların FB, KBC, KB ve KS değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	FB (cm)	KBC (mm)	KB (cm)	KS (adet)
İ0	12,76±2,92	3,96±0,52	27,09±4,81	1,84±1,46
İ1	12,52±1,98	3,66±0,70	26,39±11,29	1,24±0,44
İ2	14,57±2,51	4,11±0,57	25,71±7,73	1,53±1,43
İ3	12,67±2,13	3,60±0,44	22,30±5,60	1,36±1,14
İ4	15,09±4,13	4,11±0,69	25,33±4,21	1,27±1,08
İ5	15,98±3,43	4,73±0,77	30,24±8,38	1,30±0,92
İ6	14,51±2,49	4,53±0,65	26,44±8,64	1,32±0,82
İ7	14,56±3,29	4,38±0,58	28,40±10,63	1,41±1,23
İ8	14,87±2,83	4,16±0,48	25,33±6,47	1,61±1,09
Ortalama	14,14±3,10	4,12±0,70	26,28±7,93	1,42±1,09
F	3,550	7,630	1,612	0,619
p	0,000	0,000	0,122	0,761

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Tablo 6 incelendiğinde, fidan boyu (15,98 cm), kök boğazı çapı (4,73 mm) ve kök boyu (30,24 cm) değerleri açısından en yüksek ortalamalar İ5 işleminde elde edilirken, kök sayısı açısından en yüksek ortalama değer ise 1,84 adet ile İ0 işleminde elde edilmiştir. En düşük ortalama fidan boyu ve kök sayısı değerleri sırasıyla 12,52 cm ve 1,24 adet olarak İ1 işleminde tespit edilirken, en düşük ortalama kök boğazı çapı ve kök boyu değerlerinin ise

sırasıyla 3,60 mm ve 22,30 cm olarak İ3 işleminde meydana geldiği belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre fidan boyu ve kök boğazı çapı açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelse de, kök boyu ve kök sayısı açısından ise anlamlı farklılıklar ortaya çıkmamıştır. Varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu FB ve KBC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. Bir yaşındaki fidanların FB ve KBC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

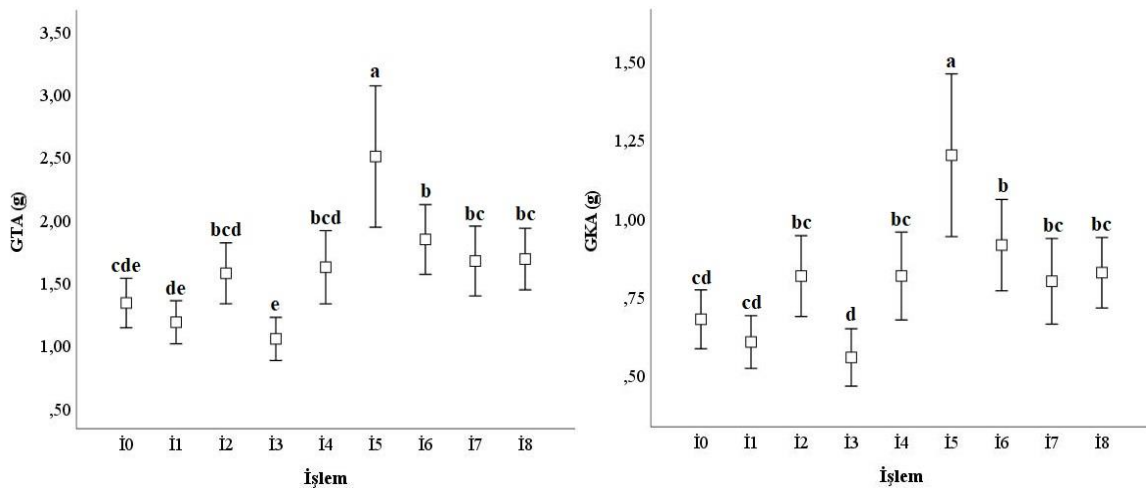
Duncan testi sonuçlarına göre, fidan boyu açısından üç farklı grup meydana gelmiş olup İ4, İ5 ve İ8 işlemleri birinci grubu, İ2, İ6 ve İ7 işlemleri ikinci grubu ve İ0, İ1 ve İ3 işlemleri de üçüncü grubu oluşturmuştur. Kök boğazı çapı açısından ise altı farklı grup ortaya çıkmıştır. Buna göre, İ5 işleminin tek başına ilk grupta yer aldığı belirlenirken, İ1 ve İ3 işlemlerinin de birlikte son grupta yer aldığı tespit edilmiştir. Öte yandan, İ6 işlemi ikinci grubu, İ7 işlemi üçüncü grubu, İ2, İ4 ve İ8 işlemleri birlikte dördüncü grubu ve İ0 işlemi de beşinci grubu oluşturmuştur. Çalışma kapsamında ölçülen diğer morfolojik parametrelerden olan taze ve kuru olmak üzere gövde, kök ve fidan ağırlıklarına ilişkin ortalama değerler ile varyans analizi sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Bir yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	GTA (g)	GKA (g)	KTA (g)	KKA (g)	FTA (g)	FKA (g)
İ0	1,33±0,43	0,68±0,20	2,55±0,94	1,20±0,39	3,89±1,31	1,88±0,56
İ1	1,18±0,39	0,60±0,19	2,26±0,53	1,08±0,25	3,44±0,86	1,68±0,41
İ2	1,57±0,53	0,81±0,28	3,13±1,01	1,51±0,50	4,70±1,45	2,33±0,72
İ3	1,05±0,40	0,55±0,21	1,86±0,69	0,97±0,35	2,91±1,07	1,53±0,55
İ4	1,62±0,68	0,81±0,33	2,87±0,99	1,35±0,46	4,49±1,62	2,17±0,76
İ5	2,50±1,26	1,20±0,58	4,03±1,46	1,80±0,65	6,53±2,56	3,00±1,15
İ6	1,84±0,60	0,91±0,32	3,33±1,18	1,51±0,57	5,17±1,74	2,42±0,87
İ7	1,67±0,57	0,80±0,28	3,30±1,12	1,38±0,47	4,97±1,63	2,18±0,72
İ8	1,68±0,52	0,83±0,24	3,01±0,87	1,29±0,42	4,69±1,32	2,11±0,62
Ortalama	1,59±0,76	0,80±0,36	2,90±1,16	1,34±0,51	4,50±1,84	2,13±0,83
F	8,630	7,436	8,421	6,049	9,265	7,239
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

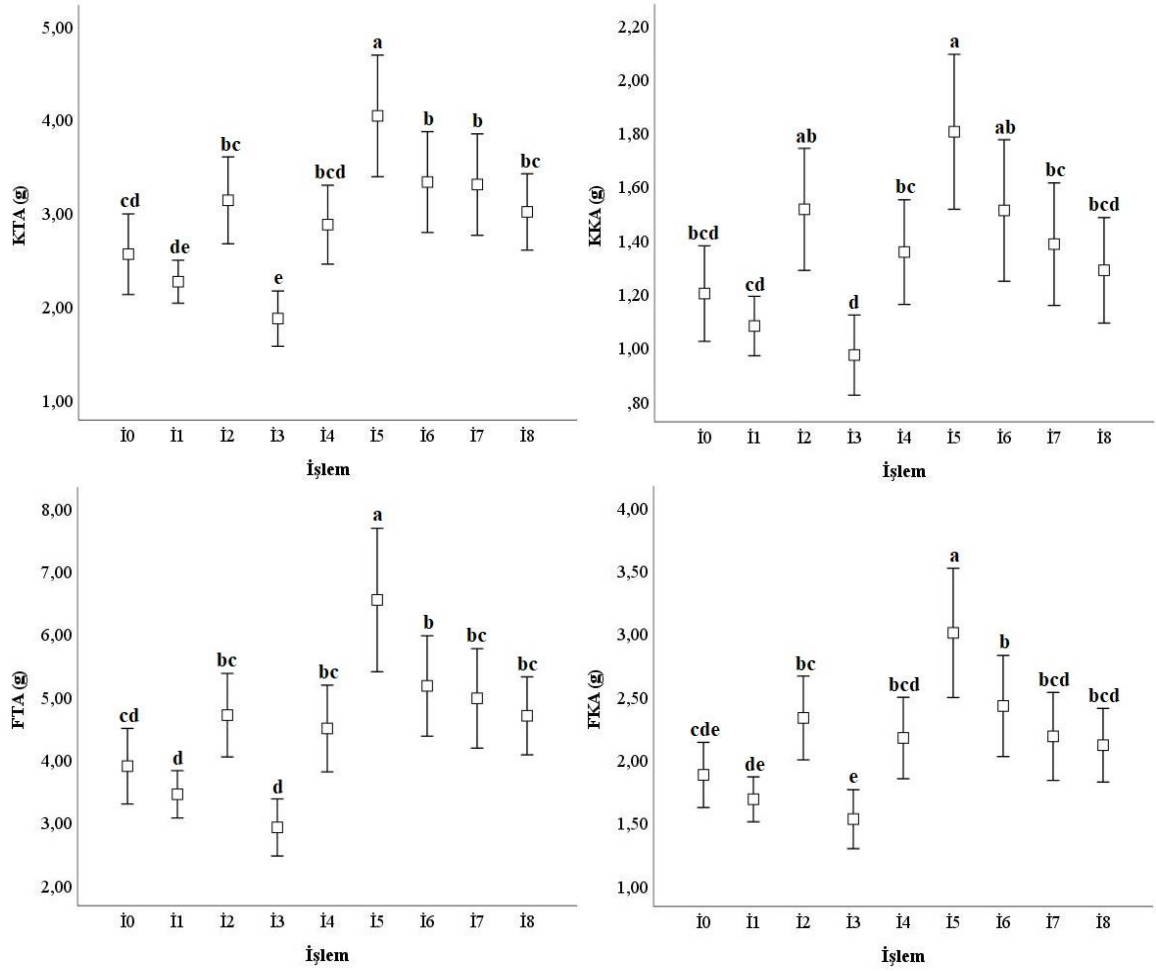
İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Bir yaşındaki fidanların gövde taze, gövde kuru, kök taze, kök kuru, fidan taze ve fidan kuru ağırlıklarına ilişkin tabloya göre, tüm ağırlıklar açısından en yüksek ortalama değerler sırasıyla 2,50 g, 1,20 g, 4,03 g, 1,80 g, 6,53 g ve 3,00 g olarak İ5 işleminde elde edilirken, en düşük ortalama değerler ise sırasıyla 1,05 g, 0,55 g, 1,86 g, 0,97 g, 2,91 g ve 1,53 g olarak İ3 işleminde elde edilmiştir. Ayrıca, yapılan varyans analizi sonuçlarına göre bu morfolojik karakterler açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiş olup, her bir karakter için işlemlerin meydana getirdiği gruplara ilişkin Duncan testi sonuçları da Şekil 19’da gösterilmiştir.



Şekil 19. Bir yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Şekil 19'un devamı



Duncan testi sonuçlarına göre, gövde ve kök taze ağırlıkları ile fidan kuru ağırlığı açısından yedi farklı grup, kök kuru ağırlığı açısından altı farklı grup ve gövde kuru ağırlığı ile fidan taze ağırlığı açısından ise beş farklı grup oluştuğu belirlenmiştir. GTA, GKA, KTA, KKA ve FKA değerleri için ilk grubu İ5 işlemi oluştururken, son grubu İ3 işlemi oluşturmuştur. FTA için ilk grupta tek başına yine İ5 işlemi yer alırken, son grupta ise İ1 ve İ3 işlemleri birlikte yer almıştır. Ölçülen morfolojik karakterlerden türetilen kuru kök yüzdesi, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indisine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Kuru kök yüzdesi açısından en yüksek ortalama değer %64,94 ile İ2 işleminde, en düşük ortalama değer ise %60,53 ile İ5 işleminde olduğu tespit edilmiştir. Gürbüzlük indisi değerleri incelendiğinde, İ4 işleminde ortaya çıkan ve 36,45 olarak belirlenen en yüksek ortalama değere karşılık olarak, en düşük ortalama değer ise İ0 işleminde 32,09 olarak belirlenmiştir. Katlılık indisi ve Dickson kalite indisi açısından en yüksek ortalama değerler

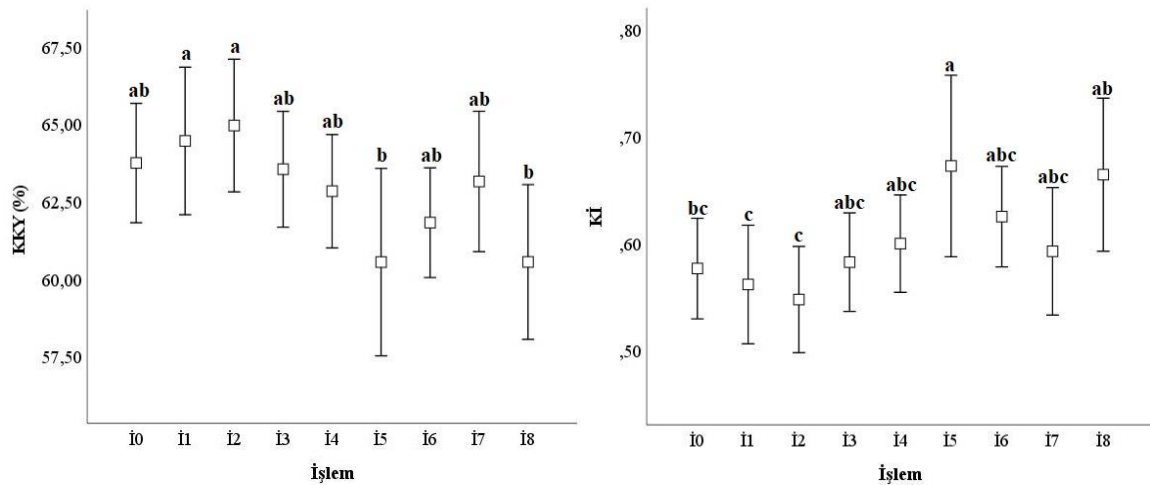
sırasıyla 0,67 ve 0,09 olarak İ5 işleminde elde edilmiştir. 0,55 ile en düşük ortalama katlılık indisi değeri İ2 işleminde, 0,04 ile en düşük ortalama Dickson kalite indisi değeri ise İ3 işleminde ortaya çıkmıştır.

Tablo 8. Bir yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	KKY (%)	Gİ	Kİ	DKİ
İ0	63,73±4,20	32,09±5,34	0,58±0,10	0,06±0,02
İ1	64,44±5,46	35,08±6,89	0,56±0,13	0,05±0,02
İ2	64,94±4,67	35,59±4,58	0,55±0,11	0,06±0,02
İ3	63,53±4,38	35,33±4,53	0,58±0,11	0,04±0,01
İ4	62,82±4,29	36,45±5,43	0,60±0,11	0,06±0,02
İ5	60,53±6,76	33,93±5,46	0,67±0,19	0,09±0,03
İ6	61,80±3,86	32,21±4,56	0,62±0,10	0,07±0,03
İ7	63,13±4,67	33,07±5,05	0,59±0,12	0,06±0,02
İ8	60,54±5,30	35,89±6,33	0,66±0,15	0,06±0,02
Ortalama	62,86 ±5,03	34,47±5,51	0,60±0,13	0,06±0,03
F	2,003	1,767	2,260	7,756
p	0,049	0,087	0,026	0,000

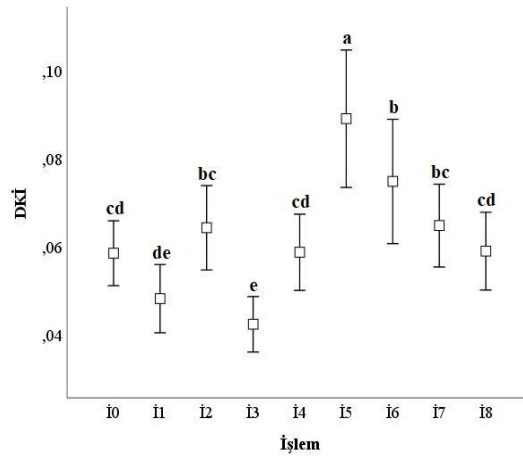
İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Varyans analizi neticesinde gürbüzlük indisi açısından işlemler arasında anlamlı farklılık ortaya çıkmazken, kuru kök yüzdesi ve katlılık indisi açısından işlemler arasında %95 güven düzeyinde ve Dickson kalite indisi açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıkların elde edildiği KKY, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 20’de sunulmuştur.



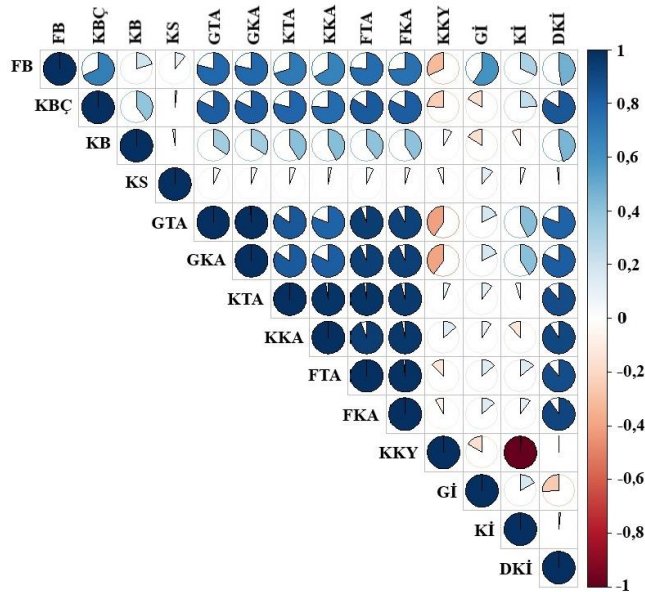
Şekil 20. Bir yaşındaki fidanların KKY, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Şekil 20'nin devamı



Şekil 20 incelendiğinde, kuru kök yüzdesi açısından üç farklı grup oluştuğu tespit edilmiştir. Buna göre, İ1 ile İ2 işlemleri birlikte ilk grubu ve İ5 ile İ8 işlemleri de birlikte üçüncü grubu oluşturmuştur. Katlılık indisi açısından beş farklı grup meydana gelmiş olup, İ5 işlemi birinci grubu teşkil ederken, İ1 ile İ2 işlemleri ise beşinci grubu teşkil etmiştir. Dickson kalite indisine ilişkin Duncan testi sonucuna göre, oluşan altı gruptan ilkinde İ5 işlemi yer alırken, sonuncusunda ise İ3 işlemi yer almıştır.

Bir yaşındaki fidanlara ilişkin ölçülen tüm morfolojik karakterler arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 21'de verilmiştir. Grafikte renk ve boyutu değişen pasta dilimleri ile ölçülen morfolojik karakterlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin yönü ve gücü gösterilmiştir.



Şekil 21. Bir yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizine ilişkin grafik incelendiğinde, morfolojik karakterin birçoğu arasında pozitif yönde güçlü korelasyonların bulunduğu belirlenmiştir. En önemli morfolojik karakterlerden olan fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin birbirleriyle ve fidanlarda ölçülen tüm ağırlıklarla pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar ortaya koyduğu saptanmıştır. Kök boğazı çapının fidan boyuna göre Dickson kalite indisiyle çok daha güçlü bir ilişki içinde olduğu ortaya çıkmıştır. Yine fidan boyunun gürbüzlük indisi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyona sahip olduğu, ancak kök boğazı çapının ise gürbüzlük indisi ile negatif yönde zayıf bir korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Kök boyu ve kök sayısı değerlerinin birbirleri ile kuvvetli bir korelasyon ortaya koymadığı, kök boyu değerlerinin fidan boyu, kök boğazı çapı, ölçülen tüm ağırlıklar ve Dickson kalite indisi ile pozitif yönde orta derecede bir korelasyon ortaya koyduğu, ancak kök sayısı değerlerinin ise ölçülen ve türetilen hiçbir morfolojik karakter ile güçlü bir korelasyona sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ölçülen morfolojik karakterlerden türetilen kuru kök yüzdesi ile katlılık indisi değerlerinin birbiri arasında negatif yönde ve çok güçlü bir korelasyon ortaya koyduğu belirlenmiştir. Yine fidan kalite göstergelerinden olan gürbüzlük indisi ile Dickson kalite indisi arasında ise negatif yönde ve zayıf bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

3.1.2. Bir Yaşındaki Fidanların Bazı Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

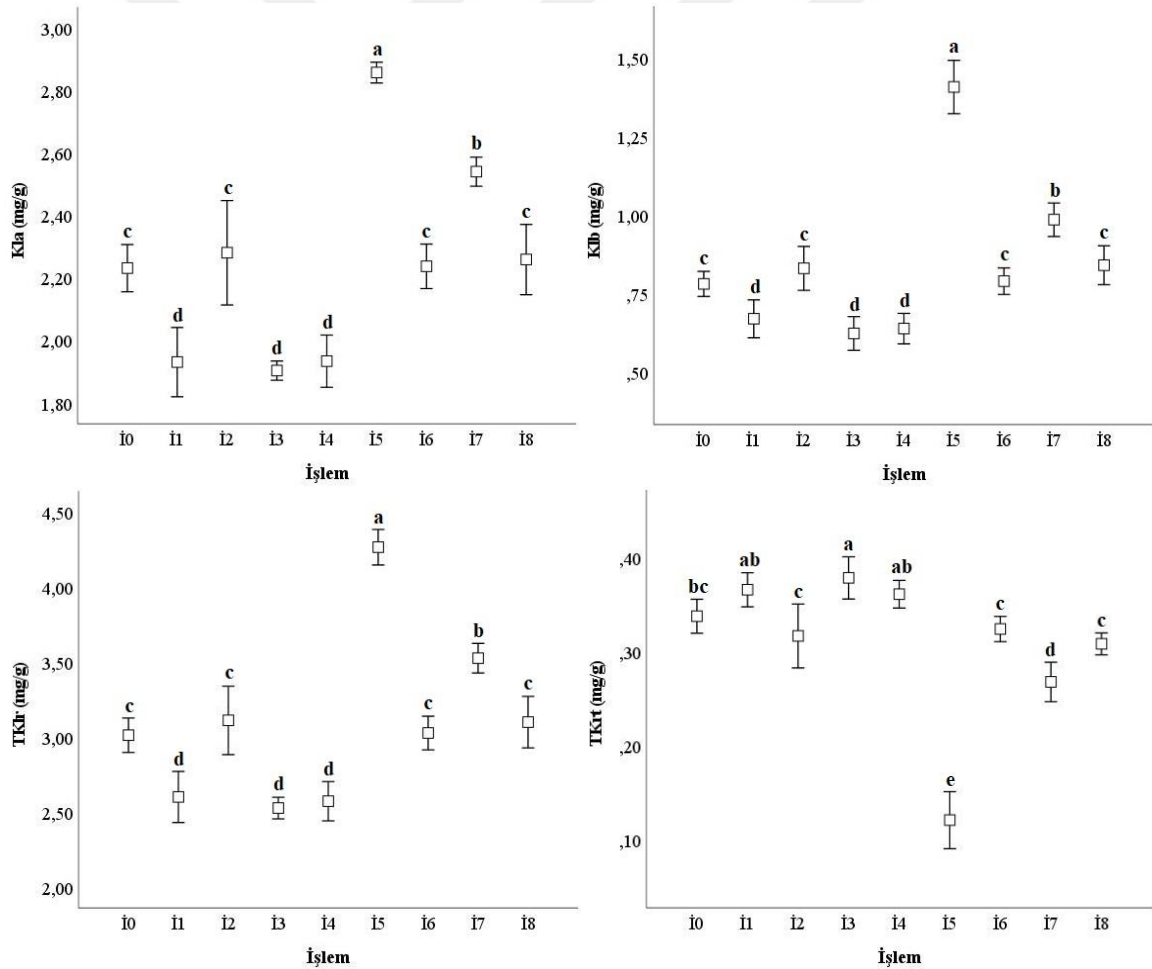
Bir yaşındaki fidanların ortalama klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid değerleri ile varyans analizi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Bir yaşındaki fidanların K_{la}, K_{lb}, TK_{lr} ve TK_{rt} değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	K _{la} (mg/g)	K _{lb} (mg/g)	TK _{lr} (mg/g)	TK _{rt} (mg/g)
İ0	2,23±0,09	0,78±0,05	3,01±0,14	0,34±0,02
İ1	1,93±0,12	0,67±0,07	2,60±0,19	0,37±0,02
İ2	2,28±0,19	0,83±0,08	3,11±0,25	0,32±0,04
İ3	1,90±0,04	0,62±0,07	2,53±0,09	0,38±0,03
İ4	1,93±0,10	0,64±0,06	2,57±0,16	0,36±0,02
İ5	2,86±0,04	1,41±0,10	4,26±0,14	0,12±0,04
İ6	2,24±0,09	0,79±0,05	3,03±0,14	0,32±0,02
İ7	2,54±0,06	0,99±0,07	3,52±0,12	0,27±0,03
İ8	2,26±0,14	0,84±0,08	3,10±0,21	0,31±0,01
Ortalama	2,25±0,31	0,84±0,24	3,09±0,55	0,31±0,08
F	53,212	70,402	65,544	56,129
p	0,000	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

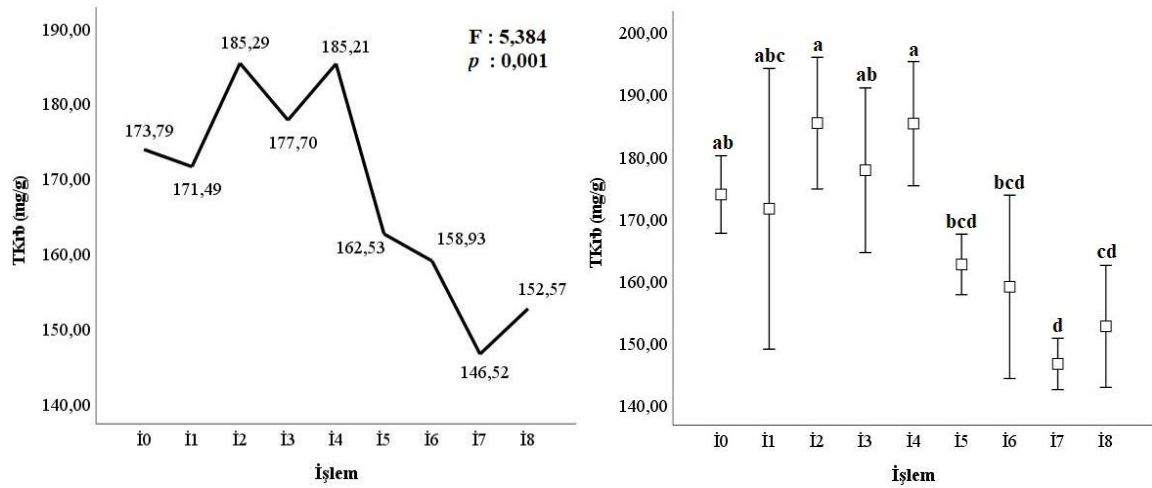
Tablo 9 incelendiğinde, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil için en yüksek ortalama değerler sırasıyla 2,86 mg/g, 1,41 mg/g ve 4,26 mg/g olarak İ5 işleminde, en düşük ortalama değerler ise sırasıyla 1,90 mg/g, 0,62 mg/g ve 2,53 mg/g olarak İ3 işleminde elde edilmiştir. Klorofil miktarlarında en yüksek sonuçların ortaya çıktığı İ5 işlemi en düşük ortalama toplam karotenoid miktarına (0,12 mg/g) sahip olurken, klorofil miktarlarında en düşük sonuçların ortaya çıktığı İ3 işlemi en yüksek ortalama toplam karotenoid miktarına (0,38 mg/g) sahip olmuştur. Fotosentetik pigment içeriklerine ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları açısından işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,01$) meydana gelmiştir. Varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların meydana geldiği K_{la}, K_{lb}, TK_{lr} ve TK_{rt} değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 22’de sunulmuştur.



Şekil 22. Bir yaşındaki fidanların K_{la}, K_{lb}, TK_{lr} ve TK_{rt} değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Fotosentetik pigment içeriklerine ilişkin Duncan testi sonuçları incelendiğinde, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri açısından dört farklı grubun oluştuğu tespit edilmiştir. Buna göre, bu üç karakter açısından da İ5 işlemi ilk grubu, İ7 işlemi ikinci grubu, İ0, İ2, İ6 ve İ8 işlemleri birlikte üçüncü grubu ve İ1, İ3 ve İ4 işlemleri de birlikte dördüncü grubu meydana getirmiştir. Toplam karotenoid açısından altı farklı grup ortaya çıkmış olup, İ3 işlemi ilk grubu ve İ5 işlemi de son grubu oluşturmuştur.

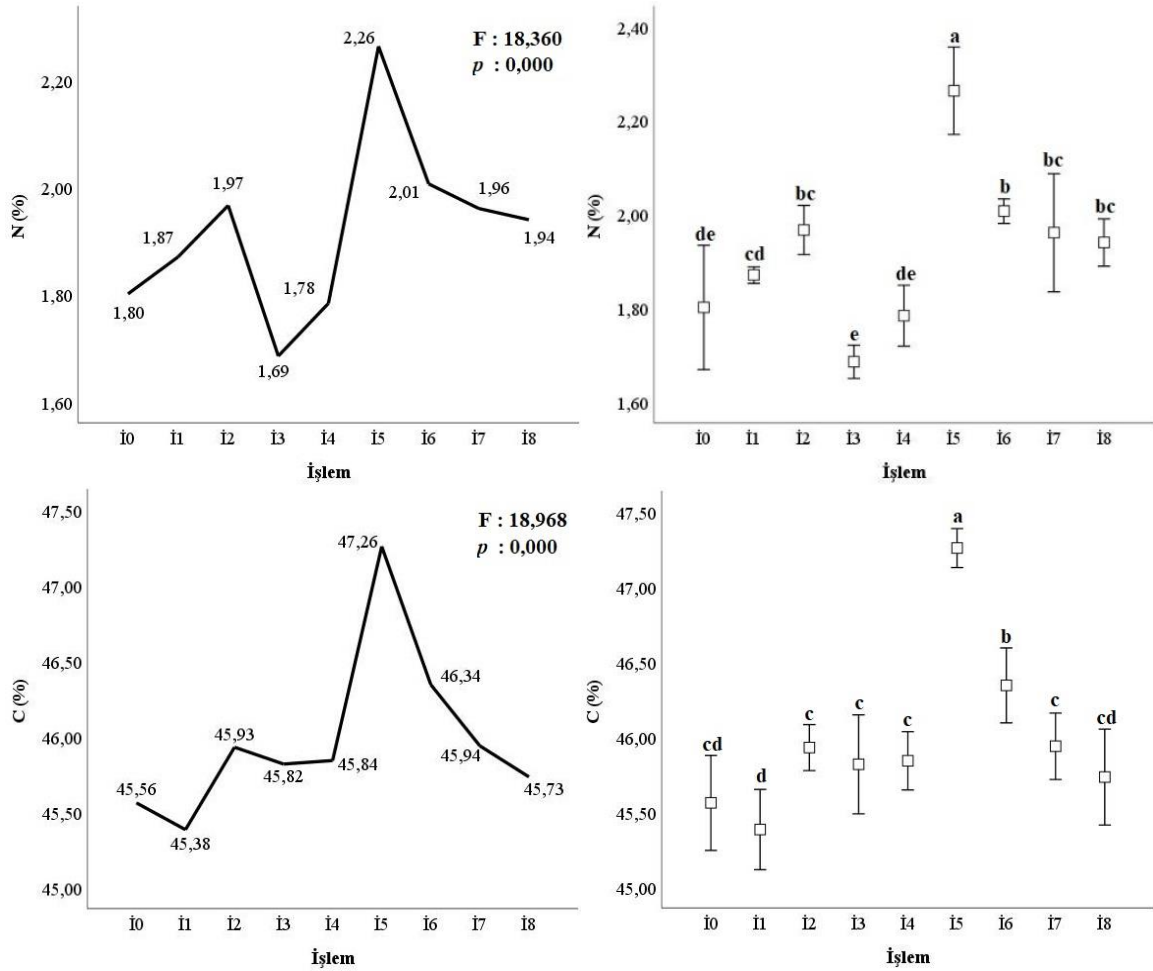
Bir yaşındaki fidanların ortalama toplam çözünebilir karbonhidrat değeri ve varyans analizi sonuçlarına ilişkin grafik ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafik Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 23. Bir yaşındaki fidanların TKrb değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Toplam çözünebilir karbonhidrat değerlerine ilişkin grafik dikkate alındığında, en yüksek ortalama değerin 185,29 mg/g ile İ2 işleminde, en düşük ortalama değerin ise 146,52 mg/g ile İ7 işleminde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre, toplam çözünebilir karbonhidrat değeri açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikten anlaşılabileceği üzere, işlemler açısından altı farklı grup meydana gelmiştir. Buna göre, ilk grup İ2 ve İ4 işlemleri tarafından, ikinci grup İ0 ve İ3 işlemleri tarafından, üçüncü grup İ1 işlemi tarafından, dördüncü grup İ5 ve İ6 işlemleri tarafından, beşinci grup İ8 işlemi tarafından ve altıncı grup ise İ7 işlemi tarafından oluşturulmuştur.

Bir yaşındaki fidanların yapraklarında belirlenen ortalama toplam azot ve karbon değerleri ve varyans analizi sonuçlarına ilişkin grafikler ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 24'te gösterilmiştir.

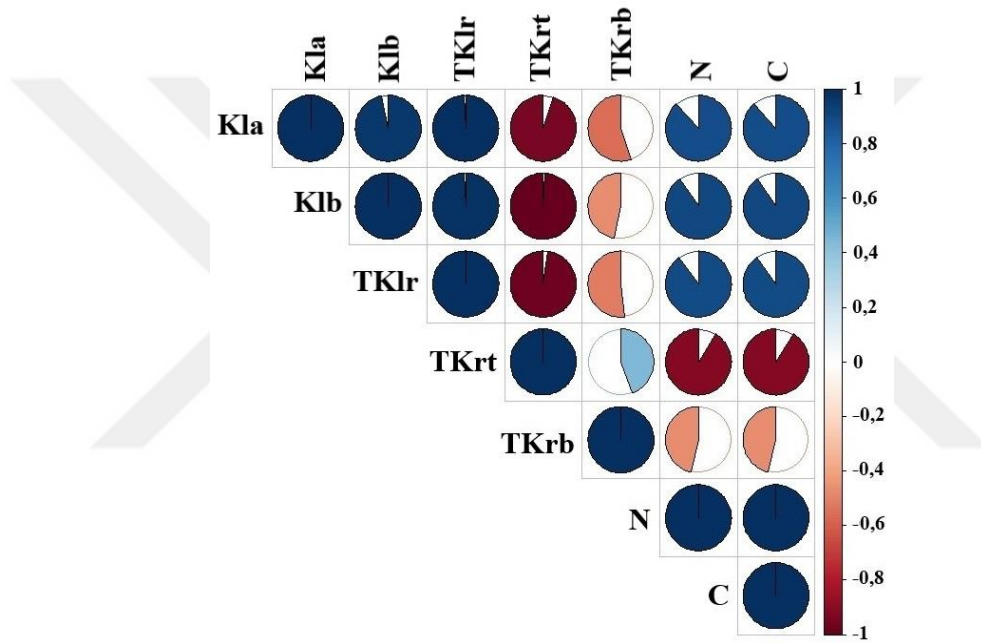


Şekil 24. Bir yaşındaki fidanların toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Hem toplam azot (%2,26) hem de toplam karbon (%47,26) miktarlarına ilişkin en yüksek ortalama değerler İ5 işleminde elde edilmiştir. Toplam azot açısından en düşük ortalama değer %1,69 ile İ3 işleminde olduğu tespit edilirken, toplam karbon açısından en düşük ortalama değer ise %45,38 ile İ1 işleminde olduğu belirlenmiştir. Toplam azot ve karbon miktarlarına ilişkin yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, her iki değer için de %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Toplam azot miktarına ilişkin Duncan testi sonuçları incelendiğinde, altı farklı grubun ortaya çıktığı saptanmıştır. Buna göre, İ5 işlemi birinci grubu, İ6 işlemi ikinci grubu, İ2, İ7 ve İ8 işlemleri

birlikte üçüncü grubu, İ1 işlemi dördüncü grubu, İ0 ve İ4 işlemleri birlikte beşinci grubu ve İ3 işlemi de altıncı grubu oluşturmuştur. Toplam karbon miktarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre, İ5 işleminin birinci grubu, İ6 işleminin ikinci grubu, İ2, İ3, İ4 ve İ7 işlemlerinin üçüncü grubu, İ0 ve İ8 işlemlerinin dördüncü grubu ve İ1 işleminin de sonuncu grubu oluşturduğu beş farklı grup ortaya çıkmıştır.

Bir yaşındaki fidanlara ilişkin ölçülen tüm biyokimyasal karakterler arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan ve pasta dilimi şeklindeki grafik ile sunulan korelasyon analizi sonuçları Şekil 25’te sunulmuştur.



Şekil 25. Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizi grafiğine göre, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon değerlerinin her biri arasında pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon değerleri ile toplam karotenoid değeri arasında negatif yönde ve güçlü korelasyonlar bulunurken, tüm bu değerlerin toplam çözünebilir karbonhidrat değeri ile arasında ise yine negatif yönde ancak daha düşük güçte korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir.

3.1.3. İki Yaşındaki Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

İki yaşındaki fidanların ortalama fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, kök boyu ve kök sayısı değerleri ile varyans analizi sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

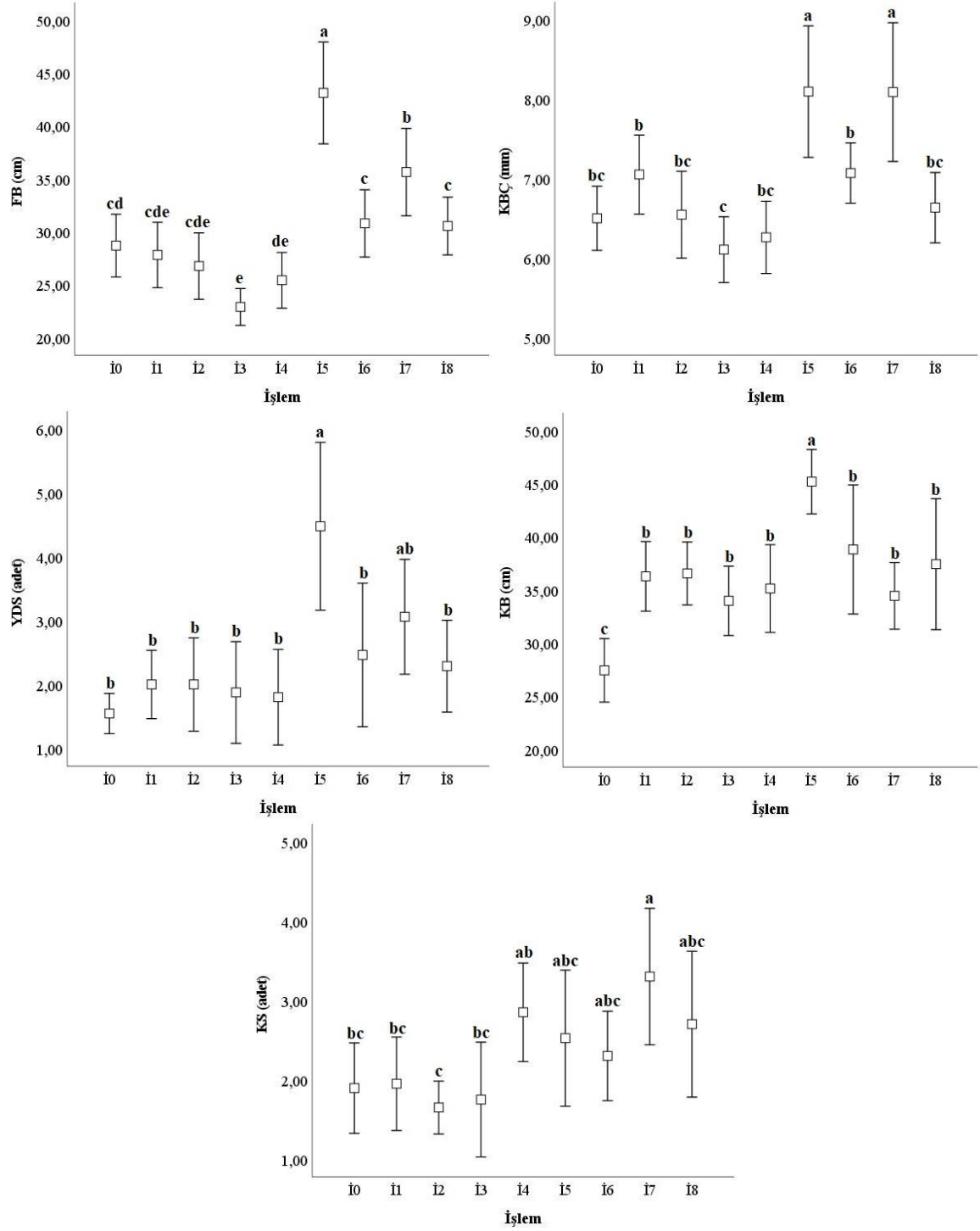
Tablo 10. İki yaşındaki fidanların FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	FB (cm)	KBC (mm)	YDS (adet)	KB (cm)	KS (adet)
İ0	28,69±6,46	6,50±0,88	1,55±0,52	27,43±6,51	1,90±1,25
İ1	27,81±6,91	7,05±1,11	2,00±0,76	36,28±7,33	1,95±1,32
İ2	26,76±7,02	6,54±1,22	2,00±1,15	36,55±6,62	1,65±0,75
İ3	22,90±3,90	6,10±0,93	1,88±1,13	33,98±7,31	1,75±1,62
İ4	25,42±5,88	6,26±1,02	1,80±0,84	35,14±9,23	2,85±1,39
İ5	43,12±11,03	8,09±1,89	4,48±3,01	45,19±6,95	2,52±1,97
İ6	30,80±7,11	7,07±0,85	2,46±2,03	38,81±13,57	2,30±1,26
İ7	35,64±9,24	8,09±1,95	3,06±1,85	34,44±7,01	3,30±1,92
İ8	30,55±6,10	6,63±0,99	2,29±0,95	37,43±13,78	2,70±2,05
Ortalama	30,27±9,24	6,93±1,43	2,71±2,07	36,24±9,96	2,33±1,61
F	13,903	6,668	3,660	5,262	2,585
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

İki yaşındaki fidanlar için en yüksek ortalama fidan boyu (43,12 cm), kök boğazı çapı (İ7 işlemi ile aynı - 8,09 mm), yan dal sayısı (4,48 adet) ve kök boyu (45,19 cm) değerleri İ5 işleminde elde edilmiştir. Kök sayısı açısından en yüksek ortalama değer 3,30 adet ile İ7 işleminde tespit edilmiştir. En düşük ortalama fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin sırasıyla 22,90 cm ve 6,10 mm ile İ3 işleminde olduğu, en düşük ortalama yan dal sayısı ve kök boyu değerlerinin ise sırasıyla 1,55 adet ve 27,43 cm ile İ0 işleminde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, en düşük ortalama kök sayısı değeri de 1,65 adet olarak İ2 işleminde ortaya çıkmıştır.

Varyans analizi sonuçları dikkate alındığında, işlemler arasında fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve kök boyu değerleri açısından %99 güven düzeyinde, kök sayısı açısından ise %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların ortaya çıktığı FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 26'da gösterilmiştir.



Şekil 26. İki yaşındaki fidanların FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Duncan testine ilişkin grafikler incelendiğinde, fidan boyu açısından işlemler arasında yedi farklı grubun ortaya çıktığı belirlenmiştir. Buna göre, İ5 işlemi ilk grubu meydana getirirken, İ3 işlemi de son grubu meydana getirmiştir. Kök boğazı çapı açısından dört farklı grubun oluştuğu, İ5 ile İ7 işlemlerinin birlikte birinci grubu ve İ3 işleminin ise dördüncü

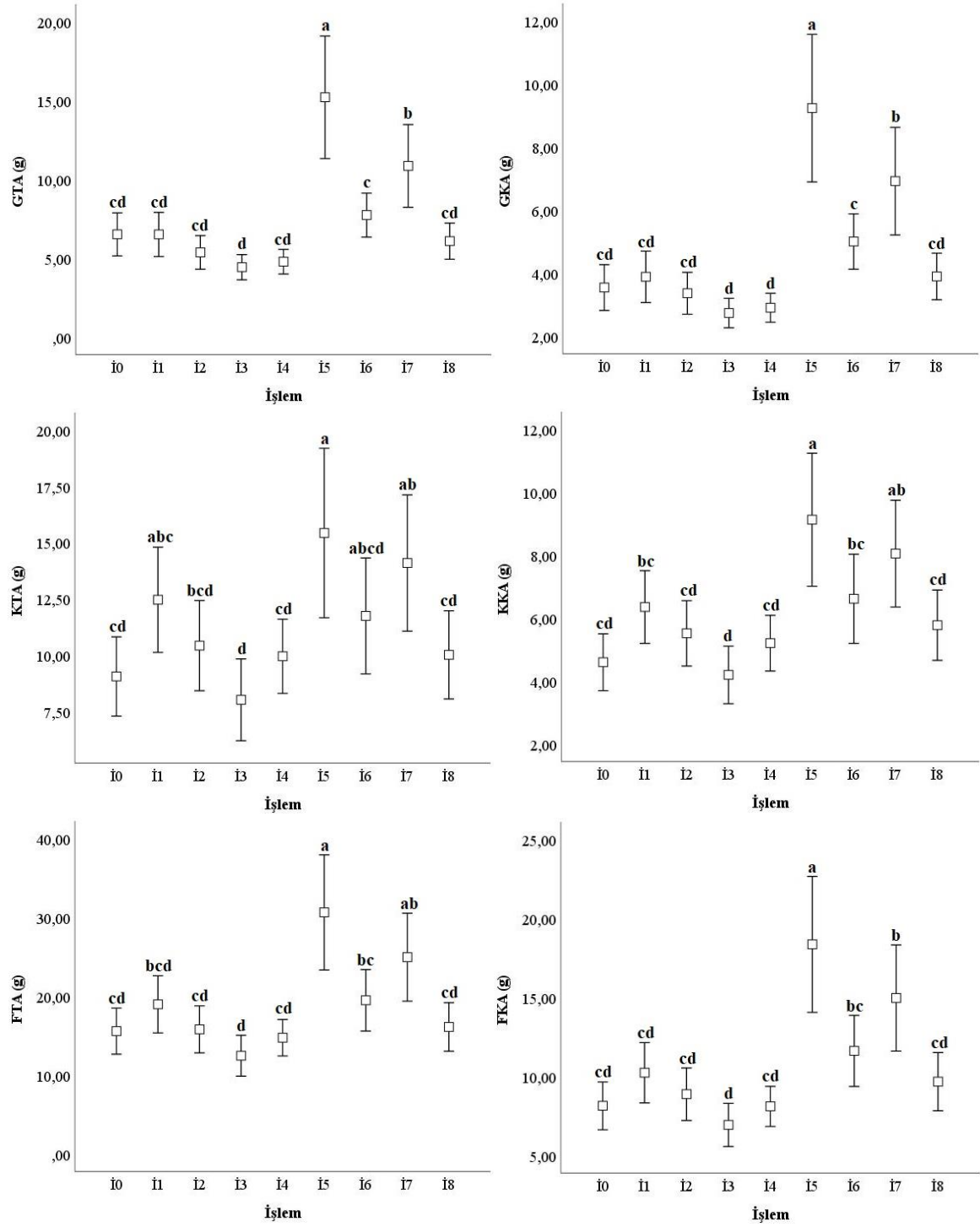
grubu oluşturduğu tespit edilmiştir. Yan dal sayısı ve kök boyu açısından işlemler arasında üç farklı grup ortaya çıkmış olup, her iki morfolojik karakter için de İ5 işlemi birinci grubu oluşturmuştur. Yan dal sayısı açısından ikinci grup İ7 işlemi tarafından teşkil edilmiş olup, geri kalan tüm işlemler birlikte üçüncü ve son grubu teşkil etmiştir. Kök boyuna ilişkin son grubu İ0 işlemi meydana getirirken, diğer işlemler ikinci grubu meydana getirmiştir. Kök sayısına ilişkin grafiğe göre, İ7 işleminin birinci grubu ve İ2 işlemi de beşinci grubu oluşturduğu belirlenmiştir. İki yaşındaki fidanlara ait taze ve kuru olmak üzere gövde, kök ve fidan ağırlıklarına ilişkin ortalama değerler ile varyans analizi sonuçları Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11. İki yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	GTA (g)	GKA (g)	KTA (g)	KKA (g)	FTA (g)	FKA (g)
İ0	6,51±2,97	3,54±1,58	9,07±3,83	4,60±1,97	15,58±6,36	8,14±3,30
İ1	6,51±3,13	3,88±1,82	12,47±5,22	6,35±2,59	18,98±8,11	10,24±4,26
İ2	5,37±2,38	3,36±1,48	10,43±4,47	5,52±2,32	15,80±6,68	8,88±3,72
İ3	4,43±1,79	2,74±1,04	8,03±4,07	4,20±2,05	12,46±5,80	6,93±3,06
İ4	4,78±1,75	2,90±1,02	9,96±3,68	5,20±1,98	14,74±5,17	8,11±2,84
İ5	15,21±8,90	9,23±5,36	15,43±8,62	9,13±4,84	30,64±16,74	18,36±9,86
İ6	7,74±3,12	5,00±1,96	11,75±5,75	6,61±3,17	19,49±8,71	11,62±5,03
İ7	10,85±5,87	6,92±3,82	14,10±6,76	8,05±3,79	24,95±12,47	14,97±7,51
İ8	6,08±2,56	3,89±1,65	10,02±4,38	5,77±2,50	16,11±6,89	9,67±4,12
Ortalama	7,55±5,34	4,64±3,28	11,29±5,80	6,18±3,27	18,83±10,63	10,82±6,34
F	13,558	13,923	3,953	5,883	7,715	9,689
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fig 10 cm, İ4: Kn+Fig 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

İki yaşındaki fidanlarda tespit edilen tüm ağırlıklara ilişkin en yüksek ortalama değerler İ5 işleminde elde edilirken, en düşük ortalama değerler ise İ3 işleminde elde edilmiştir. Tablo incelendiğinde, gövde taze ağırlıklarının 15,21 g ile 4,43 g arasında değiştiği, gövde kuru ağırlıklarının 9,23 g ile 2,74 g arasında değiştiği, kök taze ağırlıklarının 15,43 g ile 8,03 g arasında değiştiği, kök kuru ağırlıklarının 9,13 g ile 4,20 g arasında değiştiği, fidan taze ağırlıklarının 30,64 g ile 12,46 g arasında değiştiği ve fidan kuru ağırlıklarının da 18,36 g ile 6,93 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Öte yandan, yapılan varyans analizi sonucuna göre, tüm ağırlıklar açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,01$) meydana gelmiştir. GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerleri için işlemlerin meydana getirdiği gruplara ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 27’de verilmiştir.



Şekil 27. İki yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

İki yaşındaki fidanların ağırlıklarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre, kök taze ağırlığı açısından yedi, fidan taze ağırlığı açısından altı ve gövde taze ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve fidan kuru ağırlığı açısından ise beş farklı grup olduğu belirlenmiştir. Tüm ağırlıklar açısından İ5 işlemi tek başına birinci grubu ve İ3 işlemi de

sonuncu grubu oluşturmıştır. Ancak, gövde kuru ağırlığı açısından oluşan beşinci ve son grupta İ3 işlemine ek olarak İ4 işlemi de kendine yer bulmuştur. Kuru kök yüzdesi ile gürbüzlük, katlılık ve Dickson kalite indislerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları Tablo 12’de gösterilmiştir.

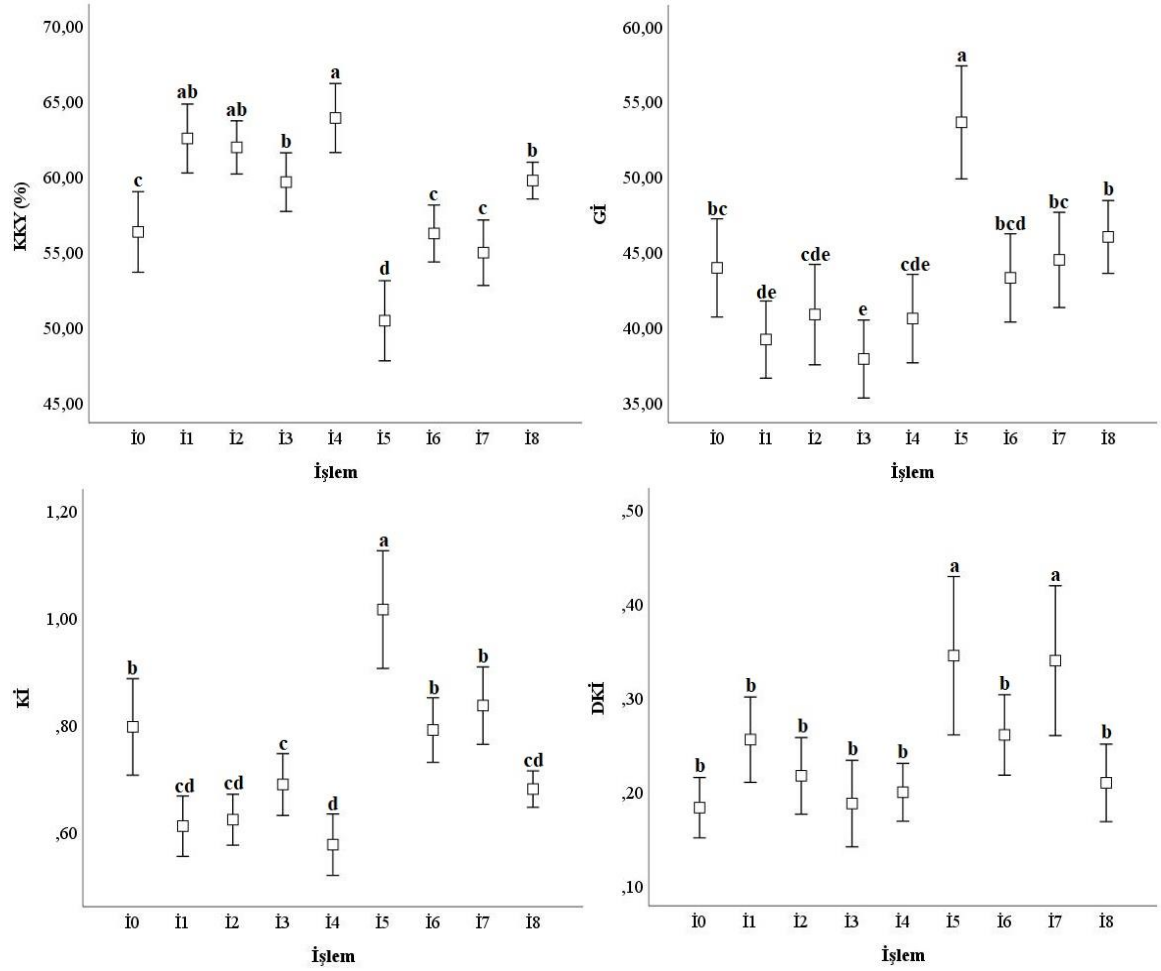
Tablo 12. İki yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	KKY (%)	Gİ	Kİ	DKİ
İ0	56,26±5,83	43,90±7,12	0,80±0,20	0,18±0,07
İ1	62,46±5,11	39,14±5,74	0,61±0,13	0,25±0,10
İ2	61,87±3,95	40,80±7,47	0,62±0,11	0,22±0,09
İ3	59,57±4,35	37,84±5,80	0,69±0,13	0,19±0,10
İ4	63,82±5,12	40,53±6,58	0,58±0,13	0,20±0,07
İ5	50,37±6,09	53,58±8,61	1,01±0,25	0,34±0,19
İ6	56,16±4,22	43,24±6,56	0,79±0,13	0,26±0,10
İ7	54,89±4,86	44,43±7,08	0,84±0,16	0,34±0,18
İ8	59,67±2,72	45,96±5,41	0,68±0,08	0,21±0,09
Ortalama	58,31±6,23	43,32±8,01	0,74±0,20	0,24±0,13
F	16,336	9,825	16,603	5,450
p	0,000	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarsa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Tablo 12 incelendiğinde, kuru kök yüzdesi açısından en düşük ortalama değer $\%50,37$ olarak elde edildiği İ5 işleminde, gürbüzlük indisi, katlılık indisi ve Dickson kalite indisi açısından sırasıyla 53,58, 1,01 ve 0,34 olmak üzere en yüksek ortalama değerler elde edilmiştir. Dickson kalite indisindeki en yüksek ortalama değer açısından İ7 işlemi de İ5 işlemine eşlik etmiştir. Kuru kök yüzdesi açısından en yüksek ortalama değer İ4 işleminde $\%63,82$ ile ortaya çıkmıştır. Gürbüzlük indisi açısından 37,84 olduğu belirlenen en düşük ortalama değer İ3 işleminde olduğu tespit edilmiştir. Katlılık indisi açısından İ4 işlemindeki en düşük ortalama değer (0,58), Dickson kalite indisi açısından ise İ0 işleminde (0,18) meydana gelmiştir.

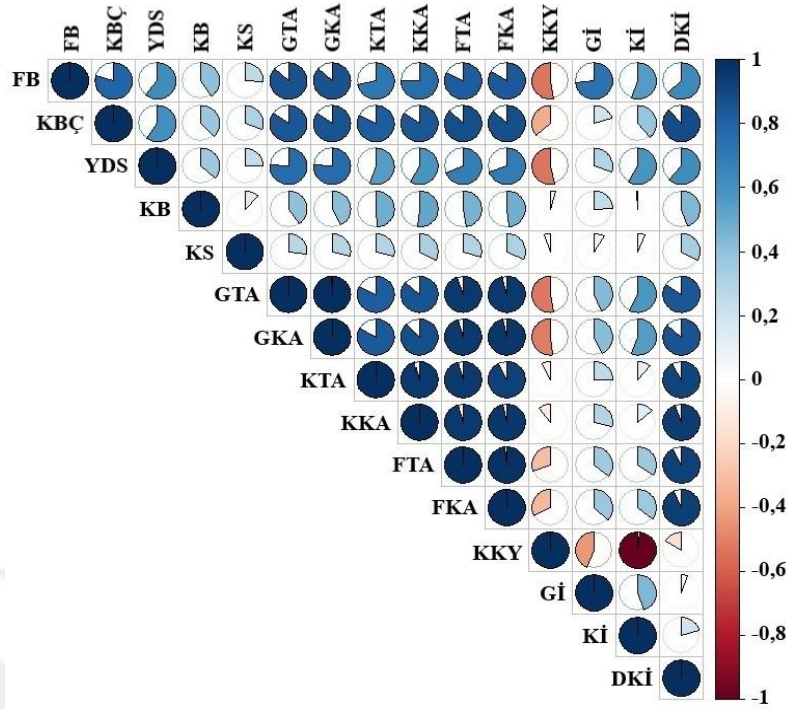
Varyans analizi sonuçlarına göre, hem kuru kök yüzdesi hem de gürbüzlük, katlılık ve Dickson kalite indisleri açısından işlemler arasında $\%99$ güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu karakterler bakımından oluşan grupların verildiği Duncan testi sonuçları Şekil 28’de sunulmuştur.



Şekil 28. İki yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Kuru kök yüzdesi açısından işlemler arasında beş farklı gruplaşma oluşmuştur. Buna göre, İ4 işlemi birinci grupta, İ1 ve İ2 işlemleri birlikte ikinci grupta, İ3 ve İ8 işlemleri birlikte üçüncü grupta, İ0, İ6 ve İ7 işlemleri birlikte dördüncü grupta ve İ5 işlemi de tek başına beşinci grupta yer almıştır. Gürbüzlük indisi açısından oluşan yedi farklı gruptan ilkinde İ5 işleminin ve sonuncusunda da İ3 işleminin olduğu tespit edilmiştir. Katlılık indisi açısından ilk grupta İ5 işlemi ve son grupta İ4 işlemi kendine yer bulmuştur. Dickson kalite indisi bakımından meydana gelen iki farklı gruptan ilkinde İ5 ve İ7 işlemleri birlikte bulunurken, diğer tüm işlemler de ikinci ve son grubu oluşturmuştur.

İki yaşındaki fidanların tüm morfolojik karakterleri arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 29’da verilmiştir.



Şekil 29. İki yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Bir yaşındaki fidanların morfolojik karakterleri arasındakine benzer şekilde yine birçok morfolojik karakter arasında pozitif yönde güçlü korelasyonların olduğu tespit edilmiştir. Fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin hem birbirleriyle hem de fidanlarda ölçülen tüm ağırlıklar ve Dickson kalite indisiyle pozitif yönde güçlü korelasyonlar gösterdiği belirlenmiştir. Fidan boyunun kök boğazı çapına göre gürbüzlük indisiyle ve kök boğazı çapının da fidan boyuna göre Dickson kalite indisiyle daha güçlü korelasyonlar içinde olduğu saptanmıştır. Yan dal sayısının fidan boyu, kök boğazı çapı, ölçülen tüm ağırlıklar ve türetilen tüm indisler ile pozitif yönde, kuru kök yüzdesi ile negatif yönde korelasyonlara sahip olduğu tespit edilmiştir. İki yaşındaki fidanlar açısından da bir yaşındaki fidanlarda olduğu gibi kök boyu ve kök sayısı değerlerinin birbirleri ile kuvvetli bir korelasyon göstermediği belirlenmiştir. Bir yaşındaki fidanlar için yapılan korelasyon analizi sonucuyla örtüşen şekilde, ölçülen morfolojik karakterlerden türetilen kuru kök yüzdesi ile katlılık indisi değerleri arasında negatif yönde ve çok güçlü bir korelasyon ortaya koyduğu belirlenmiştir. Öte yandan, gürbüzlük indisi ve katlılık indisi ile Dickson kalite indisi arasında ise pozitif yönde ve zayıf bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

3.1.4. İki Yaşındaki Fidanların Bazı Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

İki yaşındaki fidanlara ilişkin ortalama klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları ile varyans analizi sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

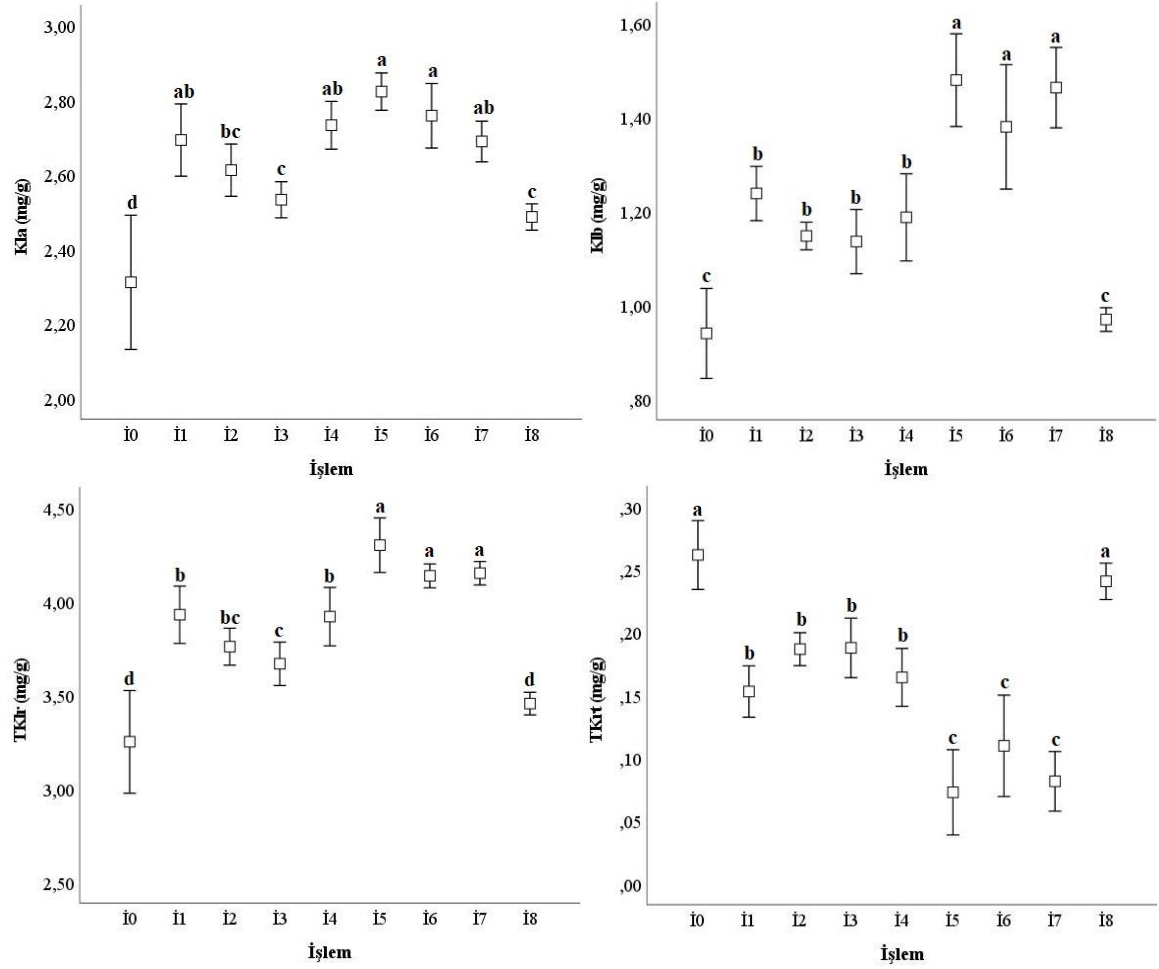
Tablo 13. İki yaşındaki fidanların Kla, Klb, TKlr ve TKrt değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	Kla (mg/g)	Klb (mg/g)	TKlr (mg/g)	TKrt (mg/g)
İ0	2,31±0,18	0,94±0,10	3,25±0,27	0,26±0,03
İ1	2,69±0,10	1,24±0,06	3,93±0,15	0,15±0,02
İ2	2,61±0,07	1,15±0,03	3,76±0,10	0,19±0,01
İ3	2,53±0,05	1,13±0,07	3,67±0,12	0,19±0,02
İ4	2,73±0,06	1,19±0,09	3,92±0,16	0,16±0,02
İ5	2,82±0,05	1,48±0,10	4,30±0,15	0,07±0,03
İ6	2,76±0,09	1,38±0,13	4,14±0,06	0,11±0,04
İ7	2,69±0,05	1,46±0,09	4,15±0,06	0,08±0,02
İ8	2,49±0,04	0,97±0,03	3,45±0,06	0,24±0,01
Ortalama	2,63±0,17	1,21±0,20	3,84±0,35	0,16±0,07
F	13,588	22,299	23,730	26,060
p	0,000	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Fotosentetik pigment içeriklerine ilişkin tabloya göre, klorofil a bakımından 2,82 mg/g, klorofil b bakımından 1,48 mg/g ve toplam klorofil bakımından 4,30 mg/g olarak İ5 işleminde elde edilen en yüksek ortalama değer, toplam karotenoid bakımından 0,26 mg/g olarak İ0 işleminde elde edilmiştir. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil açısından en düşük ortalama değerler sırasıyla 2,31 mg/g, 0,94 mg/g ve 3,25 mg/g olarak İ0 işleminde ortaya çıkarken, toplam karotenoid açısından ise 0,07 mg/g olarak İ5 işleminde meydana gelmiştir.

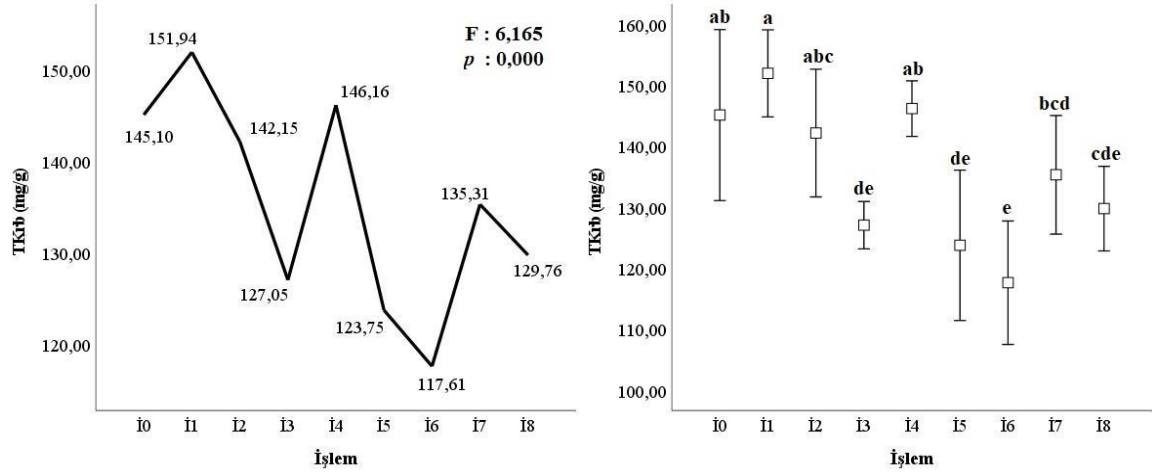
Yapılan varyans analizi neticesinde, tüm fotosentetik pigment içerikleri açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiş ve bu karakterlere ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 30'da gösterilmiştir.



Şekil 30. İki yaşındaki fidanların KLa, Klb, TKlr ve TKrt değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

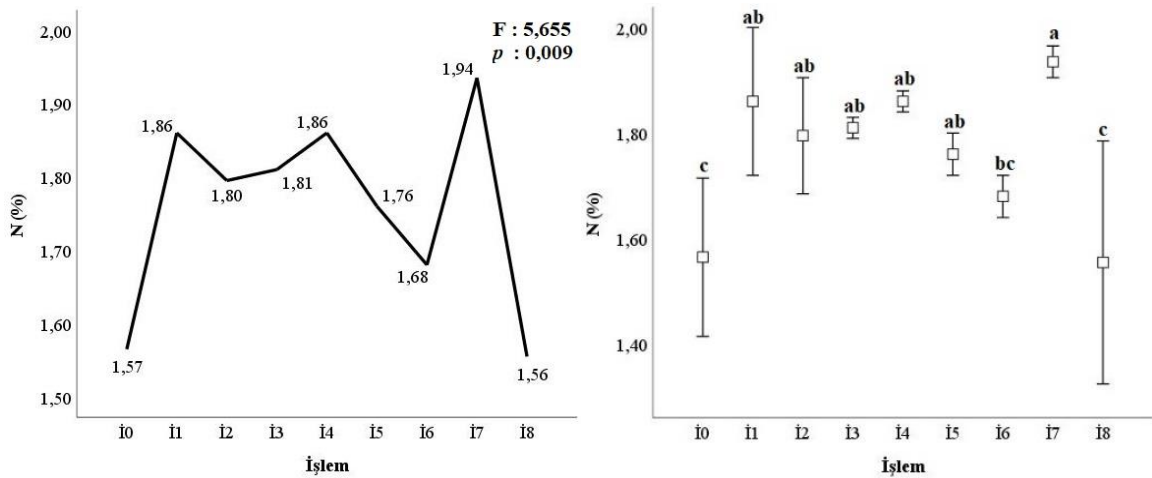
Şekil incelendiğinde, klorofil a ve toplam klorofil açısından işlemler arasında beş farklı grup oluşurken, klorofil b ve toplam karotenoid açısından ise üç farklı grup oluşmuştur. Klorofil a bakımından İ5 ve İ6 işlemleri birlikte birinci grubu, İ1, İ4 ve İ7 işlemleri birlikte ikinci grubu, İ2 işlemi üçüncü grubu, İ3 ve İ8 işlemleri birlikte dördüncü grubu ve İ0 işlemi beşinci grubu teşkil etmiştir. Klorofil b ve toplam klorofil açısından İ5, İ6 ve İ7 işlemleri birlikte ilk grubu, İ0 ve İ8 işlemleri de birlikte son grubu meydana getirmiştir. Toplam karotenoid açısından ilk grupta İ0 ve İ8 işlemleri, ikinci grupta İ1, İ2, İ3 ve İ4 işlemleri ve üçüncü grupta ise İ5, İ6 ve İ7 işlemleri yer almıştır.

İki yaşındaki fidanların ortalama toplam çözünebilir karbonhidrat miktarları ve varyans analizi sonuçları ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 31’de verilmiştir.



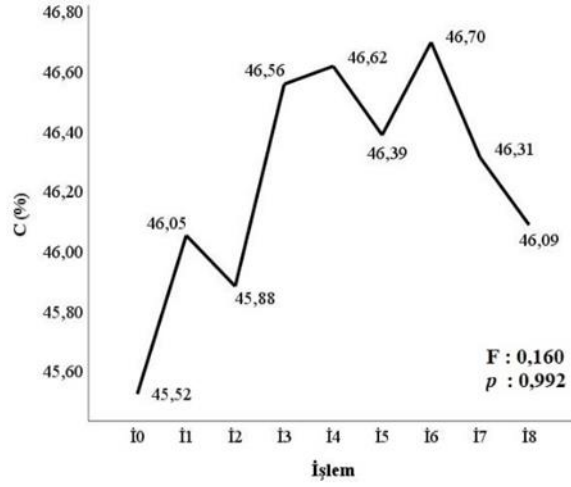
Şekil 31. İki yaşındaki fidanların TKrb değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

İki yaşındaki fidanların toplam çözünebilir karbonhidrat miktarına ilişkin grafiğe göre, sonuçların 117,61 mg/g (İ6 işlemi) ile 151,94 mg/g (İ1 işlemi) arasında değiştiği belirlenmiştir. Varyans analizi sonuçları dikkate alındığında, toplam çözünebilir karbonhidrat değeri açısından işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Duncan testine ilişkin grafik incelendiğinde, İ1 işlemi birinci grubu, İ0 ve İ4 işlemlerinin birlikte ikinci grubu, İ2 işleminin üçüncü grubu, İ7 işleminin dördüncü grubu, İ8 işleminin beşinci grubu, İ3 ve İ5 işlemlerinin birlikte altıncı grubu ve İ6 işleminin de yedinci grubu oluşturduğu belirlenmiştir. İki yaşındaki fidanların yapraklarında ölçülen ortalama toplam azot ve karbon değerleri ve varyans analizi sonuçları ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 32’de sunulmuştur.



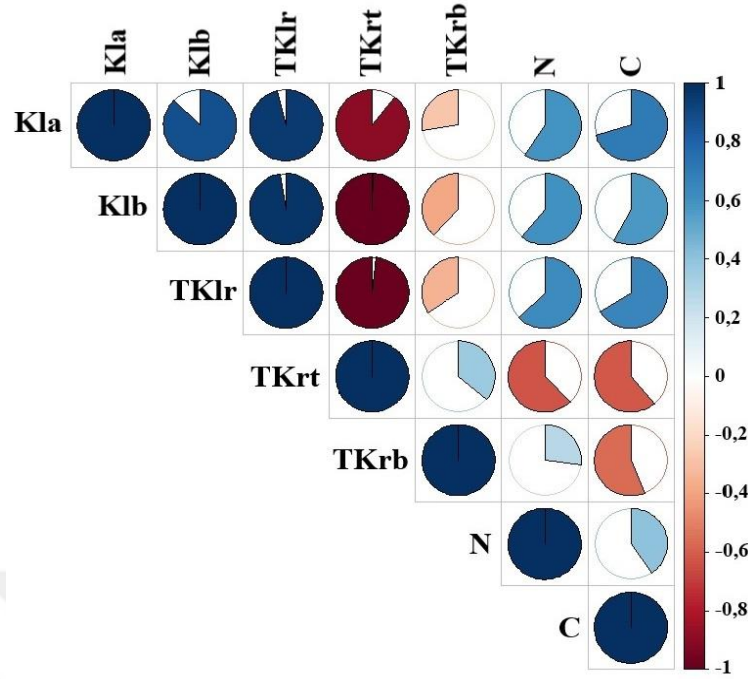
Şekil 32. İki yaşındaki fidanların toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Şekil 32'nin devamı



Şekil incelendiğinde, toplam azot miktarı bakımından ortalama değerlerin %1,56 (İ8 işlemi) ile %1,94 (İ7 işlemi) arasında değiştiği belirlenmiştir. İ0 işleminde %1,57 olan ortalama toplam azot içeriğinin, İ1 işleminde %1,86, İ2 işleminde %1,80, İ3 işleminde %1,81, İ4 işleminde %1,86, İ5 işleminde %1,76 ve İ6 işleminde de %1,68 olduğu tespit edilmiştir. Ortalama toplam karbon miktarı bakımından en yüksek değer %46,70 ile İ6 işleminde olduğu ve bu değeri %46,62 ile İ4 işleminin, %46,56 ile İ3 işleminin, %46,39 ile İ5 işleminin, %46,31 ile İ7 işleminin, %46,09 ile İ8 işleminin, %46,05 ile İ1 işleminin, %45,88 ile İ2 işleminin ve %45,52 ile İ0 işleminin takip ettiği saptanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre, toplam azot açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilirken, toplam karbon açısından ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık meydana gelmemiştir. İşlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu toplam azot miktarına ilişkin Duncan testi sonucuna göre dört farklı grup oluşmuştur. İ7 işlemi birinci grubu, İ1, İ2, İ3, İ4 ve İ5 işlemleri birlikte ikinci grubu, İ6 işlemi üçüncü grubu ve İ0 ile İ8 işlemleri birlikte dördüncü grubu teşkil etmiştir.

İki yaşındaki fidanlara ilişkin ölçülen tüm biyokimyasal karakterler arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 33'te verilmiştir.



Şekil 33. İki yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizi grafiğine göre, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerlerinin hem birbirleri arasında hem de toplam azot ve toplam karbon değerleri ile pozitif yönde güçlü korelasyonlara sahip olduğu, ancak toplam karotenoid ve toplam çözünebilir karbonhidrat değerleri ile negatif yönde güçlü korelasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Toplam karotenoid değerinin toplam çözünebilir karbonhidrat değeri ile pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede bir korelasyon ortaya koyduğu, toplam azot ve toplam karbon değerleri ile negatif yönde ve yaklaşık olarak güçlü korelasyonlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Toplam çözünebilir karbonhidrat değerinin toplam azot değerleriyle ve toplam azot değerinin de toplam karbon değeri ile pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede korelasyonlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

3.1.5. Üç Yaşındaki Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

Üç yaşındaki fidanların ortalama fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, kök boyu ve kök sayısı değerleri ile varyans analizi sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.

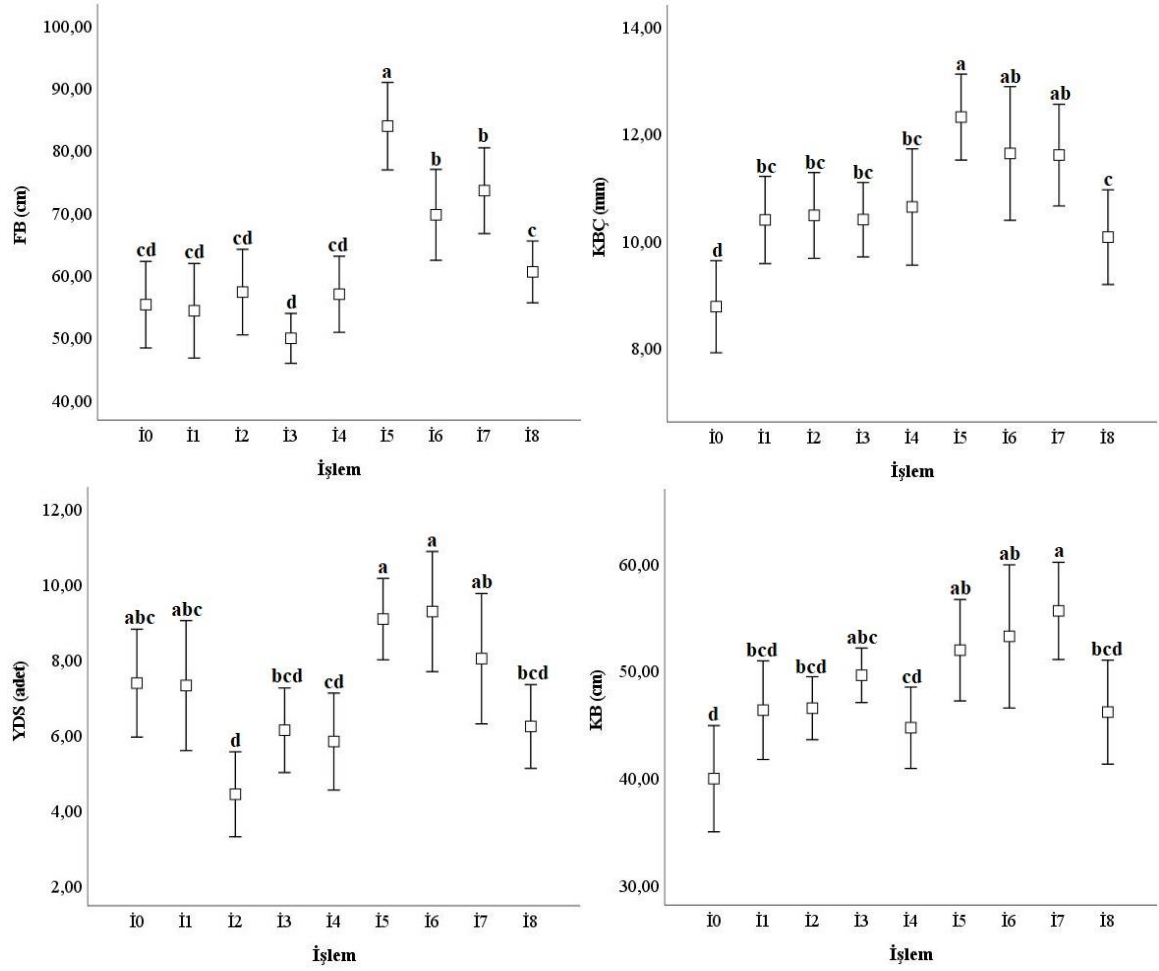
Tablo 14. Üç yaşındaki fidanların FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	FB (cm)	KBC (mm)	YDS (adet)	KB (cm)	KS (adet)
İ0	55,15±15,51	8,76±1,92	7,35±3,20	39,87±11,10	3,40±1,39
İ1	54,17±17,35	10,38±1,86	7,29±3,95	46,27±10,57	3,52±1,47
İ2	57,17±15,33	10,46±1,79	4,40±2,52	46,45±6,59	4,30±2,05
İ3	49,76±8,94	10,38±1,55	6,10±2,51	49,53±5,69	4,45±2,48
İ4	56,82±13,63	10,62±2,43	5,80±2,88	44,63±8,51	4,65±1,81
İ5	83,76±15,69	12,30±1,79	9,05±2,42	51,88±10,60	4,95±2,11
İ6	69,55±16,29	11,62±2,79	9,25±3,57	53,16±14,96	4,70±2,27
İ7	73,42±15,35	11,59±2,12	8,00±3,87	55,55±10,16	4,60±2,09
İ8	60,40±11,07	10,06±1,98	6,20±2,48	46,09±10,87	5,10±2,25
Ortalama	62,20±17,66	10,68±2,23	7,05±3,38	48,15±10,99	4,40±2,05
F	11,438	5,106	5,211	4,484	1,718
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,097

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fig 10 cm, İ4: Kn+Fig 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Fidan boyuna ilişkin değerler incelendiğinde, en yüksek ortalama değer 83,76 cm ile İ5 işleminde, en düşük ortalama değer ise 49,76 cm ile İ3 işleminde olduğu belirlenmiştir. Kök boğazı çapı açısından yine İ5 işleminde ve 12,30 mm olarak belirlenen en yüksek ortalama değere karşılık en düşük ortalama değer ise 8,76 mm ile İ0 işleminde meydana gelmiştir. Yan dal sayısı bakımından İ6 işlemi (9,25 adet), kök boyu bakımından İ7 işlemi (55,55 cm) ve kök sayısı bakımından da İ8 işlemi (5,10 adet) en yüksek ortalama değerlere sahip olmuştur. 4,40 adet olarak tespit edilen en düşük ortalama yan dal sayısı İ2 işleminde, 39,87 cm ve 3,40 adet olarak belirlenen en düşük ortalama kök boyu ve kök sayısı ise İ0 işleminde ortaya çıkmıştır.

Yapılan varyans analizine göre, fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve kök boyu açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelirken, kök sayısı açısından fark bulunmamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı farklılıkların ortaya çıktığı FB, KBC, YDS ve KB değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 34'te gösterilmiştir.



Şekil 34. Üç yaşındaki fidanların FB, KBC, YDS ve KB değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

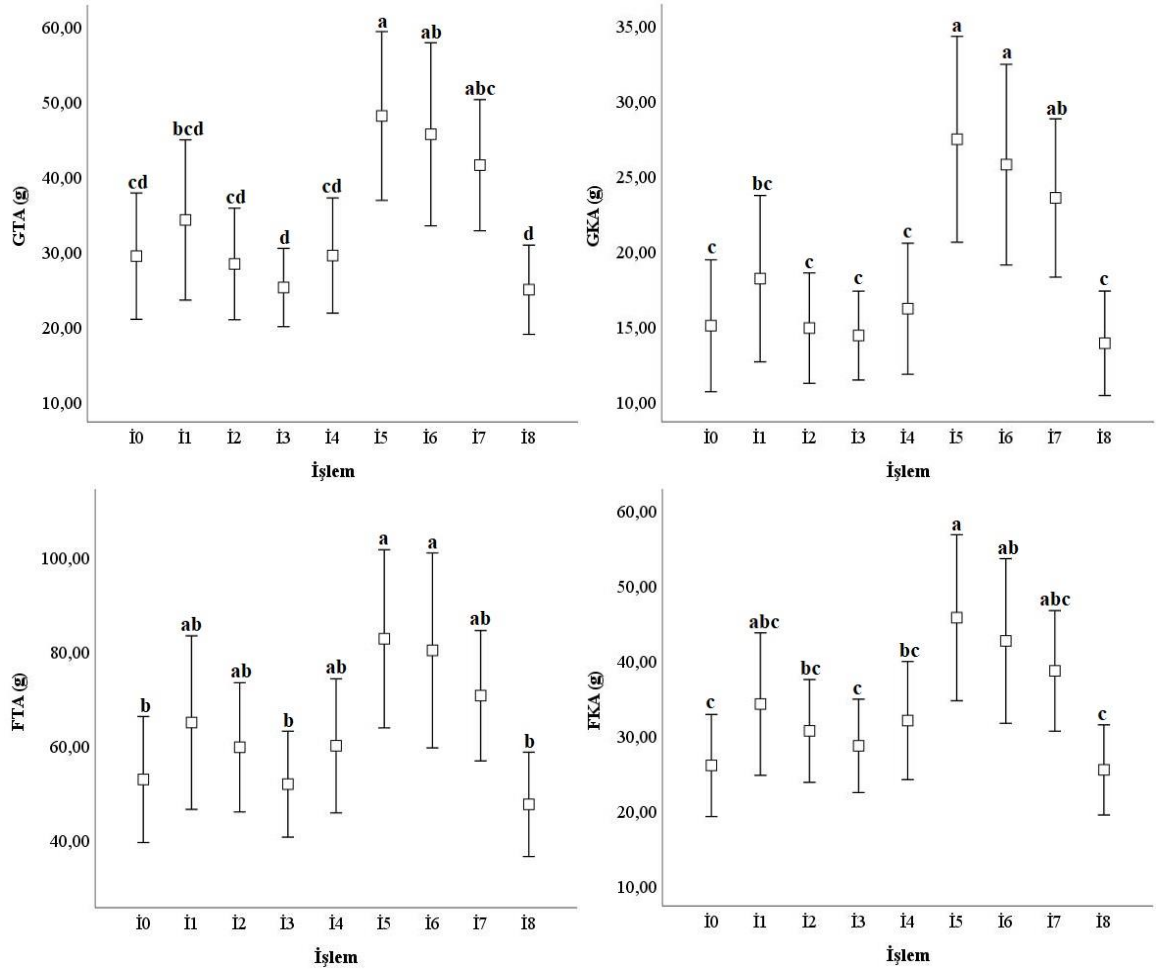
Fidan boyuna ilişkin Duncan testi sonucuna göre, işlemler arasında beş farklı grup meydana gelmiş olup, İ5 işlemi birinci grubu oluştururken İ3 işlemi de sonuncu grubu oluşturmuştur. Kök boğazı çapı ve yan dal sayısı açısından da beş farklı grup ortaya çıkarken, kök boyu açısından altı farklı grup olduğu belirlenmiştir. Kök boğazı çapı açısından ilk grupta İ5 işlemi bulunurken, son grupta İ0 işlemi yer almıştır. Yan dal sayısı bakımından İ5 ve İ6 işlemlerinin birlikte ilk grubu teşkil ettiği, İ2 işleminin ise beşinci grubu oluşturduğu tespit edilmiştir. Kök boyuna ilişkin gruplardan ilkinin İ7 işleminin ve sonuncusunu da İ0 işleminin meydana getirdiği saptanmıştır. Üç yaşındaki fidanlara ait gövde, kök ve fidanların taze ve kuru ağırlıklarına ilişkin ortalama değerler ile varyans analizi sonuçları Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15. Üç yaşındaki fidanların GTA, GKA, KTA, KKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	GTA (g)	GKA (g)	KTA (g)	KKA (g)	FTA (g)	FKA (g)
İ0	29,31±18,82	14,99±9,81	23,45±11,65	10,94±5,64	52,76±29,92	25,94±15,21
İ1	34,13±24,47	18,12±12,67	30,71±18,96	15,99±9,77	64,84±42,23	34,12±21,76
İ2	28,27±16,63	14,84±8,21	31,33±14,73	15,70±7,36	59,60±30,67	30,54±15,32
İ3	25,13±11,67	14,34±6,61	26,64±13,94	14,20±7,59	51,77±25,15	28,55±13,91
İ4	29,39±17,16	16,13±9,75	30,53±15,10	15,78±8,08	59,91±31,82	31,91±17,60
İ5	47,98±25,15	27,39±15,30	34,65±17,96	18,23±9,81	82,64±42,29	45,62±24,73
İ6	45,55±27,27	25,71±14,92	34,62±19,52	16,82±10,03	80,17±46,29	42,52±24,53
İ7	41,43±19,55	23,49±11,77	29,13±12,87	15,04±6,98	70,56±30,96	38,54±17,96
İ8	24,83±13,29	13,83±7,76	22,64±12,26	11,51±5,96	47,47±24,77	25,34±13,43
Ortalama	34,00±21,26	18,76±12,00	29,31±15,69	14,92±8,20	63,31±35,83	33,68±19,55
F	3,889	4,538	1,566	1,727	2,570	2,938
p	0,000	0,000	0,138	0,095	0,011	0,004

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Üç yaşındaki fidanlar için ölçülen tüm ağırlıklara ilişkin en yüksek ortalama değerler İ5 işleminde elde edilmiştir. En yüksek ortalama gövde taze ve kuru ağırlıklarının sırasıyla 47,98 g ve 27,39 g olduğu, kök taze ve kuru ağırlıklarının sırasıyla 34,65 g ve 18,23 g olduğu, fidan taze ve kuru ağırlıklarının da sırasıyla 82,64 g ve 45,62 g olduğu tespit edilmiştir. Kuru kök ağırlığı dışındaki (İ0 işleminde) tüm en düşük ortalama ağırlık değerleri İ8 işleminde ortaya çıkmıştır. Buna göre, en düşük ortalama gövde taze ve kuru ağırlıkları sırasıyla 24,83 g ve 13,83 g olarak, kök taze ve kuru ağırlıkları sırasıyla 22,64 g ve 10,94 g (İ0 işleminde) olarak, fidan taze ve kuru ağırlıkları da sırasıyla 47,47 g ve 25,34 g olarak meydana gelmiştir. Ayrıca, varyans analizi sonuçları dikkate alındığında, işlemler arasında gövde taze ve kuru ağırlıkları ile fidan kuru ağırlığı açısından % 99 güven düzeyinde ve fidan taze ağırlığı açısından %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiş olup, kök taze ve kuru ağırlıkları açısından farklılık oluşmamıştır. GTA, GKA, FTA ve FKA değerleri için Duncan testi sonuçları Şekil 35'te gösterilmiştir.



Şekil 35. Üç yaşındaki fidanların GTA, GKA, FTA ve FKA değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Duncan testi sonuçları incelendiğinde, gövde taze ağırlığı açısından altı, gövde kuru ağırlığı açısından dört, fidan taze ağırlığı açısından üç ve fidan kuru ağırlığı açısından da beş farklı grup oluştuğu belirlenmiştir. Gövde taze ağırlığı için ilk grup İ5 işlemi tarafından oluşturulurken, ikinci grup İ6, üçüncü grup İ7, dördüncü grup İ1, beşinci grup İ0, İ2 ve İ4, altıncı ve son grup ise İ3 ve İ8 işlemleri tarafından oluşturulmuştur. Gövde kuru ağırlığı bakımından oluşan dört gruptan ilkinde İ5 ve İ6 işlemleri birlikte yer alırken, ikinci grupta İ7 işlemi, üçüncü grupta İ1 işlemi ve dördüncü grupta da İ0, İ2, İ3, İ4 ve İ8 işlemleri birlikte yer almıştır. İ5 ve İ6 işlemleri fidan taze ağırlığı için de ilk grubu meydana getirmiş olup, ikinci grup İ1, İ2, İ4 ve İ7 işlemleri tarafından, üçüncü grup ise İ0, İ3 ve İ8 işlemleri tarafından teşkil edilmiştir. Fidan kuru ağırlığı bakımından İ5 işlemi birinci grupta, İ6 işlemi ikinci grupta, İ1 ve İ7 işlemleri üçüncü grupta, İ2 ve İ4 işlemleri dördüncü grupta, İ0, İ3 ve İ8 işlemleri de beşinci grupta kendine yer bulmuştur. Kuru kök yüzdesi, gürbüzlük indisi,

kathılık indisi ve Dickson kalite indisine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları Tablo 16’da verilmiştir.

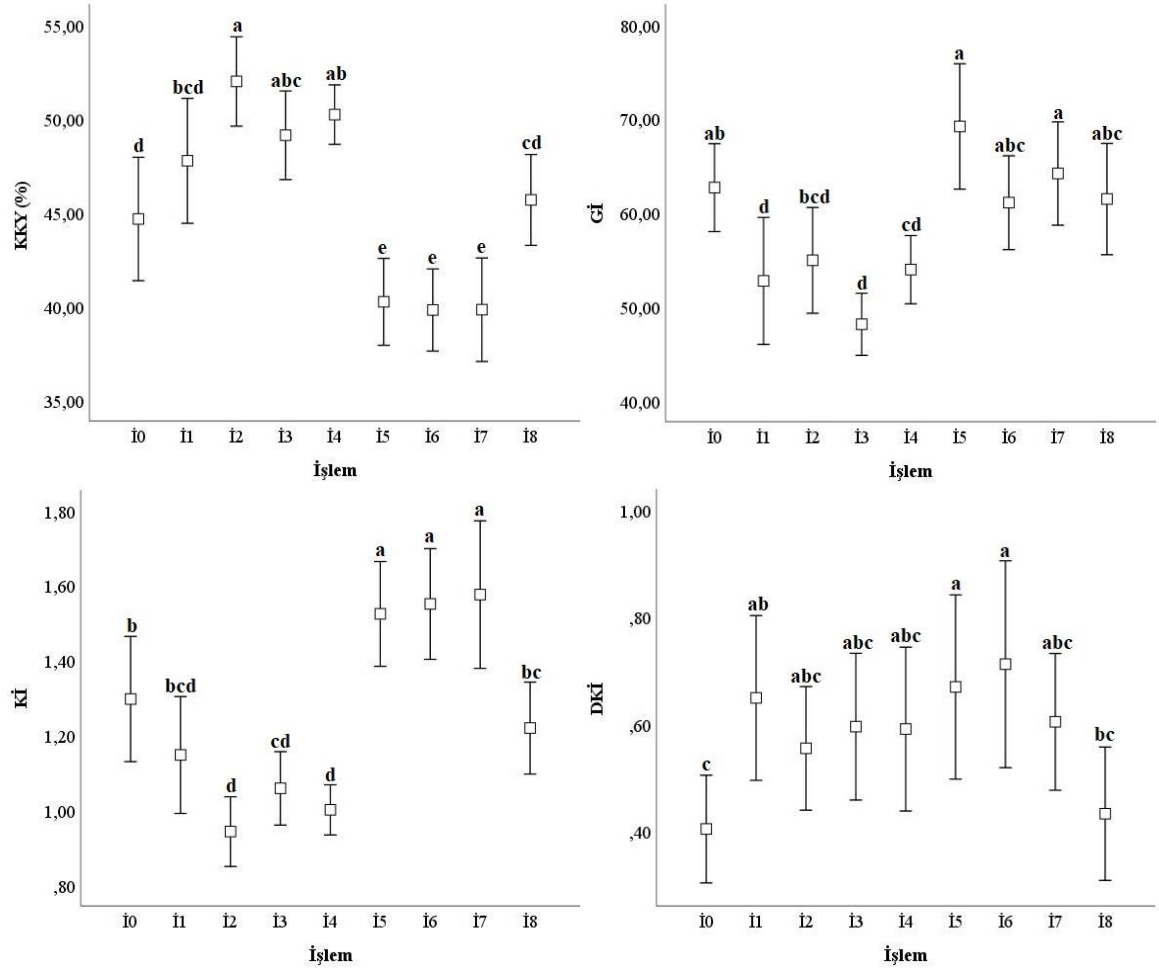
Tablo 16. Üç yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	KKY (%)	Gİ	Kİ	DKİ
İ0	44,65±7,36	62,68±10,46	1,30±0,37	0,40±0,22
İ1	47,75±7,63	52,75±15,48	1,15±0,36	0,65±0,35
İ2	51,98±5,32	54,94±12,58	0,94±0,21	0,56±0,26
İ3	49,11±5,28	48,14±7,40	1,06±0,22	0,60±0,31
İ4	50,21±3,55	53,95±8,12	1,00±0,15	0,59±0,34
İ5	40,23±5,18	69,19±14,91	1,52±0,31	0,67±0,38
İ6	39,80±4,90	61,08±11,17	1,55±0,33	0,71±0,43
İ7	39,82±6,16	64,18±12,30	1,58±0,44	0,60±0,29
İ8	45,67±5,41	61,47±13,25	1,22±0,27	0,43±0,28
Ortalama	45,48±7,17	58,68±13,35	1,26±0,38	0,58±0,33
F	13,172	6,105	12,531	2,010
p	0,000	0,000	0,000	0,048

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Kuru kök yüzdesine ilişkin değerler incelendiğinde en yüksek ortalama değer İ2 işleminde %51,98 olarak, en düşük ortalama değer ise İ6 işleminde %39,80 olarak meydana gelmiştir. Gürbüzlük indisi açısından 69,19 olarak İ5 işleminde elde edilen en yüksek ortalama değere karşı, 48,14 olarak İ3 işleminde en düşük ortalama değer elde edilmiştir. Kathılık indisi açısından ortalama değerlerin 0,94 (İ2 işleminde) ile 1,58 (İ7 işleminde) arasında değiştiği belirlenmiştir. Dickson kalite indisi bakımından en yüksek ortalama değer 0,71 ile İ6 işleminde elde edilirken, en düşük ortalama değer de 0,40 ile İ0 işleminde elde edilmiştir.

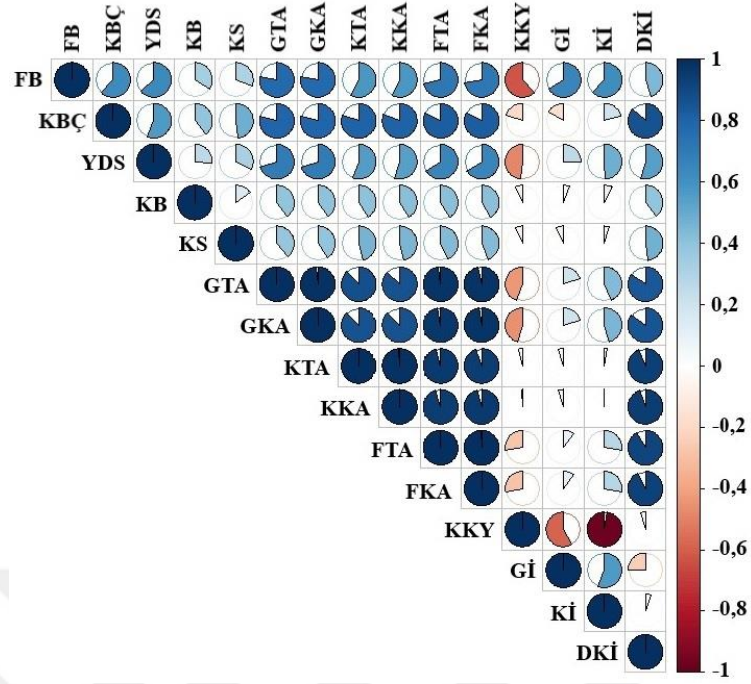
Varyans analizi sonuçları dikkate alındığında kuru kök yüzdesi, gürbüzlük indisi ve kathılık indisi değerleri açısından %99 güven düzeyinde ve Dickson kalite indisi açısından da %95 güven düzeyinde işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 36’da sunulmuştur.



Şekil 36. Üç yaşındaki fidanların KKY, Gİ, Kİ ve DKİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Üç yaşındaki fidanların kuru kök yüzdesine ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre, işlemler arasında yedi farklı grup oluşmuştur. İ2 işlemi tek başına birinci grubu meydana getirirken, İ5, İ6 ve İ7 işlemleri de birlikte yedinci grubu ortaya çıkarmıştır. Gürbüzlük indisi için oluşan altı gruptan ilkinde İ5 ve İ7 işlemleri birlikte bulunurken, sonuncu grupta İ1 ve İ3 işlemleri birlikte yer almıştır. Katlılık indisi bakımından ortaya çıkan altı farklı gruptan birincisini İ5, İ6 ve İ7 işlemleri, altıncısını da İ2 ve İ4 işlemleri birlikte oluşturmuştur. Dickson kalite indisi açısından işlemler arasında beş farklı grup meydana gelmiştir. Buna göre, İ5 ve İ6 işlemlerinin birlikte ilk grubu, İ0 işleminin de sonuncu grubu teşkil ettiği belirlenmiştir.

Üç yaşındaki fidanların tüm morfolojik karakterlerine ilişkin yapılan korelasyon analizi ile karakterler arasındaki ilişki yönü ve gücü ortaya koyulmuştur (Şekil 37).



Şekil 37. Üç yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde, ilk iki yılda elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre, birçok parametre pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar ortaya koyarken, kuru kök yüzdesi ise tüm morfolojik karakterler ile negatif yönde ve değişen düzeylerde korelasyonlar oluşturmuştur. Fidan boyu, yan dal sayısı ve kök boyu değerlerinin kuru kök yüzdesi dışındaki tüm morfolojik karakterlerle pozitif yönde korelasyonlar gösterdiği, kök boğazı çapı ve kök sayısının ise kuru kök yüzdesine ek olarak gürbüzlük indisi ile de zayıf derecede de olsa negatif yönde korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Fidanlarda ölçülen tüm ağırlık değerlerinin en önemli fidan kalite indislerinden olan Dickson kalite indisi ile pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Gürbüzlük indisi, katlılık indisi ile pozitif yönde ve orta derecede korelasyona sahip olurken, Dickson kalite indisi ile negatif yönde ve çeyrek derecede korelasyona sahip olmuştur. Katlılık indisi de Dickson kalite indisi ile pozitif yönde olsa da çok zayıf derecede bir korelasyon oluşturmuştur.

3.1.6. Üç Yaşındaki Fidanların Bazı Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

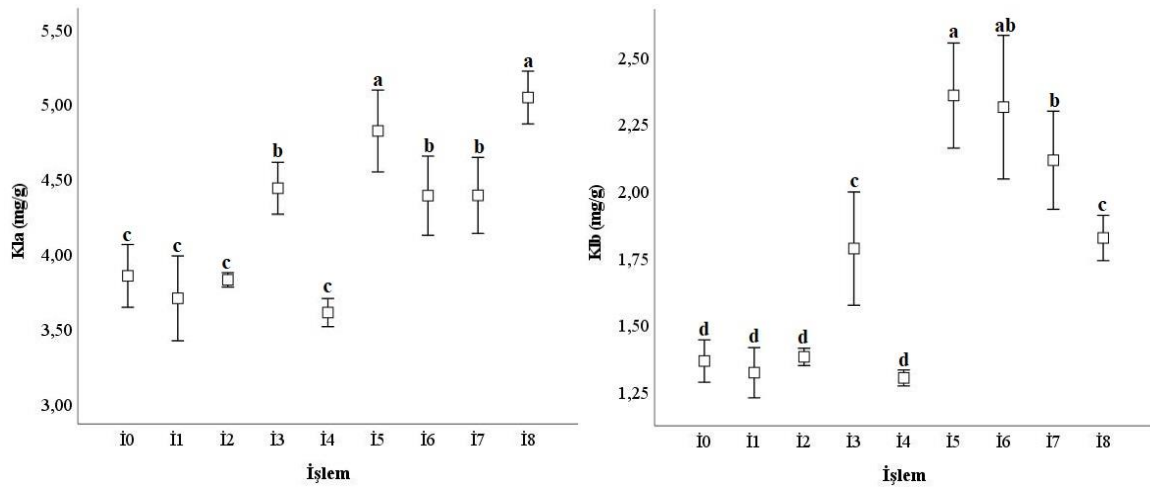
Üç yaşındaki fidanların ortalama klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarları ile varyans analizine ilişkin sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Üç yaşındaki fidanların K_{la}, K_{lb}, TK_{lr} ve TK_{rt} değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	K _{la} (mg/g)	K _{lb} (mg/g)	TK _{lr} (mg/g)	TK _{rt} (mg/g)
İ0	3,85±0,21	1,36±0,08	5,21±0,29	1,02±0,04
İ1	3,70±0,28	1,32±0,09	5,02±0,37	1,03±0,08
İ2	3,82±0,05	1,38±0,03	5,20±0,08	0,97±0,03
İ3	4,36±0,17	1,78±0,21	6,22±0,28	1,13±0,11
İ4	3,60±0,09	1,30±0,03	4,90±0,12	0,96±0,02
İ5	4,82±0,27	2,35±0,20	7,17±0,19	0,92±0,07
İ6	4,39±0,26	2,31±0,27	6,69±0,14	0,98±0,07
İ7	4,39±0,25	2,11±0,18	6,50±0,35	0,95±0,02
İ8	5,04±0,18	1,82±0,08	6,86±0,26	1,26±0,04
Ortalama	4,22±0,52	1,74±0,45	5,95±0,88	1,03±0,12
F	23,034	31,599	49,893	12,691
p	0,000	0,000	0,000	0,000

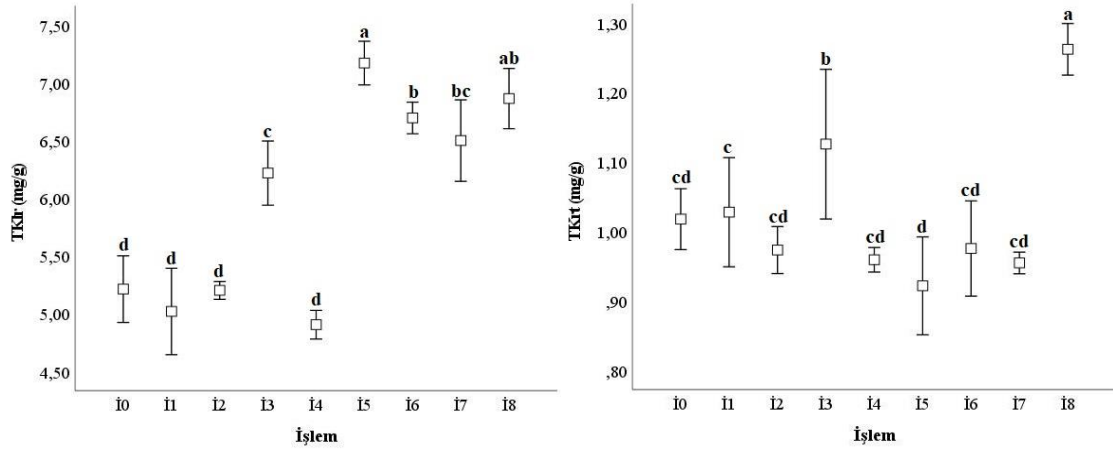
İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Tablo 17 incelendiğinde, klorofil a ve toplam karotenoid açısından en yüksek ortalama değerler sırasıyla 5,04 mg/g ve 1,26 mg/g olarak İ8 işleminde, klorofil b ve toplam klorofil açısından en yüksek ortalama değerler ise sırasıyla 2,35 mg/g ve 7,17 mg/g olarak İ5 işleminde ortaya çıkmıştır. Öte yandan, klorofil a (3,60 mg/g), klorofil b (1,30 mg/g) ve toplam klorofil (4,90 mg/g) için en düşük ortalama değerler İ4 işleminde elde edilirken, toplam karotenoid (0,92 mg/g) için ise İ5 işleminde elde edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiş olup, Duncan testi sonuçları Şekil 38’de gösterilmiştir.

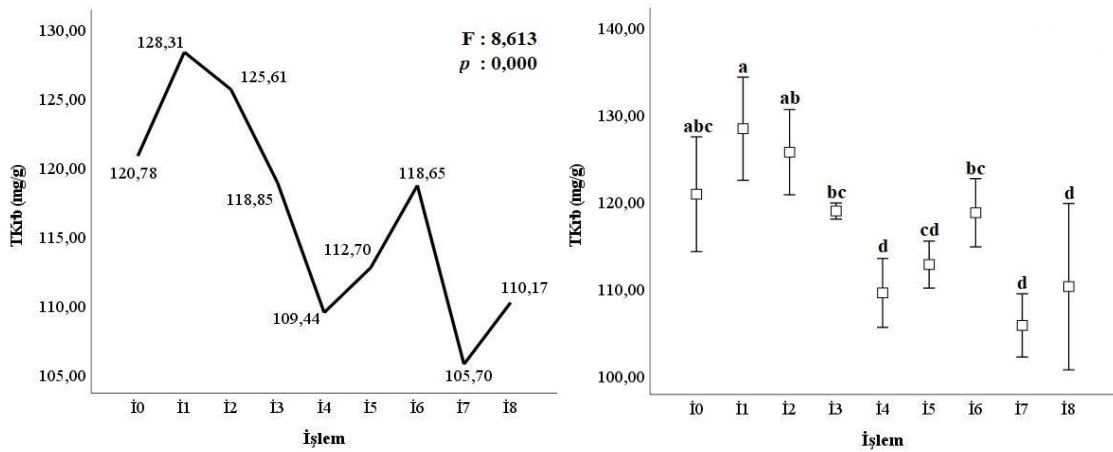


Şekil 38. Üç yaşındaki fidanların K_{la}, K_{lb}, TK_{lr} ve TK_{rt} değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Şekil 38'in devamı



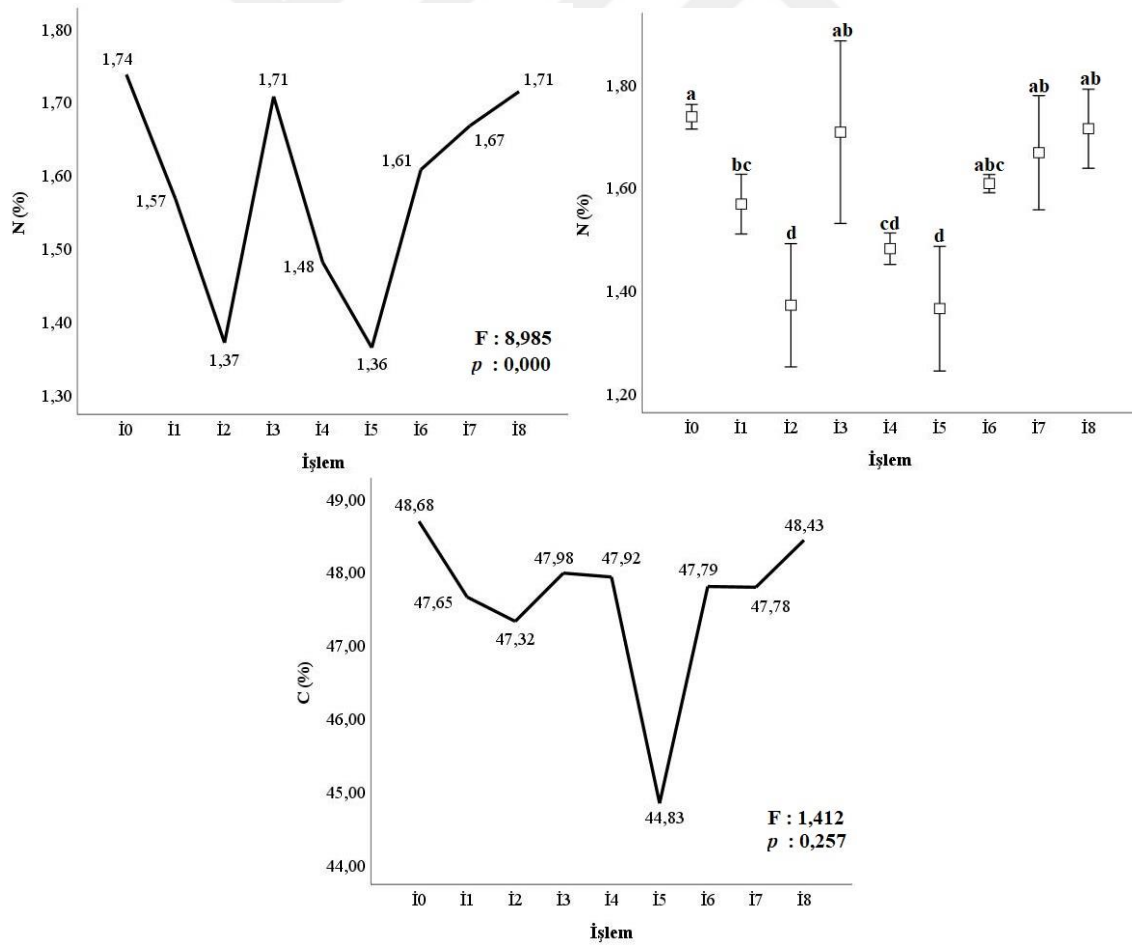
Duncan testi sonuçları dikkate alındığında, klorofil a için üç farklı grup meydana gelmiştir. İ5 ve İ8 işlemlerinin birlikte ilk grubu oluşturduğu belirlenirken, İ3, İ6 ve İ7 işlemlerinin birlikte ikinci grubu ve İ0, İ1, İ2 ve İ4 işlemlerinin de birlikte üçüncü grubu oluşturduğu tespit edilmiştir. Klorofil b ve toplam karotenoid değerleri açısından işlemler arasında beş farklı grup ortaya çıkmıştır. Klorofil b için ilk grubu İ5 işlemi oluştururken, toplam karotenoid için ilk grubu İ8 işlemi oluşturmıştır. Son gruplarda ise klorofil b için İ0, İ1, İ2 ve İ4 işlemleri birlikte yer alırken, toplam karotenoid için İ5 işlemi yer almıştır. Toplam klorofil açısından altı farklı meydana gelmiştir. İ5 işlemi birinci grubu, İ8 işlemi ikinci grubu, İ6 işlemi üçüncü grubu, İ7 işlemi dördüncü grubu, İ3 işlemi beşinci grubu ve İ0, İ1, İ2 ve İ4 işlemleri de birlikte altıncı ve son grubu teşkil etmiştir. Üç yaşındaki fidanlar için işlemlere ait ortalama toplam çözünebilir karbonhidrat miktarları ile varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 39. Üç yaşındaki fidanların TKRb değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Şekil 39 incelendiğinde, en yüksek ortalama toplam çözünebilir karbonhidrat değerinin 128,31 mg/g ile İ1 işleminde, en düşük ortalama değerin ise 105,70 mg/g ile İ7 işleminde ortaya çıktığı belirlenmiştir. İ0 işleminde 120,78 mg/g olan ortalama toplam çözünebilir karbonhidrat miktarının, İ2 işleminde 125,61 mg/g, İ3 işleminde 118,85 mg/g, İ4 işleminde 109,44 mg/g, İ5 işleminde 112,70 mg/g, İ6 işleminde 118,65 mg/g ve İ8 işleminde de 110,17 mg/g olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, toplam çözünebilir karbonhidrat miktarı bakımından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Duncan testine ilişkin grafik incelendiğinde, altı farklı grubun olduğu saptanmıştır. Buna göre, ilk grubu İ1 işlemi meydana getirmiş olup, son grubu da İ4, İ7 ve İ8 işlemleri birlikte oluşturmuştur.

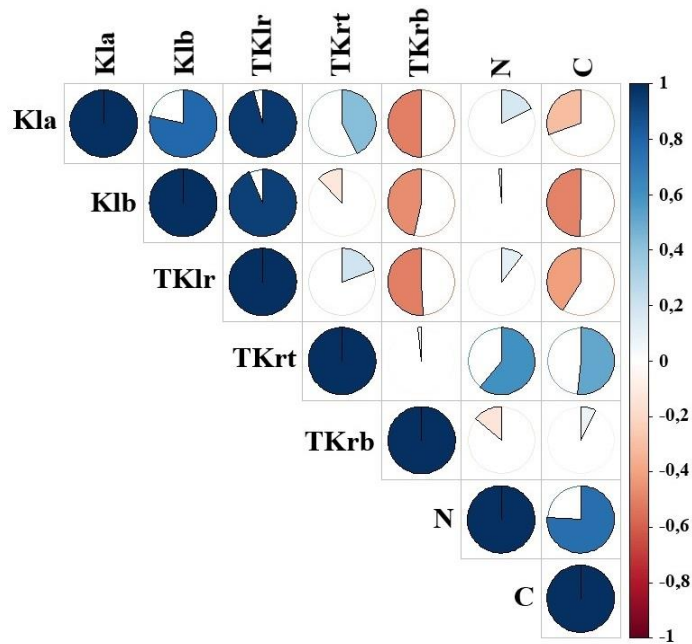
Üç yaşındaki fidanların yapraklarında ölçülen ortalama toplam azot ve toplam karbon değerleri ve varyans analizi sonuçları ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 40'da sunulmuştur.



Şekil 40. Üç yaşındaki fidanların toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Hem toplam azot hem de toplam karbon değerleri açısından en yüksek ortalama değerler sırasıyla %1,74 ve %48,68 olarak İ0 işleminde, en düşük ortalama değerler ise sırasıyla %1,36 ve %44,83 ile İ5 işleminde elde edilmiştir. Toplam azot için en yüksek ortalama değeri %1,71 ile İ3 ve İ8 işlemleri, %1,67 ile İ7 işlemi, %1,61 ile İ6 işlemi, %1,57 ile İ1 işlemi, %1,48 ile İ4 işlemi ve %1,37 ile İ2 işlemi takip etmiştir. Toplam karbon için diğer işlemlerde en yüksek ortalama değere çok yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır. Buna göre, ortalama toplam karbon değeri İ8 işleminde %48,43 olarak, İ3 işleminde %47,98 olarak, İ4 işleminde %47,92 olarak, İ6 işleminde %47,79 olarak, İ7 işleminde %47,78 olarak, İ1 işleminde %47,65 olarak ve İ2 işleminde de %47,32 olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda ise toplam karbon açısından işlemler arasında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmazken, toplam azot açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Varyans analizi neticesinde işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların tespit edildiği toplam azot miktarına ilişkin Duncan testi sonucuna göre altı farklı grup ortaya çıkmıştır. Birinci grubu İ0 işlemi oluştururken, ikinci grubu İ3, İ7 ve İ8 işlemleri, üçüncü grubu İ6 işlemi, dördüncü grubu İ1 işlemi, beşinci grubu İ4 işlemi ve altıncı grubu da İ2 ve İ5 işlemleri oluşturmuştur.

Üç yaşındaki fidanların ölçülen tüm biyokimyasal karakterleri arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 41’de verilmiştir.

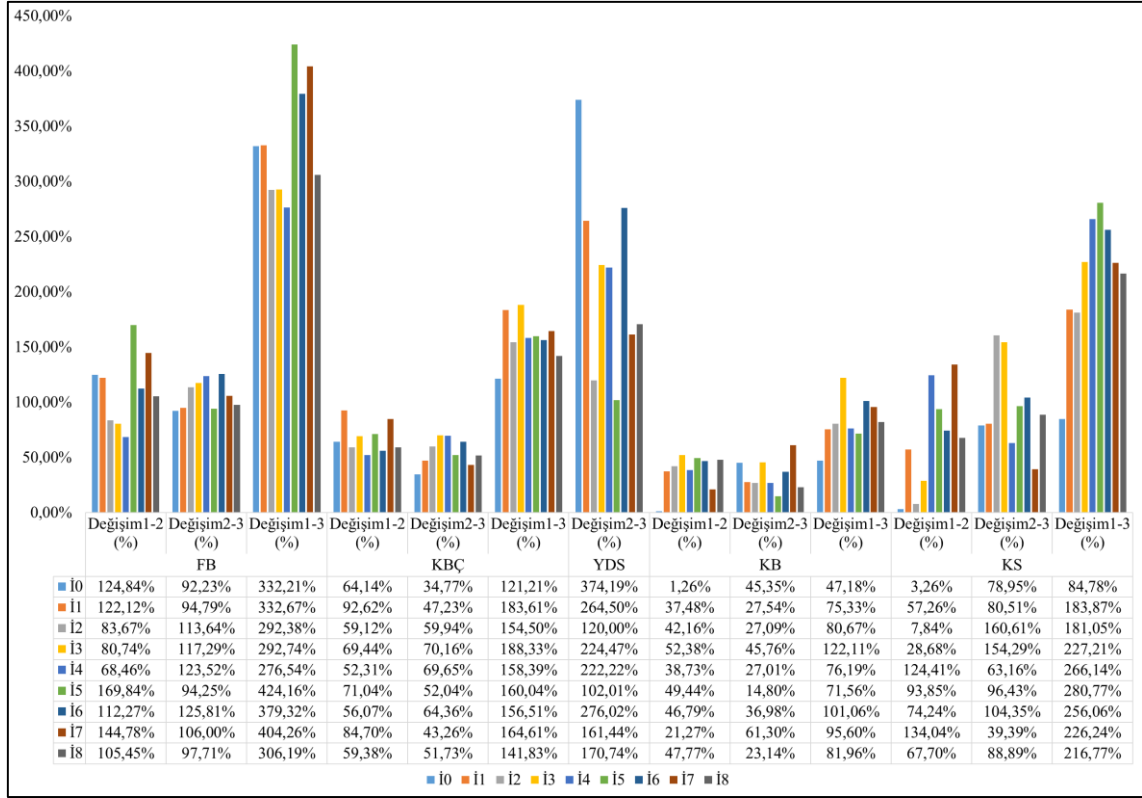


Şekil 41. Üç yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizi grafiği incelendiğinde, klorofil a değerinin klorofil b ve toplam klorofil ile pozitif yönde ve güçlü, toplam karotenoid ile pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede, toplam azot ile yine pozitif yönde ve zayıf korelasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Klorofil a ile toplam çözünebilir karbonhidrat ve toplam karbon arasında ise negatif yönde ve orta derecede korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Klorofil b değerinin klorofil a değerinden farklı olarak toplam karotenoid ve toplam azot ile de arasında negatif yönde ve zayıf korelasyonlar gösterdiği saptanmıştır. Toplam klorofil değerinin toplam karotenoid ve toplam azot ile pozitif yönde ve zayıf korelasyonlara, toplam çözünebilir karbonhidrat ve toplam karbon ile negatif yönde ve orta derecede korelasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. Toplam karotenoid miktarının toplam çözünebilir karbonhidrat ile arasında negatif yönde ve zayıf bir korelasyon olduğu, toplam azot ve toplam karbon ile arasında ise pozitif yönde ve orta derecede korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Toplam çözünebilir karbonhidrat değeri, toplam azot ile negatif, toplam karbon ile pozitif yönde ve zayıf korelasyonlar oluşturmuştur. Ayrıca, toplam azot ve toplam karbon değerleri arasında ise pozitif yönde ve güçlü bir korelasyon meydana gelmiştir.

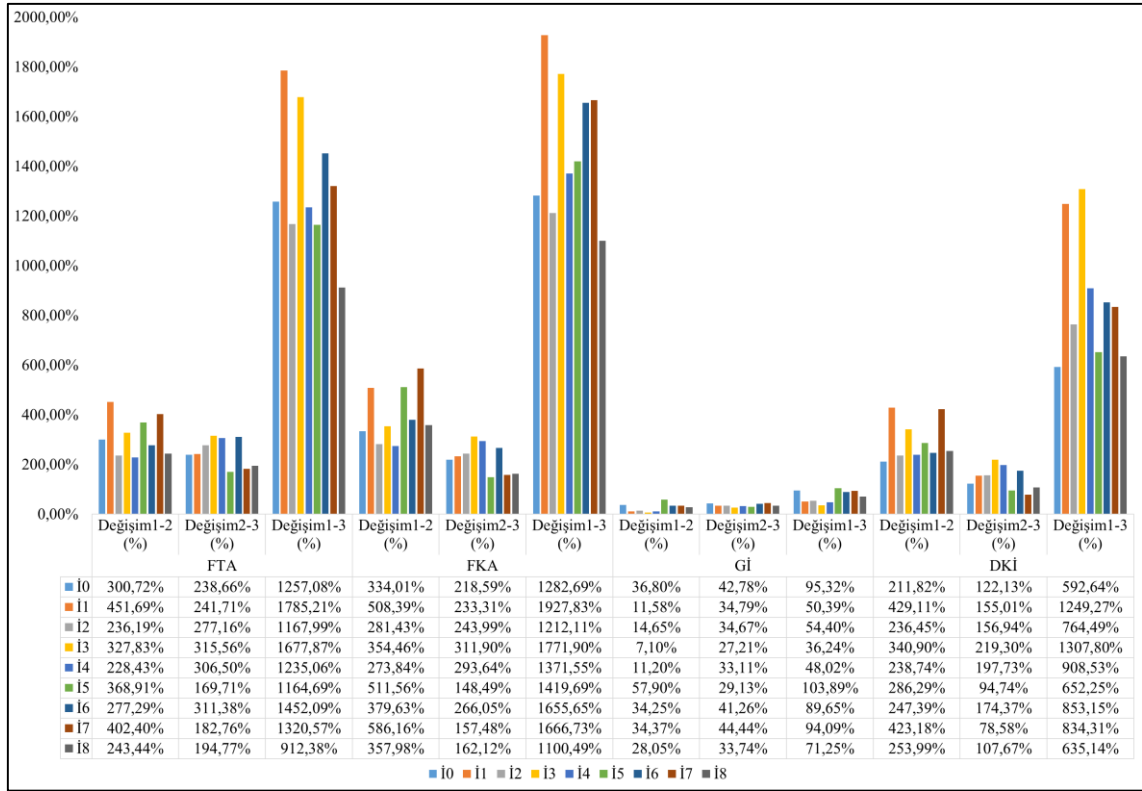
3.1.7. Fidan Karakterlerinin Yaşı Bağlı Değişimi ile Kümeleme ve Ayırma Analizine İlişkin Bulgular

Tohum ekimleri sonrasında dokuz farklı işlem uygulanıp yetiştirilen bir, iki ve üç yaşındaki fidanlarda, morfolojik ve biyokimyasal ölçümler gerçekleştirilerek elde edilen bulguların fidan yaşına bağlı değişimlerine ilişkin sonuçlar yüzdelik olarak hesaplanmış olup, fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, kök boyu ve kök sayısına ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 42’de gösterilmiştir.



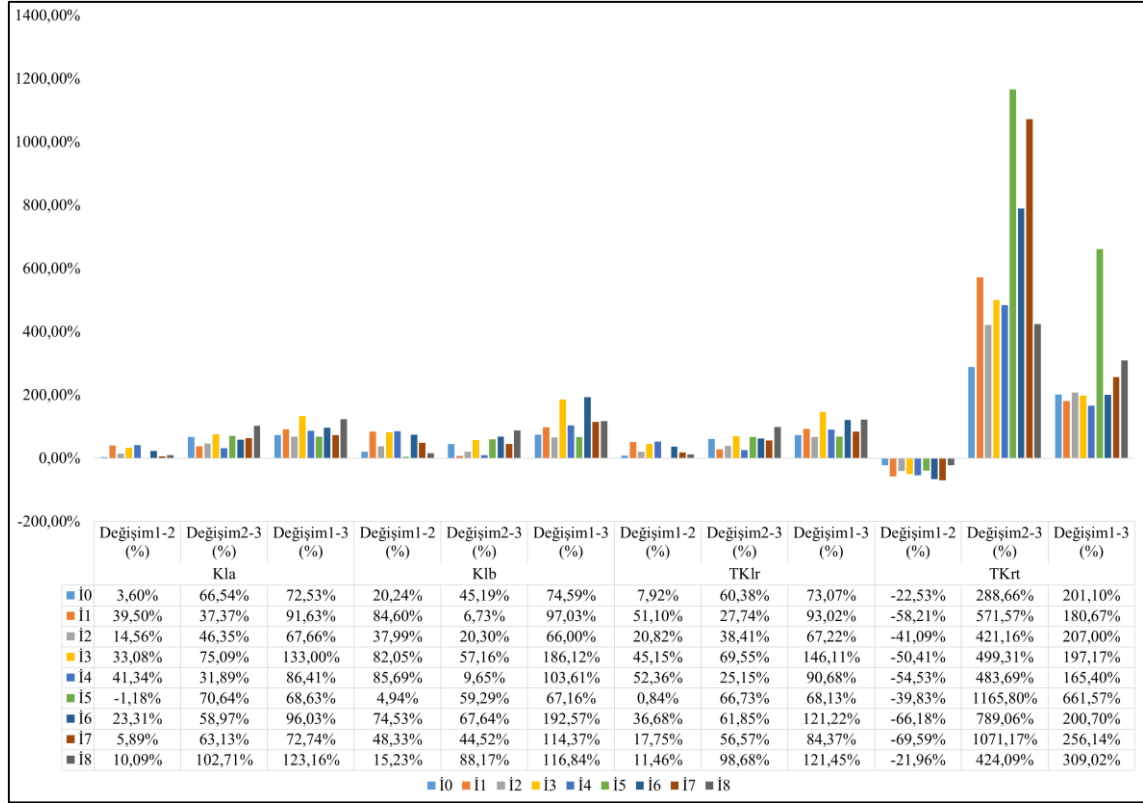
Şekil 42. FB, KBC, YDS, KB ve KS değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler

İki yaşındaki fidanların bir yaşındaki fidanlara göre yüzdelik değişimi “Değişim₁₋₂” olarak, üç yaşındaki fidanların iki yaşındaki fidanlara göre değişimi “Değişim₂₋₃” olarak ve üç yaşındaki fidanların bir yaşındaki fidanlara göre değişimi de “Değişim₁₋₃” olarak ifade edilmiştir. Fidan boyu açısından Değişim₁₋₂ ve Değişim₁₋₃ için en fazla artış sırasıyla %169,84 ve %424,16 ile İ5 işleminde meydana gelirken, Değişim₂₋₃ için en fazla artış %125,81 ile İ6 işleminde oluşmuştur. Kök boğazı çapına ilişkin en fazla artış Değişim₁₋₂ için %92,62 ile İ1 işleminde, Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için sırasıyla %70,16 ve %188,33 ile İ3 işleminde ortaya çıkmıştır. İlk yıl yan dal oluşumu gözlemlenmediği için yalnızca iki ve üç yaşındaki fidanlara ilişkin değişimin hesaplandığı yan dal sayısı için Değişim₂₋₃ açısından en fazla artış %374,19 ile İ0 işleminde meydana gelmiştir. Kök boyu bakımından Değişim₁₋₂ ve Değişim₁₋₃ için en fazla artışın sırasıyla %52,38 ve %122,11 ile İ3 işleminde olduğu belirlenirken, Değişim₂₋₃ için en fazla artışın da %61,30 ile İ7 işleminde olduğu tespit edilmiştir. Kök sayısı açısından Değişim₁₋₂ için %134,04 ile İ7 işlemi, Değişim₂₋₃ için %160,61 ile İ2 işlemi ve Değişim₁₋₃ için %280,77 ile İ5 işlemi en fazla artış değerlerine sahip olmuştur. Fidan taze ve kuru ağırlıkları ile gürbüzlük ve Dickson kalite indislerine ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 43’te sunulmuştur.



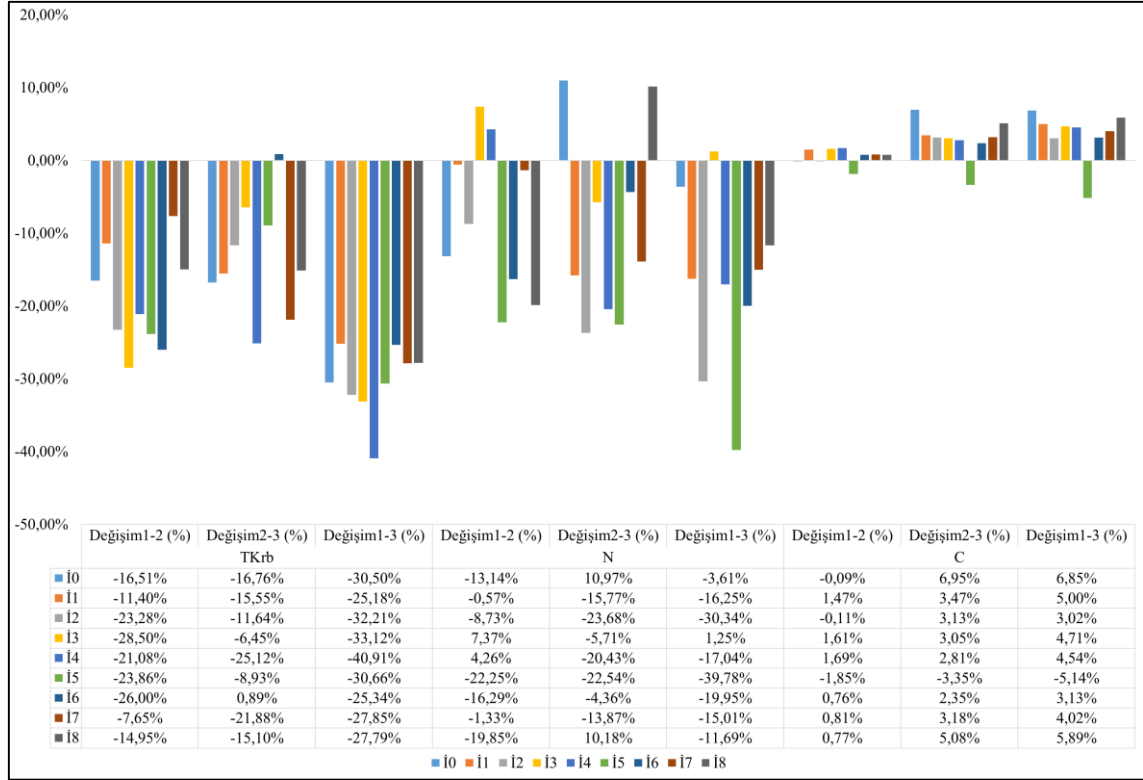
Şekil 43. FTA, FKA, Gİ ve DKİ değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler

Fidan taze ağırlığı açısından Değişim₁₋₂ ve Değişim₁₋₃ için en fazla artışların sırasıyla %451,69 ve %1785,21 ile İ11 işleminde olduğu, Değişim₂₋₃ için en fazla artışın ise %315,56 ile İ3 işleminde olduğu belirlenmiştir. Fidan kuru ağırlığı bakımından Değişim₁₋₂ için %586,16 ile İ7 işlemi, Değişim₂₋₃ için %311,90 ile İ3 işlemi ve Değişim₁₋₃ için %1927,83 ile İ11 işlemi en fazla artış değerlerine sahip olmuştur. Gürbüzlük indisine ilişkin %57,90 olarak Değişim₁₋₂ için ve %103,89 olarak Değişim₁₋₃ için belirlenen en fazla artış değerleri İ5 işleminde ortaya çıkarken, Değişim₂₋₃ için en fazla artış ise %44,44 ile İ7 işleminde meydana gelmiştir. Dickson kalite indisi açısından en fazla artış değeri Değişim₁₋₂ için İ11 işleminde %429,11 ile oluşurken, Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için İ3 işleminde sırasıyla %219,30 ve %1307,80 ile oluşmuştur. Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam karotenoid değerlerine ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 44'te verilmiştir.



Şekil 44. KLa, Klb, TKlr ve TKrt değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler

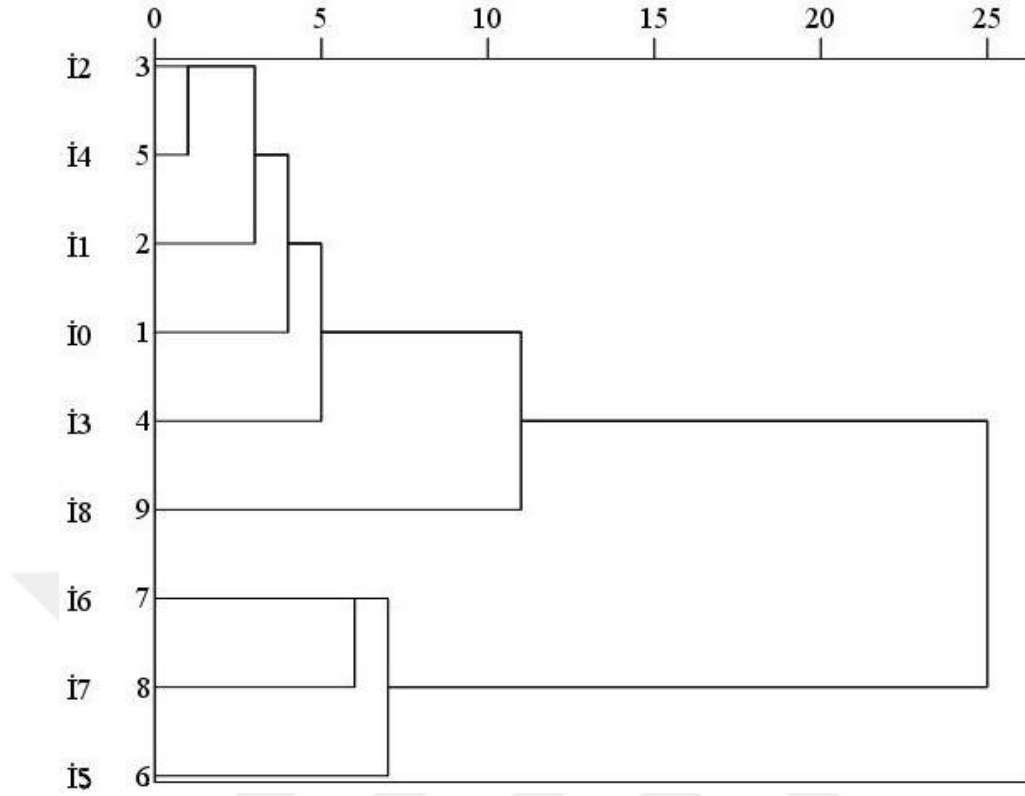
Klorofil a (Değişim₁₋₂ için İ5 hariç), klorofil b ve toplam klorofil değerlerine ilişkin fidanlarda her yıl artışlar meydana gelirken, toplam karotenoid açısından iki yaşındaki fidanlarda bir yaşındaki fidanlara oranla azalış ortaya çıkmıştır. Ancak, bu değere ilişkin üç yaşındaki fidanlarda yine bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil açısından Değişim₁₋₂ için en fazla artışlar sırasıyla %41,34, %85,69 ve %52,36 olarak İ4 işleminde, Değişim₂₋₃ için en fazla artışlar ise sırasıyla %102,71, %88,17 ve %98,68 olarak İ8 işleminde meydana gelmiştir. Değişim₁₋₃ için klorofil a ve toplam klorofil açısından en fazla artışlar İ3 işleminde sırasıyla %133,00 ve %146,11 olarak elde edilirken, klorofil b açısından en fazla artış ise %192,57 ile İ6 işleminde elde edilmiştir. Değişim₁₋₂ için toplam karotenoid açısından en fazla azalış %69,59 ile İ7 işleminde ortaya çıkmıştır. Öte yandan, bu değer açısından Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için en fazla artışların sırasıyla %1165,80 ve %661,57 olarak İ5 işleminde olduğu belirlenmiştir. Toplam çözünabilir karbonhidrat, toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 45'te gösterilmiştir.



Şekil 45. TKrb, N ve C değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler

Şekil incelendiğinde, toplam çözünebilir karbonhidrat, toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı artış ve azalışlar meydana gelmiştir. Toplam çözünebilir karbonhidrat bakımından Değişim₁₋₂ için en fazla azalış %28,50 ile İ3 işleminde ortaya çıkarken, Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için en fazla azalışlar ise sırasıyla %25,12 ve %40,91 ile İ4 işleminde ortaya çıkmıştır. Toplam azot değerinde Değişim₁₋₂ ve Değişim₁₋₃ için oluşan en fazla azalışların İ5 işleminde sırasıyla %22,25 ve %39,78 olarak, Değişim₂₋₃ için ise İ2 işleminde %23,68 olarak meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam karbon açısından Değişim₁₋₂ için %1,85 ile İ5 işleminde en fazla azalışın olduğu gözlemlenirken, Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için ise sırasıyla %6,95 ve %6,85 ile en fazla artışların olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında fidanlıkta yetiştirilen fidanlara ilişkin üç yıl boyunca ölçülen tüm morfolojik ve biyokimyasal özelliklere ilişkin sonuçlar birlikte değerlendirilerek, işlemler arasında oluşan gruplar hiyerarşik kümeleme analizi ile tespit edilmiş olup, bu gruplandırmaların anlamlılığı da ayırma analizi ile test edilmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar Şekil 46'da sunulmuştur.



Şekil 46. Fidanlıkta yetiştirilen fidanlar için hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar

Hiyerarşik kümeleme analizi ile işlemler arasında ortaya çıkan grupların, ayırma analizi sonucunda iki gruba ayrılmasının %95 güven düzeyinde anlamlı çıktığı tespit edilmiştir. Bu durumda, İ5, İ6 ve İ7 işlemleri bir grubu oluştururken, İ0, İ1, İ2, İ3, İ4 ve İ8 işlemleri de diğer grubu oluşturmuştur.

3.2. Fidanların Yetiştirildiği Topraklara İlişkin Bulgular

KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarında hazırlanan ekim yastıklarında kullanılan topraklardan 2020, 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemleri sonunda alınan örneklerin tekstür tayini, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin bulgular aşağıda sunulmuştur.

3.2.1. Birinci Büyüme Dönemi Sonunda Ekim Yastıklarındaki Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

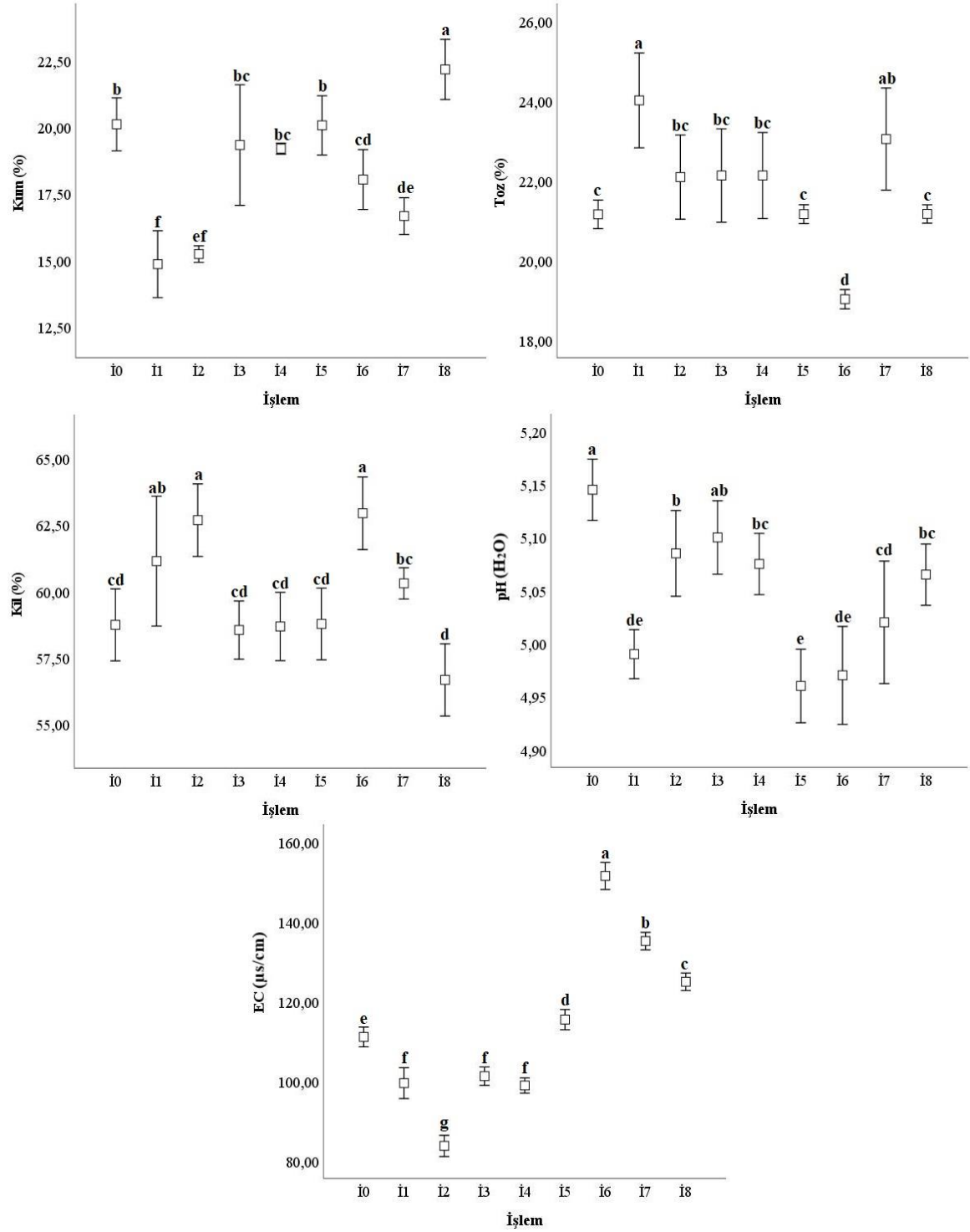
Birinci büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarından alınan toprak numunelerindeki kum, toz, kil oranları ile pH ve EC miktarlarına ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Birinci büyüme dönemi sonunda toprak özelliklerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları

İşlem	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	pH (H ₂ O)	EC (μS/cm)
İ0	20,12±0,10	21,15±0,36	58,74±1,36	5,15±0,03	111,05±2,48
İ1	14,85±1,26	24,01±1,19	61,14±2,45	4,99±0,02	99,45±3,87
İ2	15,23±0,31	22,09±1,06	62,69±1,37	5,09±0,04	83,70±2,66
İ3	19,34±2,27	22,13±1,17	58,54±1,10	5,10±0,04	101,20±2,31
İ4	19,20±0,21	22,13±1,08	58,68±1,29	5,08±0,03	98,85±1,91
İ5	20,08±1,11	21,16±0,24	58,77±1,35	4,96±0,04	115,40±2,54
İ6	18,04±1,13	19,02±0,24	62,95±1,37	4,97±0,05	151,45±3,41
İ7	16,66±0,69	23,04±1,28	60,30±0,59	5,02±0,06	135,10±2,19
İ8	22,18±1,13	21,16±0,23	56,66±1,36	5,07±0,03	124,90±2,19
Ortalama	18,41±2,54	21,76±1,55	59,83±2,37	5,05±0,07	113,46±20,13
F	17,555	10,066	8,568	11,641	242,794
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fig 10 cm, İ4: Kn+Fig 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Tablo 18 incelendiğinde, her ne kadar topraklardaki kum, toz ve kil oranları değişiklik gösterse de tüm işlemlerdeki toprak türünün kil olduğu belirlenmiştir. Kum miktarı bakımından en yüksek ortalama değer %22,18 ile İ8 işleminde ortaya çıkarken, en düşük ortalama değer ise %14,85 ile İ1 işleminde ortaya çıkmıştır. Toz miktarına ilişkin sonuçlara göre, İ1 işleminde %24,01 ile en yüksek ortalama değer elde edilmiş olup, İ6 işlemindeki %19,02 ile de en düşük ortalama değer elde edilmiştir. Kil miktarı açısından, en yüksek ve en düşük ortalama değerlerin sırasıyla İ6 (%62,95) ve İ8 (%56,66) işlemlerinde olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, en yüksek ortalama pH değerinin 5,15 ile İ0 işleminde, en yüksek ortalama EC değerinin ise 151,45 μS/cm ile İ6 işleminde olduğu belirlenmiştir. Bu iki değere ilişkin en düşük ortalamalar ise sırasıyla 4,96 olarak İ5 işleminde ve 83,70 μS/cm olarak İ2 işleminde ortaya çıkmıştır. Tablo 18’de yer alan varyans analizi sonuçlarına göre kum, toz, kil, pH ve EC açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiş olup, Duncan testi sonuçları Şekil 47’de gösterilmiştir.

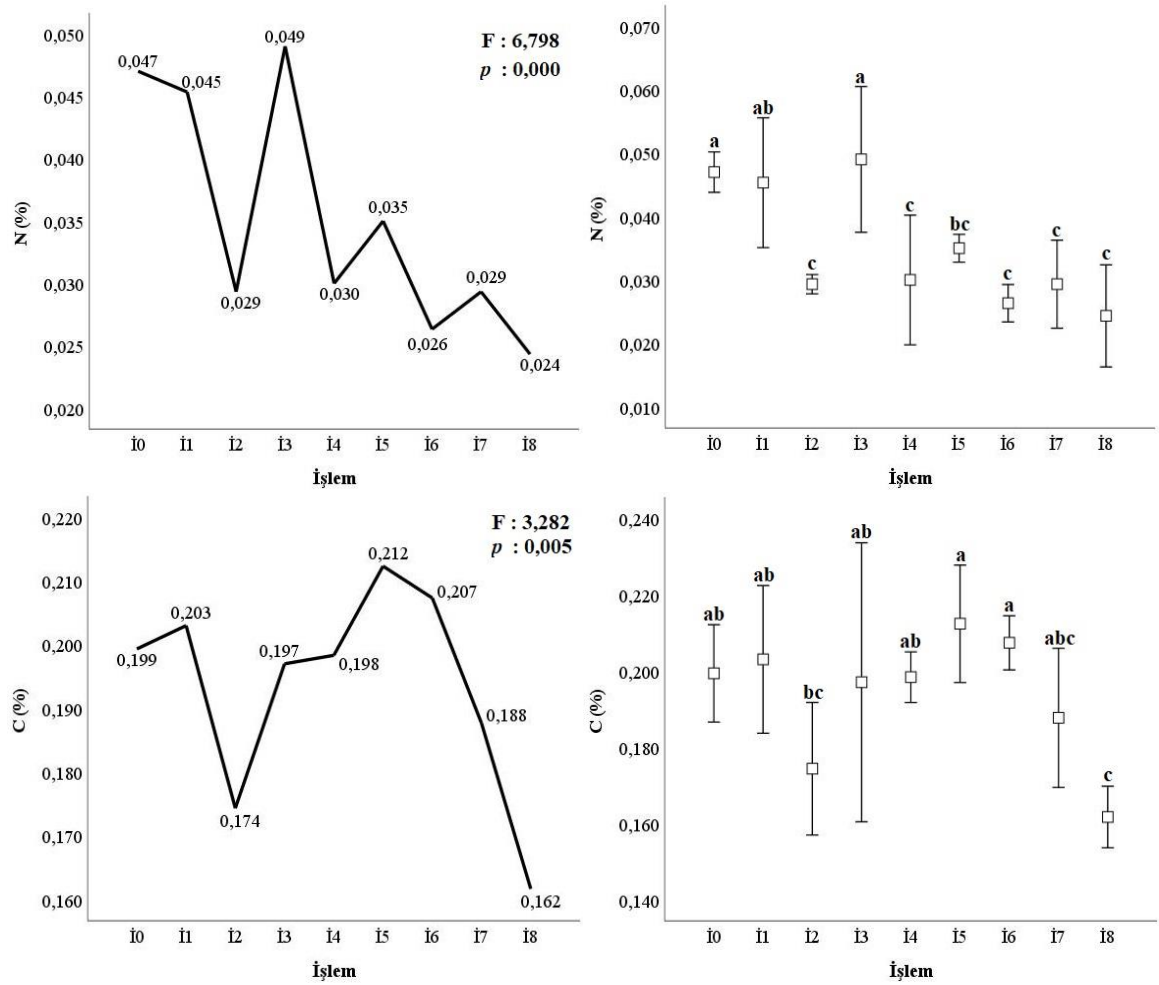


Şekil 47. Birinci büyüme dönemi sonunda kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Duncan testi sonuçlarına göre kum, pH ve EC açısından işlemler arasında yedi farklı grup meydana gelirken, toz ve kil açısından beş farklı grup ortaya çıkmıştır. Kum değeri için İ8 işlemi birinci grubu oluşturmuş olup, son grup İ1 işlemi tarafından oluşturulmuştur. Toz

değerine ilişkin ilk grubu İ1 işleminin, beşinci grubu ise İ6 işleminin teşkil ettiği belirlenmiştir. Kil değeri bakımından İ2 ve İ6 işlemlerinin birlikte birinci grubu, İ8 işleminin ise tek başına beşinci grubu oluşturduğu tespit edilmiştir. pH değeri açısından İ0 işlemi, EC değeri açısından ise İ6 işlemi ilk grubu oluştururken, bu iki değer açısından son gruplar sırasıyla İ5 ve İ2 işlemleri tarafından oluşturulmuştur.

Birinci büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarındaki topraklarda ölçülen ortalama toplam azot ve toplam karbon değerleri ve varyans analizi sonuçları ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 48’de verilmiştir.

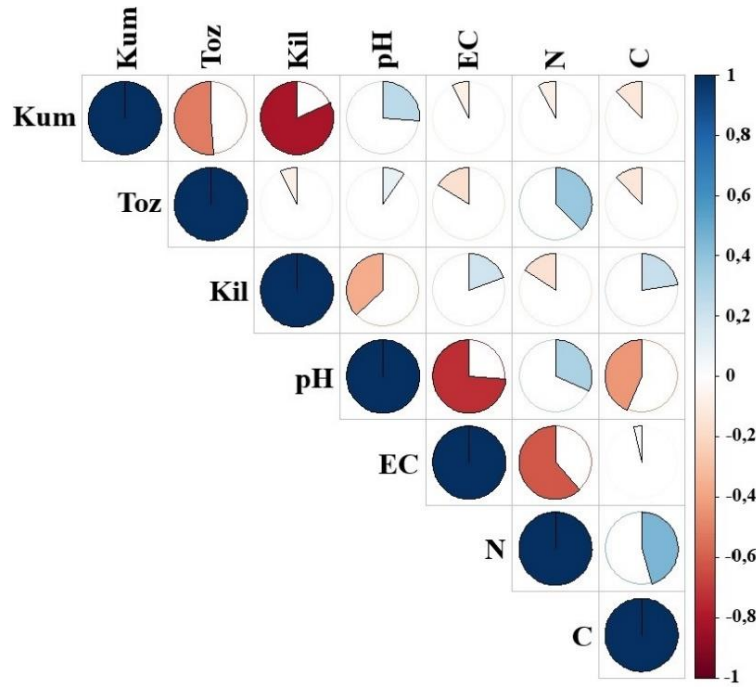


Şekil 48. Birinci büyüme dönemi sonunda topraklardaki toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Toplam azota ilişkin grafik incelendiğinde, İ3 işleminde %0,049 olarak belirlenen en yüksek ortalama değer, İ8 işleminde %0,024 ile en düşük olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca, İ0 işleminde %0,047 olarak belirlenen ortalama toplam azot değeri, İ1

işleminde %0,045 olarak, İ2 işleminde %0,029 olarak, İ4 işleminde %0,030 olarak, İ5 işleminde %0,035 olarak, İ6 işleminde %0,026 olarak ve İ7 işleminde de %0,029 olarak belirlenmiştir. Toplam karbon açısından en yüksek ortalama değer %0,212 olarak İ5 işleminde ortaya çıkarken, en düşük ortalama değer ise %0,162 olarak İ8 işleminde meydana gelmiştir. Öte yandan, İ0 işlemindeki ortalama toplam karbon değeri %0,199 olurken, İ1 işleminde %0,203, İ2 işleminde %0,174, İ3 işleminde %0,197, İ4 işleminde %0,198, İ6 işleminde %0,207 ve İ7 işleminde de %0,188 olmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre, hem toplam azot hem de toplam karbon değerleri için işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,01$) meydana gelmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde, toplam azot açısından dört, toplam karbon açısından ise beş farklı oluşmuştur. Toplam azot açısından oluşan ilk grupta İ0 ve İ3 işlemleri birlikte bulunurken, ikinci grupta İ1 işlemi, üçüncü grupta İ5 işlemi ve son grupta da İ2, İ4, İ6, İ7 ve İ8 işlemleri birlikte yer almıştır. İ5 ve İ6 işlemlerinin birlikte ilk grubu oluşturduğu toplam karbon için, İ0, İ1 ve İ4 işlemleri birlikte ikinci grubu, İ7 işlemi üçüncü grubu, İ2 işlemi dördüncü grubu ve İ8 işlemi de beşinci grubu teşkil etmiştir.

Birinci büyüme dönemi sonunda ölçülen tüm toprak karakterleri arasındaki ilişki yönü ve gücü korelasyon analizi ile ortaya koyulmuştur (Şekil 49).



Şekil 49. Birinci büyüme dönemi sonundaki toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde kum, toz ve kil değerlerinin her biri arasında negatif yönde korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Kum ile kil değerleri arasında güçlü bir korelasyon ortaya çıkarken, kum ve toz değerleri arasında orta derecede, toz ve kil değerleri arasında ise zayıf derecede korelasyonlar meydana gelmiştir. Ayrıca, kum değerinin pH değeri ile arasında pozitif yönde, EC, toplam azot ve toplam karbon değerleri ile arasında ise negatif yönde zayıf korelasyonlar ortaya çıkmıştır. Toz değerinin, pH ile arasında zayıf derecede, toplam azot ile arasında yaklaşık orta derecede ve pozitif yönde korelasyonlar olduğu, ancak EC ve toplam karbon ile arasında ise negatif yönde ve zayıf derecede korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Kil değerinin pH ile arasında yaklaşık orta derecede, toplam azot ile arasında zayıf derecede ve negatif yönde, EC ve toplam karbon ile arasında ise pozitif yönde ve zayıf derecede korelasyonlar meydana gelmiştir. pH değeri, EC ile negatif yönde ve güçlü bir korelasyona sahip olurken, toplam karbon ile yine negatif yönde ve yaklaşık orta derecede bir korelasyona sahip olmuştur. Ayrıca bu değer, toplam azot ile yaklaşık orta derecede olan pozitif yönde bir korelasyon ortaya koymuştur. EC değerine ilişkin inceleme yapıldığında, bu değer toplam azot ile orta derecede, toplam karbon ile çok zayıf derecede ve negatif yönde korelasyonlar oluşturduğu belirlenmiştir. Toplam azot ve toplam karbon değerleri arasında ise pozitif yönde ve orta derecede bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

3.2.2. İkinci Büyüme Dönemi Sonunda Ekim Yastıklarındaki Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

İkinci büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarından alınan toprak örneklerindeki kum, toz, kil, pH ve EC miktarlarına ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları Tablo 19’da verilmiştir.

Kum miktarı açısından en yüksek ortalama değer $\%35,85$ ile İ7 işleminde, en düşük ortalama değer ise $\%29,17$ ile İ2 işleminde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Toz miktarı bakımından İ3 işlemindeki $\%22,88$ ’lik en yüksek ortalama değere karşılık, $\%19,44$ ile İ5 işleminde en düşük ortalama değer elde edilmiştir. Kil miktarına ilişkin en yüksek ortalama değer İ2 işleminde $\%48,02$ olarak, en düşük ortalama değer ise İ7 işleminde $\%43,75$ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan hareketle, tüm işlemlerdeki toprak türünün kil olduğu belirlenmiştir. pH ve EC değerleri açısından en düşük ortalama değerler sırasıyla 4,82 ve 53,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile İ6 işleminde ortaya çıkmıştır. En yüksek ortalama pH değerine 5,57 ile İ2

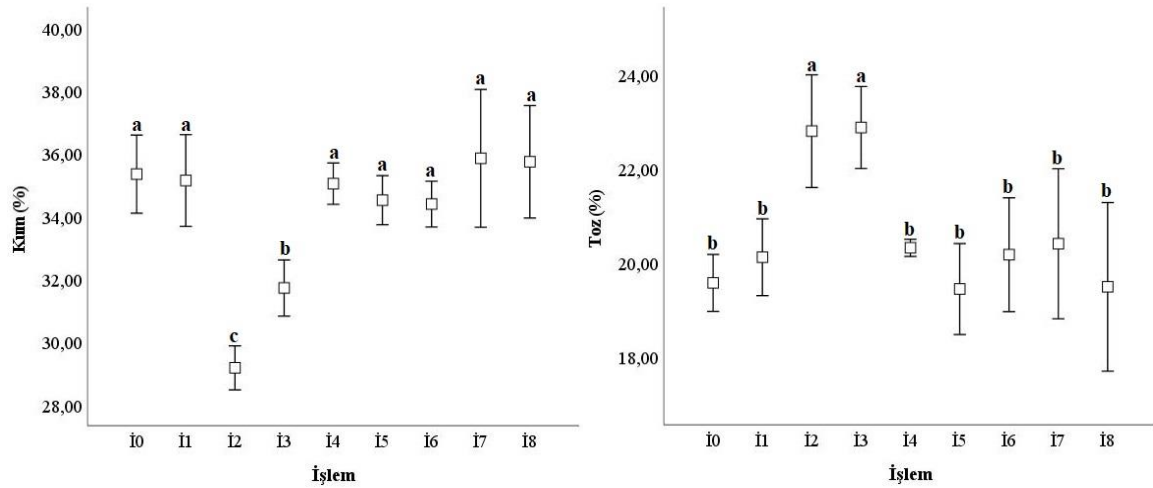
işlemi sahip olurken, en yüksek ortalama EC değerine ise İ7 işlemi sahip olmuştur.

Tablo 19. İkinci büyüme dönemi sonunda toprak özelliklerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları

İşlem	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	pH (H ₂ O)	EC (μS/cm)
İ0	35,34±1,52	19,57±0,74	45,08±0,92	5,21±0,19	73,43±15,64
İ1	35,14±1,79	20,12±1,00	44,74±0,79	5,04±0,04	56,47±2,07
İ2	29,17±0,86	22,80±1,47	48,02±0,73	5,57±0,14	74,33±20,22
İ3	31,72±1,10	22,88±1,07	45,40±1,11	4,99±0,24	78,10±9,85
İ4	35,04±0,81	20,32±0,22	44,64±0,89	5,43±0,21	60,97±2,32
İ5	34,51±0,96	19,44±1,19	46,04±1,16	5,12±0,17	57,17±2,15
İ6	34,39±0,89	20,17±1,48	45,44±0,73	4,82±0,03	53,40±1,73
İ7	35,85±2,69	20,41±1,95	43,75±1,34	5,02±0,07	83,03±4,94
İ8	35,74±2,19	19,49±2,20	44,77±0,92	4,86±0,04	81,50±10,33
Ortalama	34,10±2,56	20,58±1,80	45,32±1,45	5,12±0,27	68,71±14,42
F	12,177	5,588	9,089	17,070	8,173
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

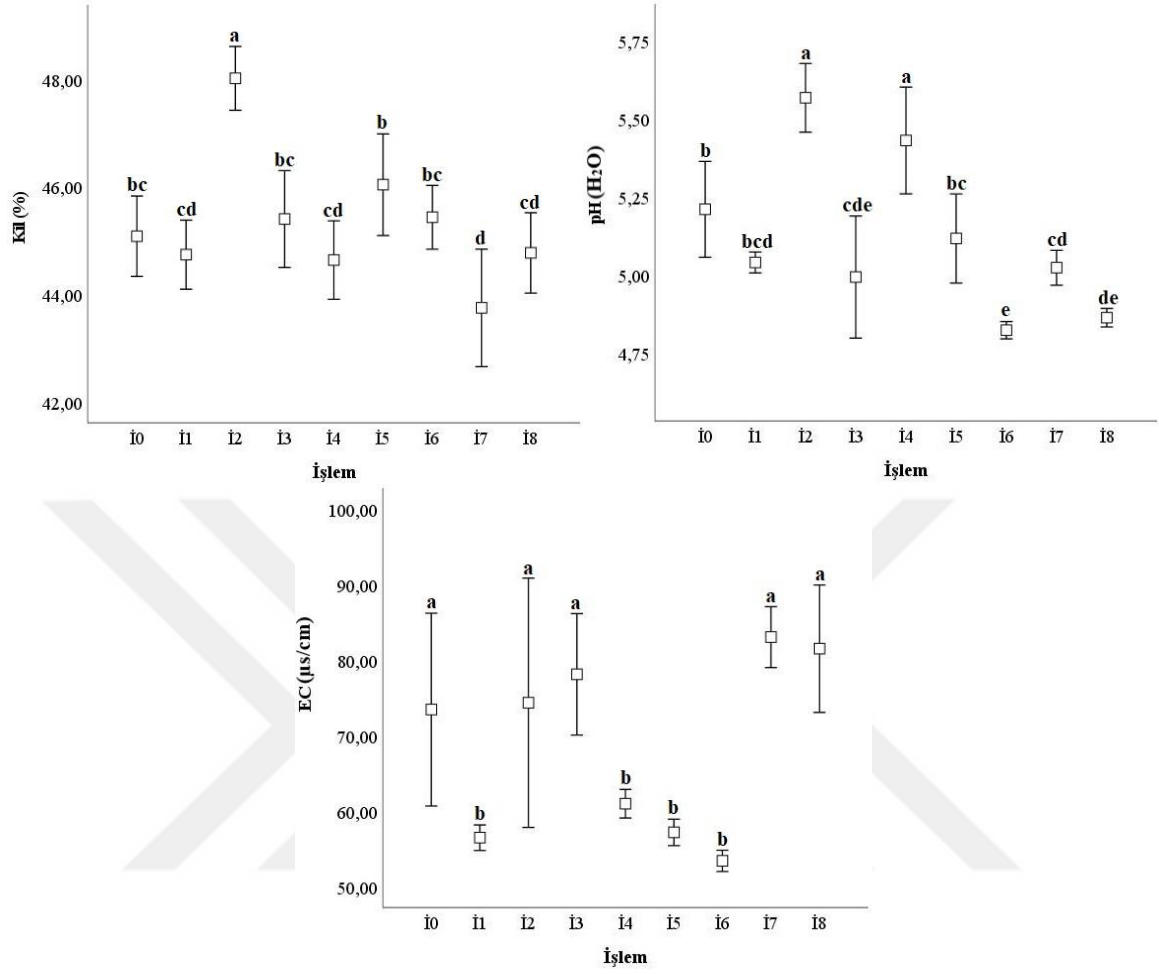
İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fig 10 cm, İ4: Kn+Fig 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Varyans analizi sonuçları dikkate alındığında, kum, toz, kil, pH ve EC açısından işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,01$) tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı farklılıkların meydana geldiği bu değerlere ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 50’de gösterilmiştir.



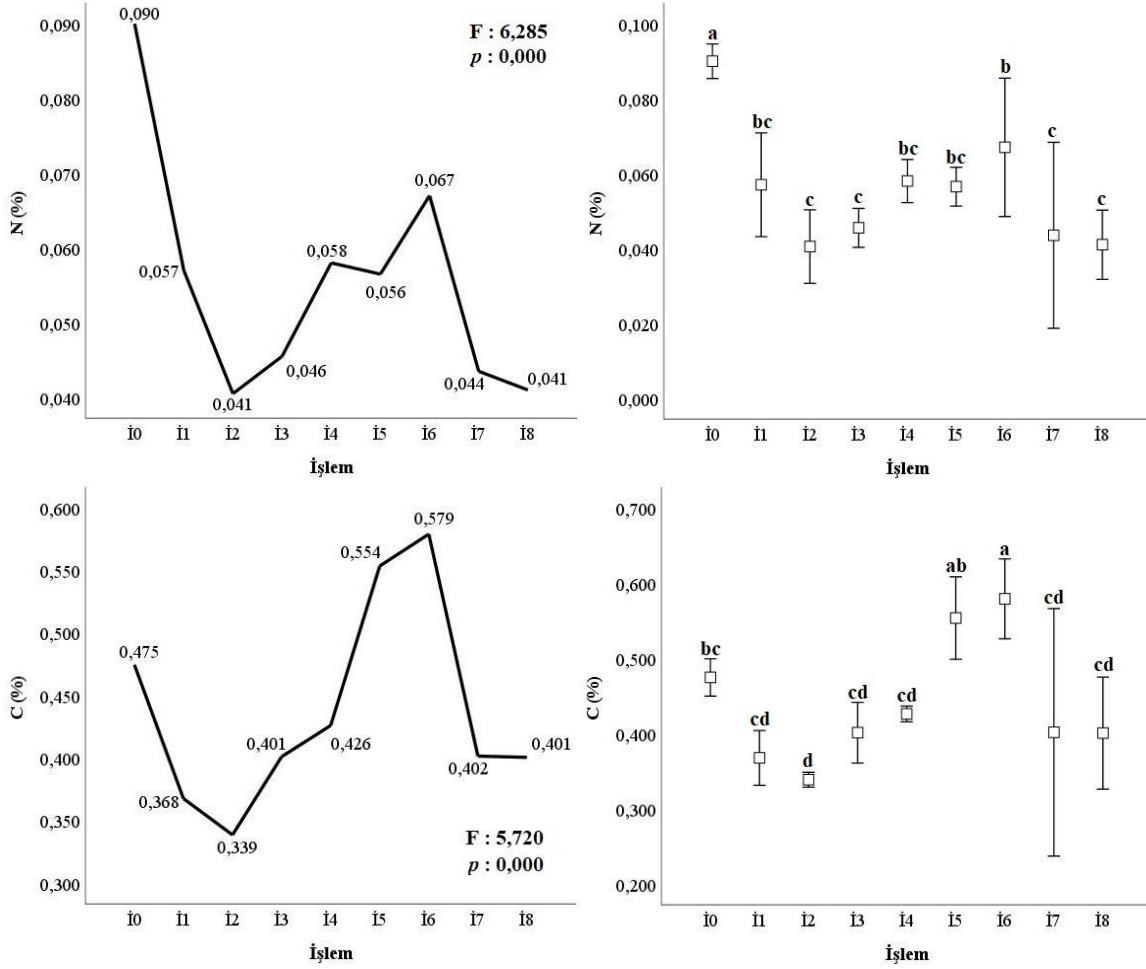
Şekil 50. İkinci büyüme dönemi sonunda kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Şekil 50'nin devamı



Şekil 50 incelendiğinde, kum açısından üç farklı grup, toz ve EC açısından iki farklı grup, kil açısından beş farklı grup ve pH açısından da sekiz farklı grup olduğu belirlenmiştir. Kum için birinci grupta İ0, İ1, İ4, İ5, İ6, İ7 ve İ8 işlemleri birlikte bulunurken, ikinci grupta İ3 işlemi ve üçüncü grupta da İ2 işlemi yer almıştır. Toz açısından oluşan gruplardan ilkinin İ2 ve İ3 işlemleri birlikte oluştururken, ikincisini ise İ0, İ1, İ4, İ5, İ6, İ7 ve İ8 işlemleri birlikte oluşturmuştur. Kil bakımından ilk grubun İ2 işlemi tarafından, son grubun ise İ7 işlemi tarafından oluşturulduğu tespit edilmiştir. pH değerine ilişkin oluşan ilk grubu İ2 ve İ4 işlemleri birlikte teşkil ederken, sekizinci grubu ise İ6 işlemi teşkil etmiştir. EC açısından ortaya çıkan iki gruptan birincisinde İ0, İ2, İ3, İ7 ve İ8 işlemleri, ikincisinde ise İ1, İ4, İ5 ve İ6 işlemleri kendilerine yer bulmuştur.

İkinci büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarındaki topraklarda ortaya çıkan ortalama toplam azot ve toplam karbon değerleri ve varyans analizine ilişkin grafikler ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 51’de sunulmuştur.

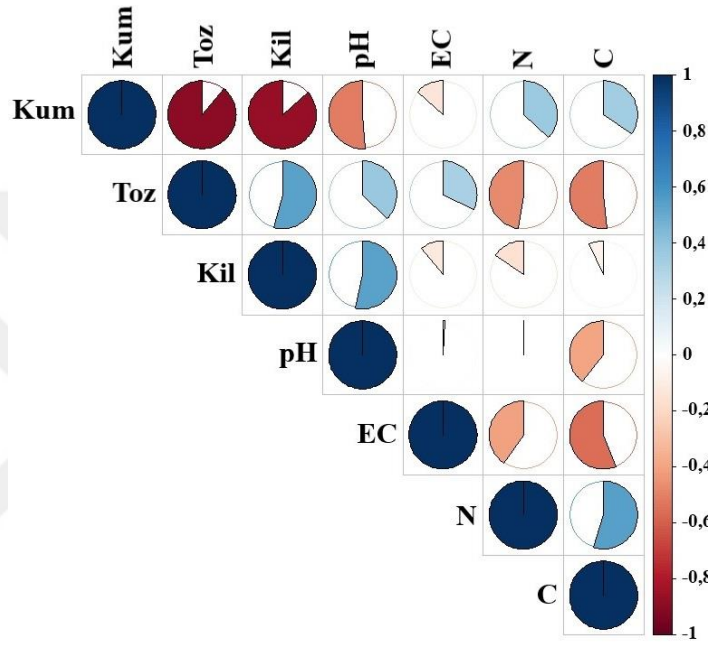


Şekil 51. İkinci büyüme dönemi sonunda topraklardaki toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamalar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Ortalama toplam azot değerine ilişkin değerler en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla, %0,090 olarak İ0 işleminde, %0,067 olarak İ6 işleminde, %0,058 olarak İ4 işleminde, %0,057 olarak İ1 işleminde, %0,056 olarak İ5 işleminde, %0,046 olarak İ3 işleminde, %0,044 olarak İ7 işleminde, %0,041 olarak İ2 ve İ8 işlemlerinde belirlenmiştir. Ortalama en yüksek toplam karbon değeri %0,579 ile İ6 işleminde ortaya çıkarken, bu değeri %0,554 ile İ5 işleminde, %0,475 ile İ0 işleminde, %0,426 ile İ4 işleminde, %0,402 ile İ7 işleminde, %0,401 ile İ3 ve İ8 işlemleri, %0,368 ile İ1 işleminde ve %0,339 ile de İ2 işleminde takip etmiştir. Grafiklerde yer alan varyans analizi sonuçlarına göre, hem toplam azot hem de toplam karbon açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Yapılan Duncan testi sonucunda, toplam azot değerine ilişkin dört farklı grup meydana gelmiştir. Buna göre, İ0 işleminde birinci grubu, İ6 işleminde ikinci grubu, İ1, İ4 ve İ5 işlemleri birlikte üçüncü grubu ve İ2, İ3, İ7 ve İ8 işlemleri de dördüncü grubu oluşturmuştur.

Toplam karbon değeri açısından beş farklı grup ortaya çıkmış olup, ilk grubun İ6 işlemi, ikinci grubun İ5 işlemi, üçüncü grubun İ0 işlemi, dördüncü grubun İ1, İ3, İ4, İ7 ve İ8 işlemleri ve beşinci grubun da İ2 işlemi tarafından meydana getirildiği belirlenmiştir.

İkinci büyüme dönemi sonunda ölçülen tüm toprak karakterleri arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 52’de verilmiştir.



Şekil 52. İkinci büyüme dönemi sonundaki toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Şekil 52 incelendiğinde, kum değerinin toz ve kil ile güçlü, pH ile orta derecede ve EC ile de zayıf derecede ve negatif yönde korelasyonlar oluşturduğu, toplam azot ve toplam karbon ile pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede korelasyonlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Toz değerinin kil, pH ve EC ile pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede korelasyonlar ortaya koyarken, toplam azot ve toplam karbon ile negatif yönde ve yine yaklaşık orta derecede korelasyonlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Kil değeri, pH ile yaklaşık orta derecede ve pozitif yönde korelasyona sahip olurken EC, toplam azot ve toplam karbon ile ise negatif yönde ve zayıf derecede korelasyonlara sahip olmuştur. pH değeri için EC ve toplam azot ile arasında anlamlı bir korelasyondan bahsedilemezken, toplam karbon ile arasında negatif yönde ve yaklaşık orta derece bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. EC değeri, toplam azot ve toplam karbon ile negatif yönde ve yaklaşık orta derecede

korelasyonlar oluştururken, toplam azot ve toplam karbon arasında ise pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede bir korelasyon ortaya çıkmıştır.

3.2.3. nc Büyüme Dönemi Sonunda Ekim Yastıklarındaki Toprak zelliklerine İlişkin Bulgular

nc büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarından alınan toprak örneklerindeki kum, toz, kil oranları ile pH ve EC miktarlarına ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları Tablo 20’de sunulmuştur.

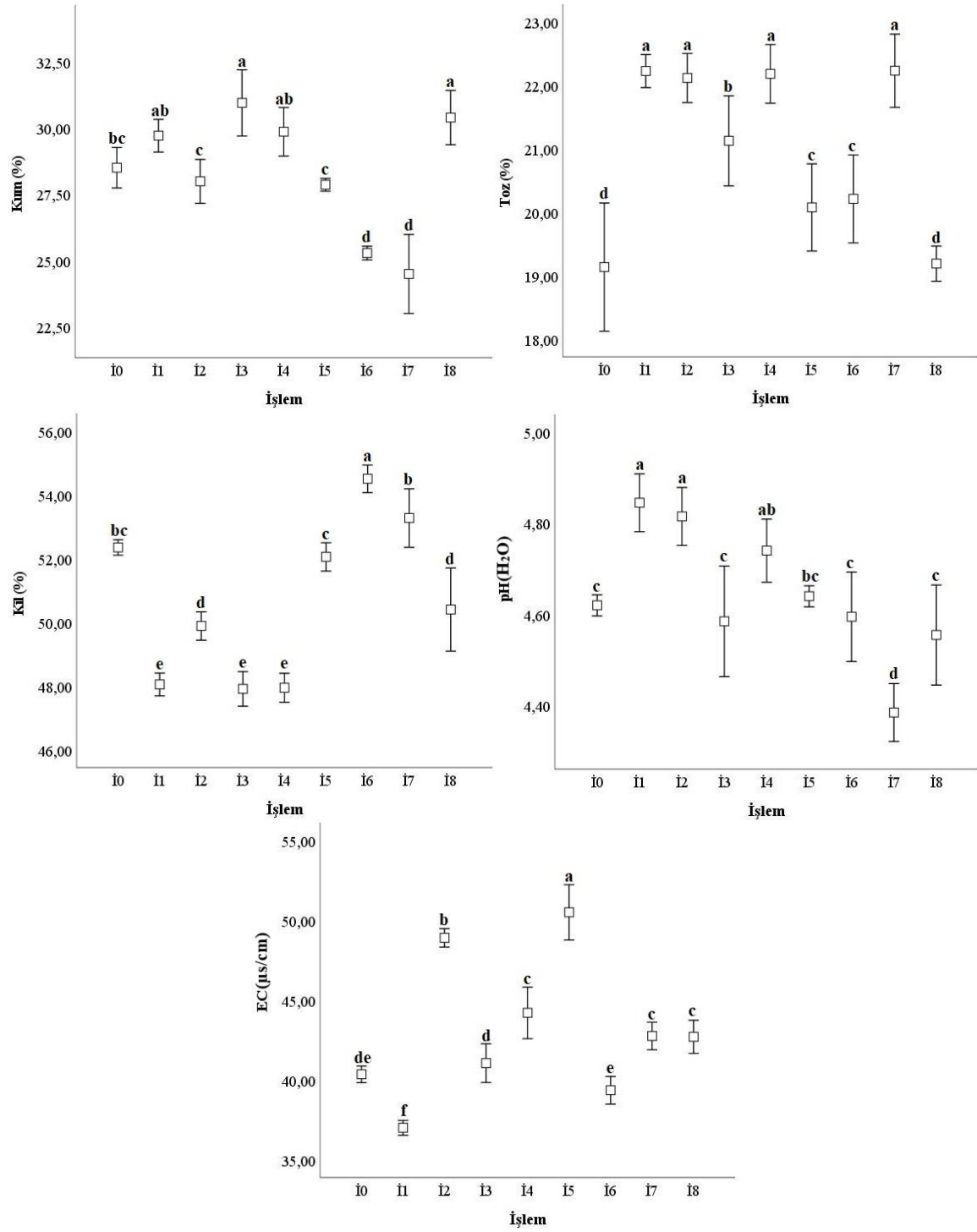
Tablo 20. nc büyüme dönemi sonunda toprak özelliklerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları

İşlem	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	pH (H ₂ O)	EC (S/cm)
İ0	28,52±0,77	19,14±1,01	52,35±0,24	4,62±0,02	40,35±0,52
İ1	29,73±0,62	22,23±0,26	48,05±0,36	4,85±0,06	37,00±0,46
İ2	28,00±0,83	22,12±0,39	49,89±0,44	4,82±0,06	48,90±0,58
İ3	30,97±1,25	21,13±0,71	47,91±0,54	4,59±0,12	41,05±1,21
İ4	29,88±0,92	22,18±0,46	47,95±0,46	4,74±0,07	44,20±1,62
İ5	27,87±0,24	20,08±0,69	52,06±0,44	4,64±0,02	50,50±1,73
İ6	25,29±0,26	20,21±0,69	54,51±0,43	4,60±0,10	39,35±0,87
İ7	24,50±1,50	22,23±0,58	53,28±0,92	4,39±0,06	42,75±0,87
İ8	30,41±1,03	19,19±0,28	50,40±1,30	4,56±0,11	42,70±1,04
Ortalama	28,35±2,28	20,94±1,37	50,71±2,43	4,64±0,15	42,98±4,28
F	23,982	18,811	57,545	13,277	65,609
p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fig 10 cm, İ4: Kn+Fig 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

Tablo 20’ye göre, tüm işlemlerdeki toprak türünün kil olduğu belirlenmiştir. Kum miktarına ilişkin en yüksek ortalama değerin %30,97 olarak İ3 işleminde, en düşük ortalama değerin ise %24,50 olarak İ7 işleminde olduğu tespit edilmiştir. Toz miktarı açısından %22,23 olduğu belirlenen en yüksek ortalama değer İ1 ve İ7 işlemlerinde elde edilirken, %19,14 olan en düşük ortalama değer ise İ0 işleminde elde edilmiştir. En yüksek ortalama kil miktarı %54,51 ile İ6 işleminde, en düşük ortalama kil miktarı ise %47,91 ile İ3 işleminde ortaya çıkmıştır. pH açısından en yüksek ortalama değerin elde edildiği İ1 işleminde (4,85), EC açısından ise en düşük ortalama değer (37,00 S/cm) meydana gelmiştir. Buna ilave olarak, en düşük ortalama pH değerinin 4,39 ile İ7 işleminde olduğu, en yüksek ortalama EC değerinin ise 50,50 S/cm ile İ5 işleminde olduğu belirlenmiştir. nceki yıllarda toprak özellikleri açısından elde edilen sonuçlara benzer şekilde, ölçülen tüm toprak karakterleri açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların

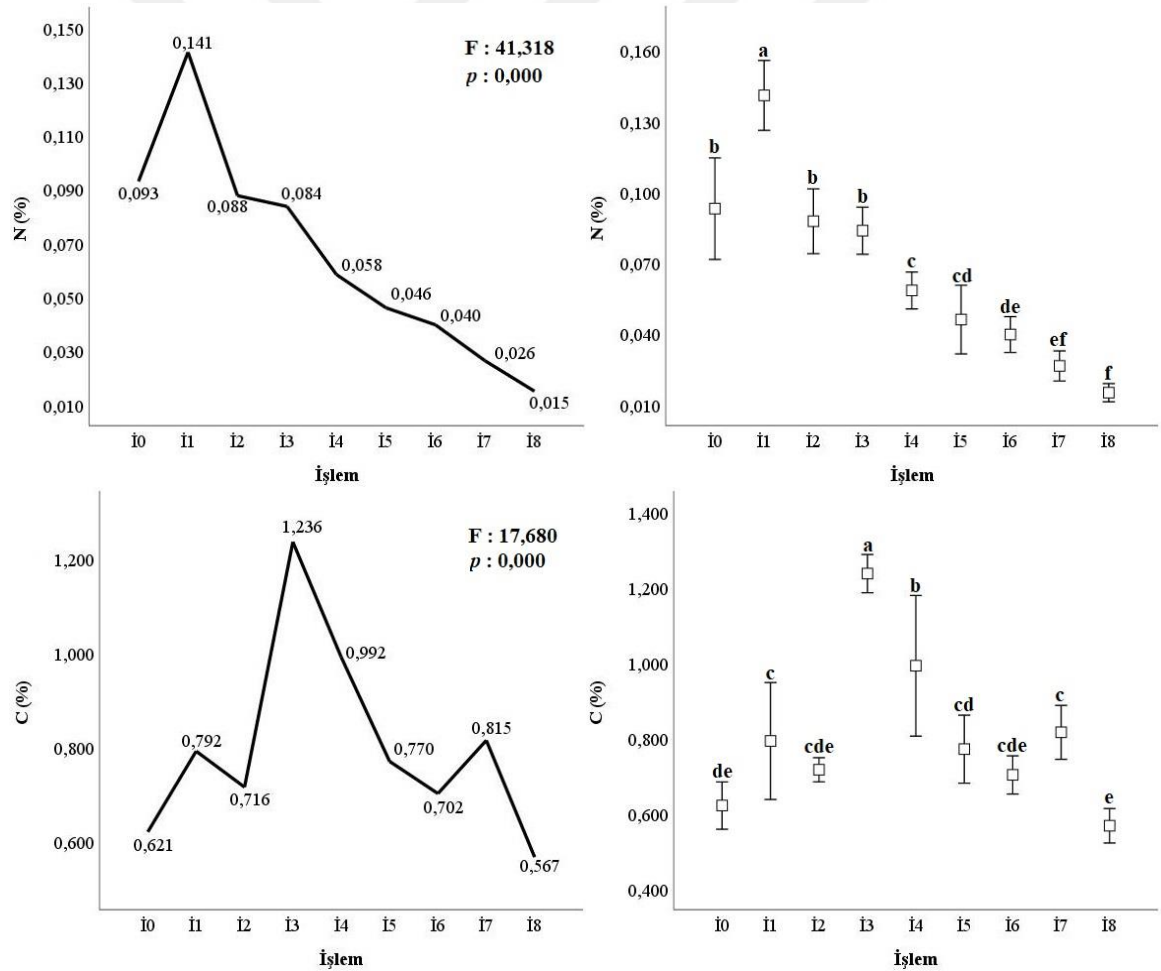
olduğu varyans analizi sonucunda tespit edilmiştir. Her bir toprak özelliği açısından işlemler arasındaki farklılıklar sonucu oluşan gruplara ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 53'te sunulmuştur.



Şekil 53. Üçüncü büyüme dönemi sonunda kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Duncan testi sonuçlarına göre, kum açısından beş farklı grup meydana gelmiştir. İ3 ve İ8 işlemlerinin birlikte birinci grubu, İ6 ve İ7 işlemlerinin ise birlikte beşinci grubu oluşturduğu belirlenmiştir. Toz bakımından dört farklı grup ortaya çıkmış olup ilk grup İ1, İ2, İ4 ve İ7 işlemleri tarafından, son grup ise İ0 ve İ8 işlemleri tarafından oluşturulmuştur. Kil açısından oluşan altı gruptan ilkinde İ6 işlemi, altıncısında ise İ1, İ3 ve İ4 işlemleri kendine yer bulmuştur. pH ve EC açısından sırasıyla beş ve yedi farklı grup meydana gelmiştir. pH bakımından İ1 ve İ2 işlemleri, EC bakımından ise İ5 işlemi ilk grubu oluştururken, son gruplar ise sırasıyla İ7 ve İ1 işlemleri tarafından oluşturulmuştur.

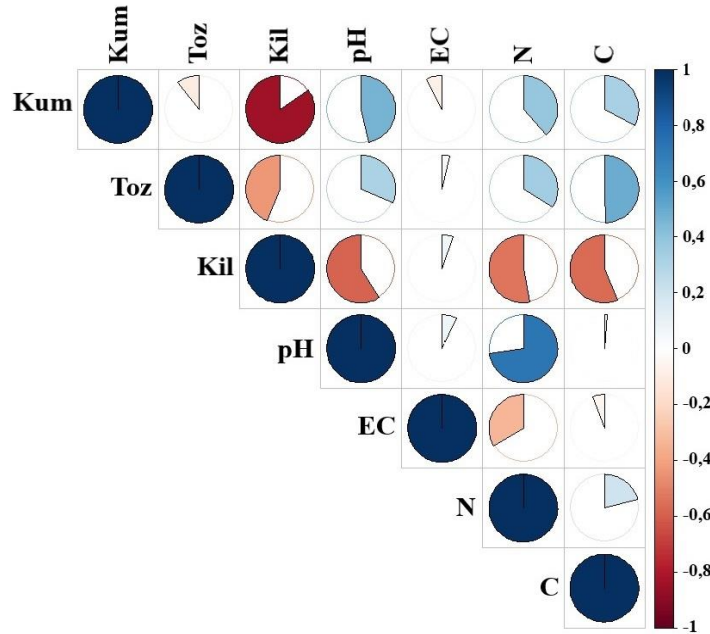
Üçüncü büyüme dönemi sonunda topraklardaki ortalama toplam azot ve toplam karbon değerleri ve varyans analizi sonuçları ile Duncan testi sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 54'te gösterilmiştir.



Şekil 54. Üçüncü büyüme dönemi sonunda topraklardaki toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin ortalamlar, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Üçüncü büyüme dönemi sonunda topraklarda ölçülen en yüksek ortalama toplam azot değeri %0,141 ile İ1 işleminde ortaya çıkmıştır. İ0 işlemi için %0,093 olan ortalama toplam azot değeri, İ2 işlemi için %0,088, İ3 işlemi için %0,084, İ4 işlemi için %0,058, İ5 işlemi için %0,046, İ6 işlemi için %0,040, İ7 işlemi için %0,026 ve İ8 işlemi için de %0,015 olmuştur. Toplam karbon açısından en yüksek ortalama değer %1,236 ile İ3 işleminde elde edilirken, en düşük ortalama değer ise %0,567 ile İ8 işleminde elde edilmiştir. Ayrıca, bu değer İ0 işleminde %0,621 olarak, İ1 işleminde %0,792 olarak, İ2 işleminde %0,716 olarak, İ4 işleminde %0,992 olarak, İ5 işleminde %0,770 olarak, İ6 işleminde %0,702 olarak ve İ7 işleminde de %0,815 olarak meydana gelmiştir. Varyans analizi sonuçları dikkate alındığında, her iki toprak özelliği açısından da işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,01$) ortaya çıkmıştır. Yapılan Duncan testi sonucunda, hem toplam azot hem de toplam karbon açısından yedi farklı grup olduğu tespit edilmiştir. Toplam azot açısından İ1 işlemi, toplam karbon açısından ise İ3 işlemi birinci grubu oluştururken, her iki toprak özelliğine ilişkin son gruplar ise İ8 işlemi tarafından oluşturulmuştur.

Üçüncü büyüme dönemi sonunda toprak özellikleri arasındaki ilişki yönünü ve gücünü belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizi sonucu Şekil 55'te verilmiştir.



Şekil 55. Üçüncü büyüme dönemi sonundaki toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

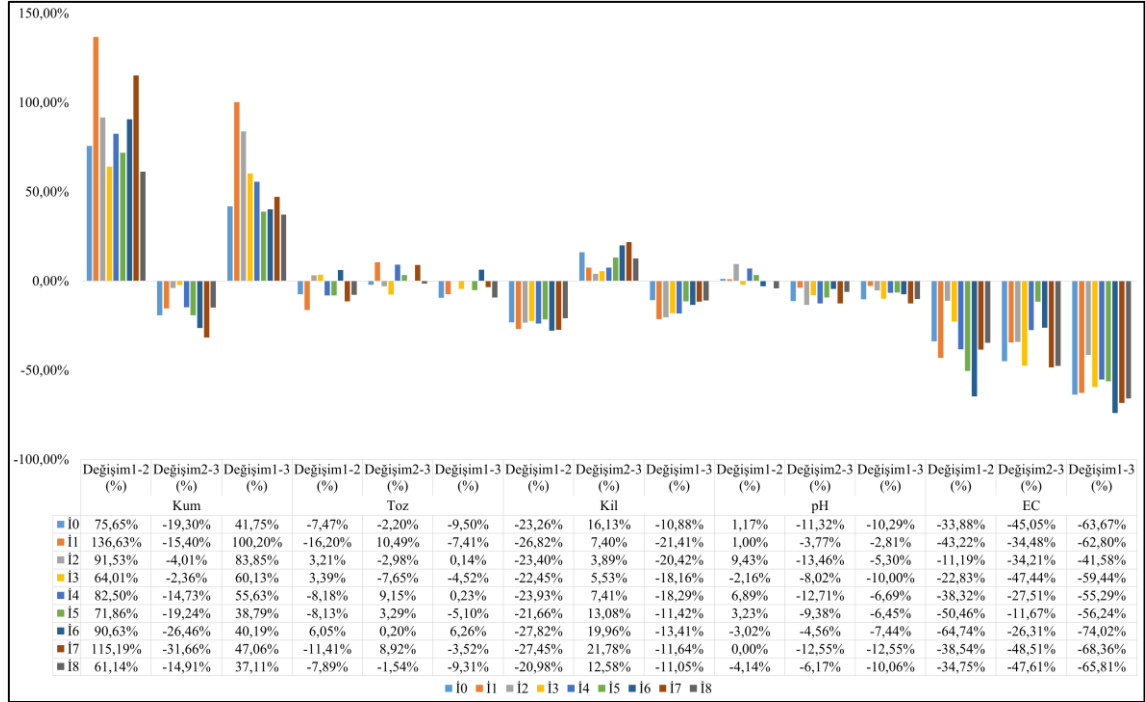
Korelasyon analizi neticesinde kum, toz ve kil değerlerinin her biri arasında negatif yönde korelasyonlar olduğu görülmüştür. Kum değeri, toz ve EC ile zayıf, kil ile güçlü ve

negatif yönde, pH, toplam azot ve toplam karbon ile pozitif yönde ve yaklaşık orta derecede korelasyonlara sahip olmuştur. Toz değeri, kil ile negatif yönde ve yaklaşık orta derecede bir korelasyon oluştururken, pH ve toplam azot ile yaklaşık orta derecede, EC ile zayıf derecede, toplam karbon ile orta derecede ve pozitif yönde korelasyonlar oluşturduğu tespit edilmiştir. Kil değerinin pH, toplam azot ve toplam karbon değerleri ile negatif yönde ve yaklaşık orta derecede korelasyonlara, EC ile pozitif yönde ve zayıf derecede bir korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. pH değeri toplam karbon ile anlamlı bir korelasyon oluşturmazken, EC ile zayıf ve toplam azot ile güçlü ve pozitif yönde korelasyonlar oluşturmuştur. EC değerinin hem toplam azot hem de toplam karbon ile arasında negatif yönde ve zayıf derecede korelasyonlar olduğu saptanmıştır. Toplam azot ve toplam karbon değerleri arasında ise yine zayıf derecede ve pozitif yönde bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

3.2.4. Toprak Özelliklerinin Büyüme Dönemine Bağlı Değişimi ile Kümeleme ve Ayırma Analizine İlişkin Bulgular

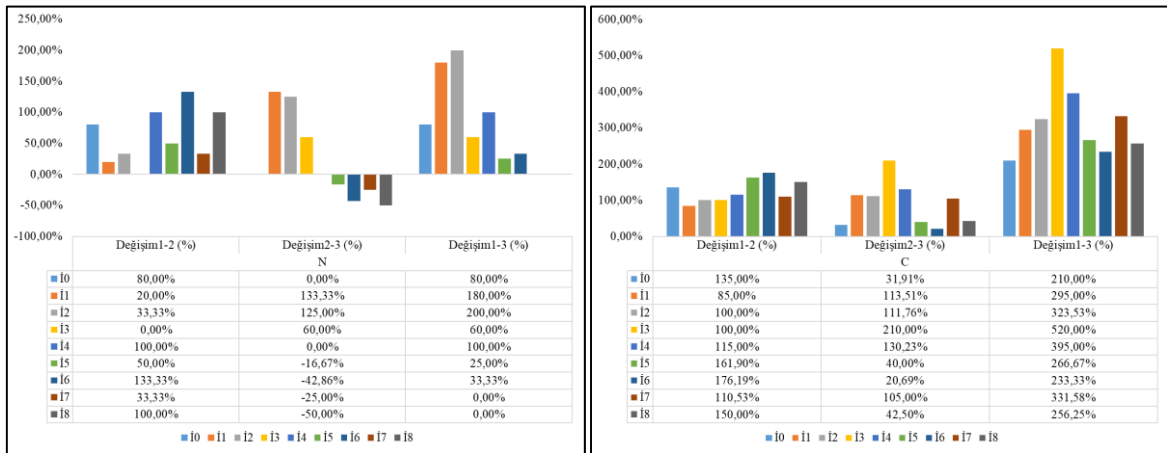
Her büyüme dönemi sonunda işlemlere bağlı olarak ekim yastıklarından alınan numunelerde ölçülen toprak özelliklerinin büyüme dönemlerine bağlı değişimlerine ilişkin sonuçlar yüzdelik olarak hesaplanmış olup, kum, toz, kil, pH ve EC değerlerine ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 56'da gösterilmiştir.

Kum açısından Değişim₁₋₂ ve Değişim₁₋₃ için artışlar, kil açısından ise azalışlar meydana gelmiştir. Değişim₂₋₃ için ise kum açısından azalış, kil açısından ise artış olduğu gözlemlenmiştir. Toz açısından artış ve azalışlar işlemlere göre farklı şekillerde ortaya çıkmış olup, pH ve EC açısından ise çoğunlukla azalışlar olduğu görülmüştür. Kum değerine ilişkin Değişim₁₋₂ ve Değişim₁₋₃ için en fazla artışlar sırasıyla %136,63 ve %100,20 ile İ1 işleminde belirlenirken, Değişim₂₋₃ için en fazla azalış ise %31,66 ile İ7 işleminde belirlenmiştir. Toz açısından Değişim₁₋₂ için en fazla azalış %16,20 ile İ1 işleminde, Değişim₂₋₃ için en fazla artış %10,49 ile İ1 işleminde, Değişim₁₋₃ için en fazla azalış %9,50 ile İ0 işleminde ortaya çıkmıştır. Kil bakımından Değişim₁₋₂ için oluşan en fazla azalışın İ6 işleminde %27,82 olduğu, Değişim₂₋₃ için oluşan en fazla artışın İ7 işleminde %21,78 olduğu ve Değişim₁₋₃ için oluşan en fazla azalışın ise İ1 işleminde %21,41 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 56. Kum, Toz, Kil, pH ve EC değerlerine ilişkin büyüme dönemine bağlı değişimler

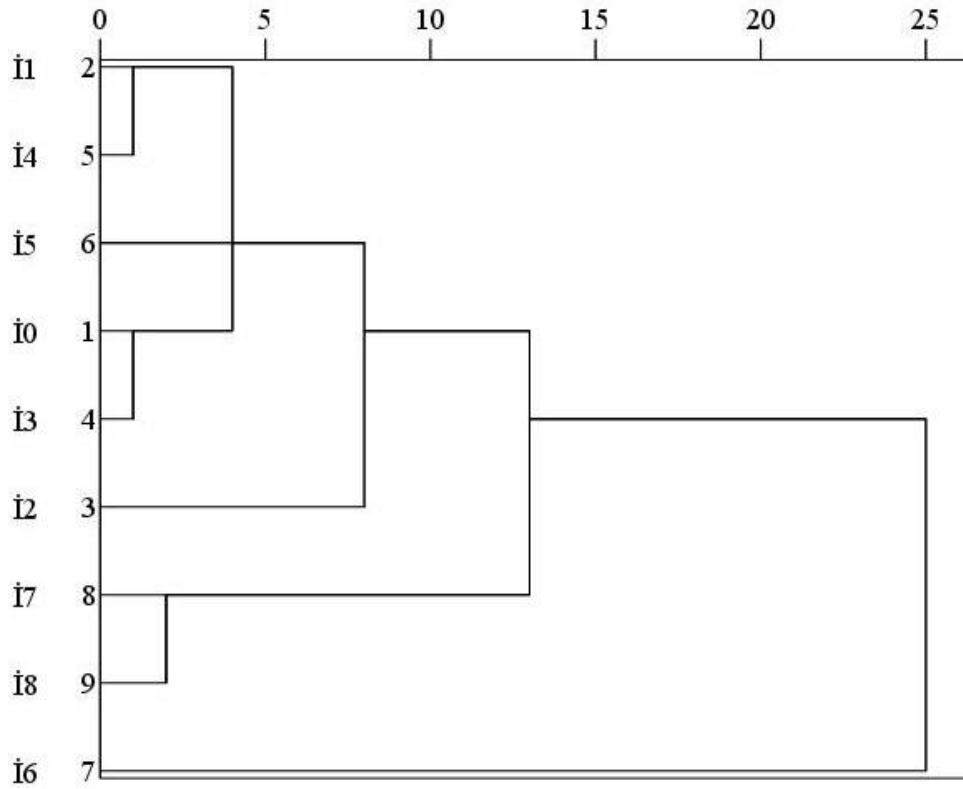
pH değerine ilişkin Değişim₁₋₂ için en fazla artışın %9,43 ile meydana geldiği İ2 işleminde, %13,46 ile Değişim₂₋₃ için en fazla azalış meydana gelmiştir. Ayrıca, bu değer açısından Değişim₁₋₃ için oluşan en fazla azalış ise %12,55 olarak İ7 işleminde oluşmuştur. EC bakımından en fazla azalışların Değişim₁₋₂ (%64,74) ve Değişim₁₋₃ (%74,02) için İ6 işleminde, Değişim₂₋₃ (%48,51) için ise İ7 işleminde olduğu belirlenmiştir. Toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 57’de sunulmuştur.



Şekil 57. Toplam azot ve toplam karbon değerlerine ilişkin büyüme dönemine bağlı değişimler

Şekil 57 incelendiğinde, toplam azot değerine ilişkin Değişim₁₋₂ için en fazla artışın %133,33 olarak İ6 işleminde, Değişim₂₋₃ için en fazla artışın %133,33 olarak İ1 işleminde, Değişim₁₋₃ için en fazla artışın ise %200,00 olarak İ2 işleminde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Toplam karbon açısından Değişim₁₋₂ için İ6 işleminde %176,19 olduğu belirlenen en fazla artışın, Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için İ3 işleminde sırasıyla %210,00 ve %520,00 olduğu tespit edilmiştir.

Ekim yastıklarında kullanılan topraklara ilişkin üç yıl boyunca ölçülen tüm özelliklere ilişkin sonuçlar birlikte değerlendirilerek, işlemler arasında oluşan gruplar hiyerarşik kümeleme analizi ile belirlenmiş ve ayrıca, oluşan gruplandırmaların anlamlılığı da ayırma analizi ile test edilmiştir. Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar Şekil 58’de gösterilmiştir.



Şekil 58. Ekim yastıklarındaki topraklara ilişkin hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar

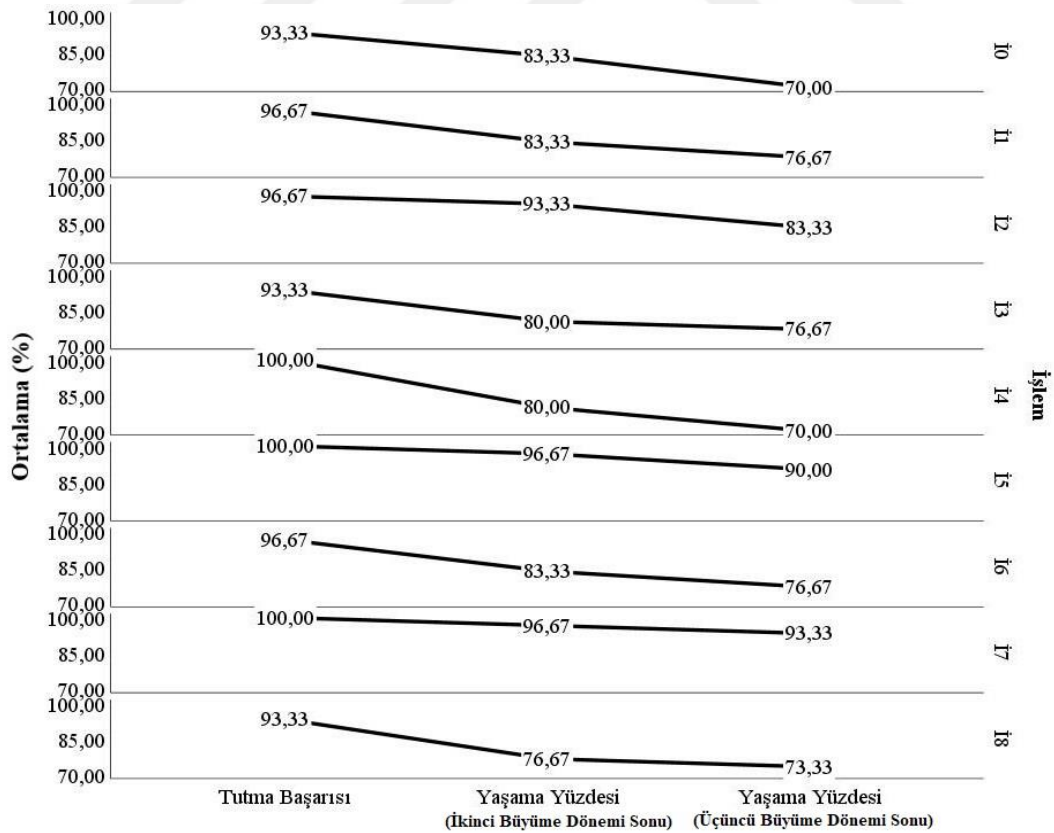
Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda işlemler arasında oluşan grupların, ayırma analizi sonucunda iki gruba ayrılması %95 güven düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Buna göre, İ6 işlemi tek başına bir grubu oluştururken, geri kalan tüm işlemler ise diğer grubu oluşturmuştur.

3.3. Dikim Sahasına Aktarılan Fidanlara İlişkin Bulgular

Bir yıl boyunca KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan fidanlık koşullarında yetiştirilen bir yaşındaki fidanlar Trabzon ili Arsin ilçesi Güneyce mevkiinde bulunan dikim sahasına aktarıldıktan sonra fidanların bazı morfolojik özellikleri ile tutma başarısı değerleri belirlenmiştir. 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemleri sonunda sırasıyla iki ve üç yaşında olan fidanların da yaşama yüzdeleri ile bazı morfolojik özelliklerine ilişkin değerleri de tespit edilmiş olup başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

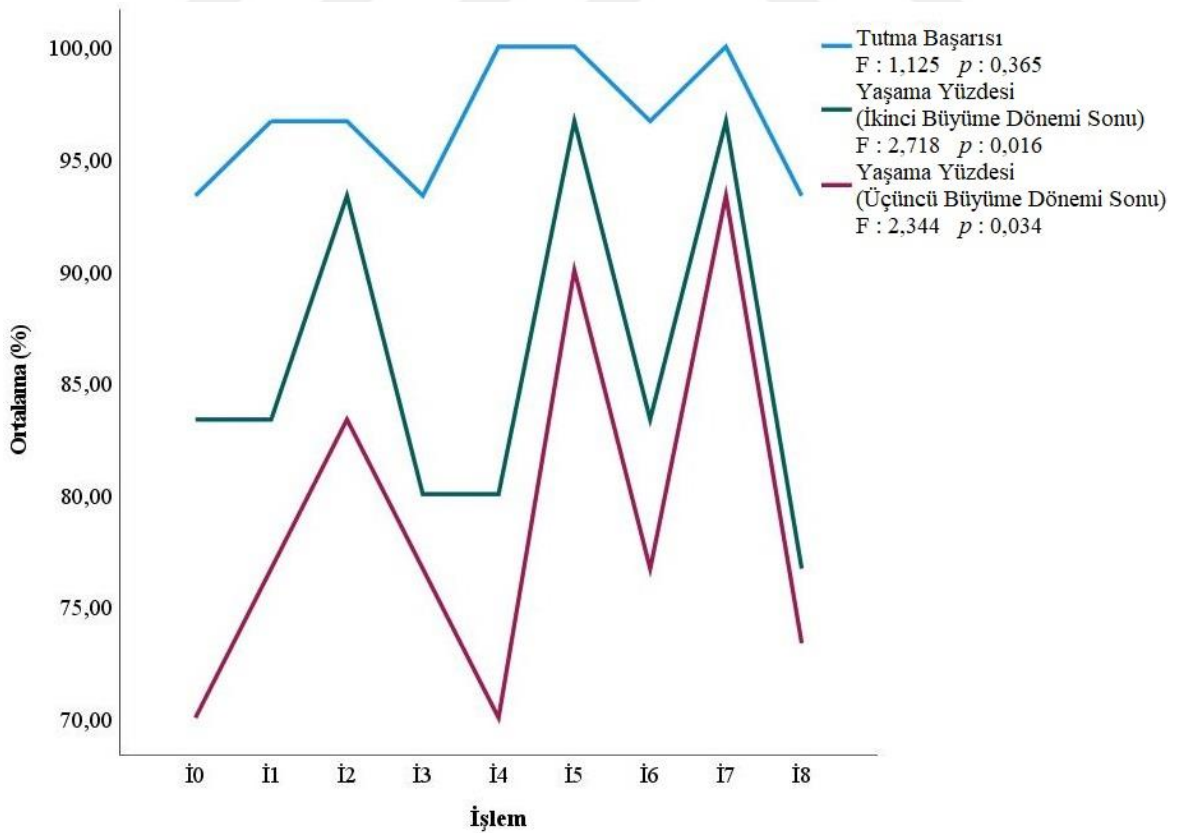
3.3.1. Tutma Başarısı ve Yaşama Yüzdesine İlişkin Bulgular

Bir yaşındaki fidanların dikim sahasına aktarılmasından sonra işlemler için ayrı ayrı olmak üzere kış dönemini atlatan fidan sayıları belirlenerek hesaplanan tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonunda hayatiyeti devam eden fidan sayıları belirlenerek hesaplanan yaşama yüzdelerine ilişkin ortalamalar Şekil 59’da verilmiştir.



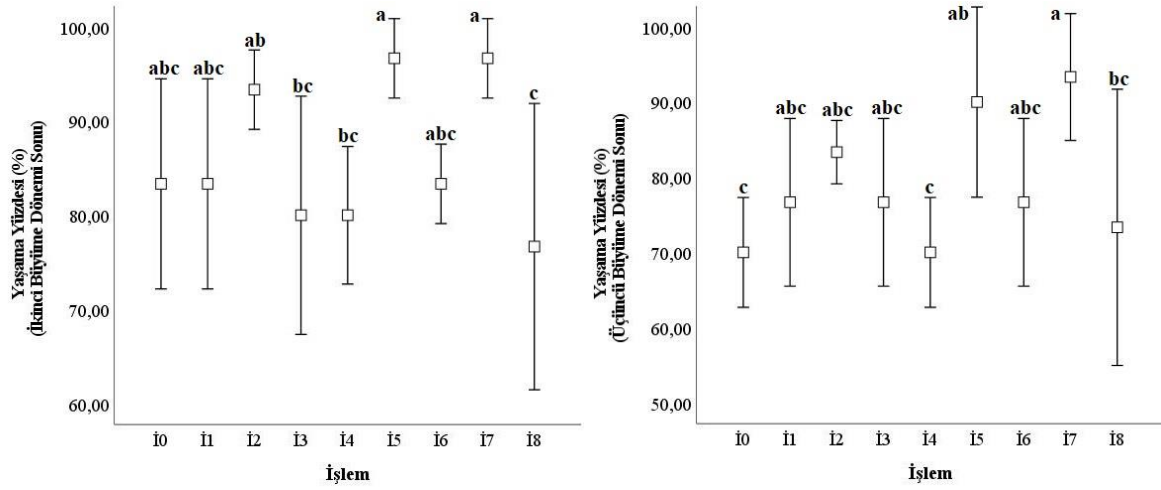
Şekil 59. Tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelerine ilişkin ortalamalar

Tutma başarısına ilişkin en yüksek ortalama değerler %100,00 olarak İ4, İ5 ve İ7 işlemlerinde ortaya çıkmıştır. En düşük ortalama değer ise %93,33 ile İ0, İ3 ve İ8 işlemlerinde belirlenmiştir. İ1, İ2 ve İ6 işlemlerinde ise tutma başarısının ortalama %96,67 olduğu tespit edilmiştir. İkinci büyüme dönemi sonunda ortaya çıkan en yüksek ortalama yaşama yüzdesi %96,67 ile İ5 ve İ7 işlemlerinde meydana gelmiştir. Bu değeri ortalama %93,33 ile İ2 işlemi, ortalama %83,33 ile İ0, İ1 ve İ6 işlemleri, ortalama %80,00 ile İ3 ve İ4 işlemleri, ortalama %76,67 ile de İ8 işlemi takip etmiştir. Üçüncü büyüme dönemi sonunda elde edilen ortalama yaşama yüzdesi değerleri İ7 işlemindeki %93,33 ile İ0 ve İ4 işlemlerindeki %70,00 arasında değişmiştir. İ1, İ3 ve İ6 işlemlerinde %76,67 olduğu belirlenen üçüncü büyüme dönemi sonundaki ortalama yaşama yüzdesi değerinin, İ2 işleminde ortalama %83,33, İ5 işleminde ortalama %90,00 ve İ8 işleminde de ortalama %73,33 olduğu tespit edilmiştir. Tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonunda belirlenen yaşama yüzdelerine ilişkin varyans analizi sonuçları Şekil 60'da gösterilmiştir. Ayrıca, grafikte tutma başarısı ile yaşama yüzdelerine ilişkin ortalama değerlerin işlemlere göre değişimleri de yer almıştır.



Şekil 60. Tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Şekil 60'da yer alan varyans analizi sonuçları incelendiğinde, tutma başarısı açısından işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya çıkmazken, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri açısından işlemler arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların meydana geldiği belirlenmiştir. Öte yandan, işlemlere ilişkin grafikte verilen ortalama değerlerin özellikle ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri açısından bir uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Varyans analizi sonucunda, işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilen ikinci ve üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 61'de sunulmuştur.

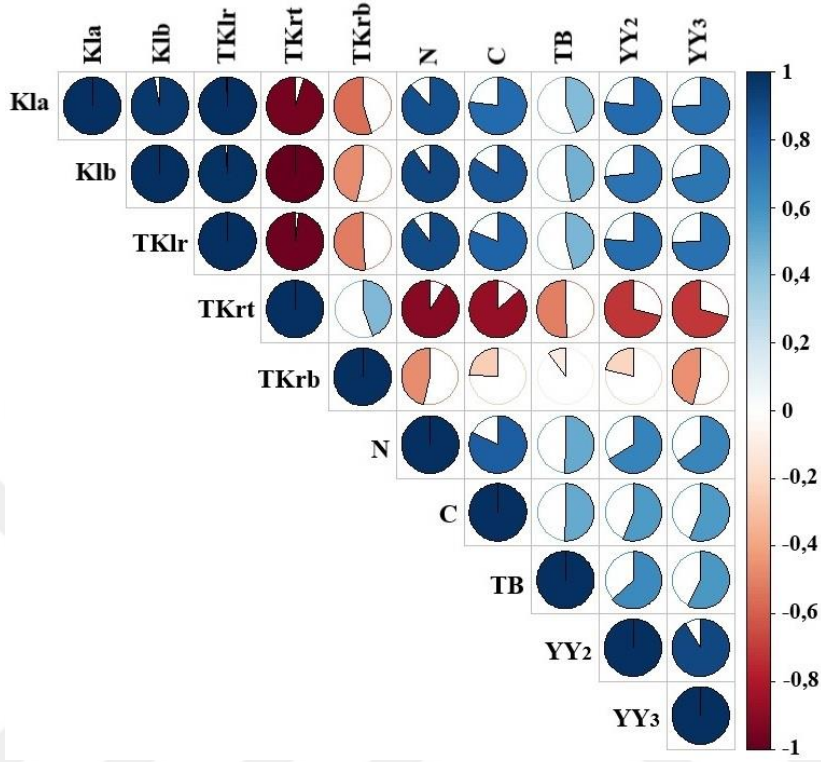


Şekil 61. İkinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Duncan testi sonuçlarına göre, hem ikinci hem de üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi açısından işlemler arasında beş farklı grup meydana gelmiştir. İkinci büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi açısından ilk grup İ5 ve İ7 işlemleri tarafından oluşturulurken, ikinci grup İ2 işlemi tarafından, üçüncü grup İ0, İ1 ve İ6 işlemleri tarafından, dördüncü grup İ3 ve İ4 işlemleri tarafından, beşinci grup İ8 işlemi tarafından oluşturulmuştur. Üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi bakımından oluşan gruplardan birincisinde İ7 işlemi, ikincisinde İ5 işlemi, üçüncüsünde İ1, İ2, İ3 ve İ6 işlemleri, dördüncüsünde İ8 işlemi ve beşincisinde de İ0 ve İ4 işlemleri yer almıştır.

Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanlarda belirlenen tutma başarısı, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri

sonundaki yaşama yüzdesi değerleri arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 62’de verilmiştir.



Şekil 62. Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasına aktarılan fidanların tutma başarısı ve yaşama yüzdelere ilişkin korelasyon analizi

Tutma başarısı, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri ile klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon arasında pozitif yönde korelasyonlar ortaya çıkarken, toplam karotenoid ve toplam çözünebilir karbonhidrat arasında ise negatif yönde korelasyonlar ortaya çıkmıştır. Tutma başarısı ile klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam karotenoid, toplam azot ve toplam karbon arasında orta derecede oluşan ilişki gücü, toplam çözünebilir karbonhidrat açısından zayıf derecede oluşmuştur. İkinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri ile klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam karotenoid ve toplam azot arasındaki ilişkinin güçlü olduğu, toplam karbon ile ise orta derecede olduğu belirlenmiştir. Toplam çözünebilir karbonhidrat ile ikinci büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi arasında oluşan zayıf derecedeki ilişki gücü, üçüncü büyüme dönemi sonundaki yaşama yüzdesi bakımından orta derecede oluşmuştur. Öte yandan, tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri arasında pozitif yönde ve orta derecede korelasyonlar meydana

gelmiştir. İkinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri arasındaki korelasyonun ise pozitif yönde ve çok güçlü olduğu tespit edilmiştir.

3.3.2. Dikim Sahasına Aktarılan Bir Yaşındaki Fidanların Bazı Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

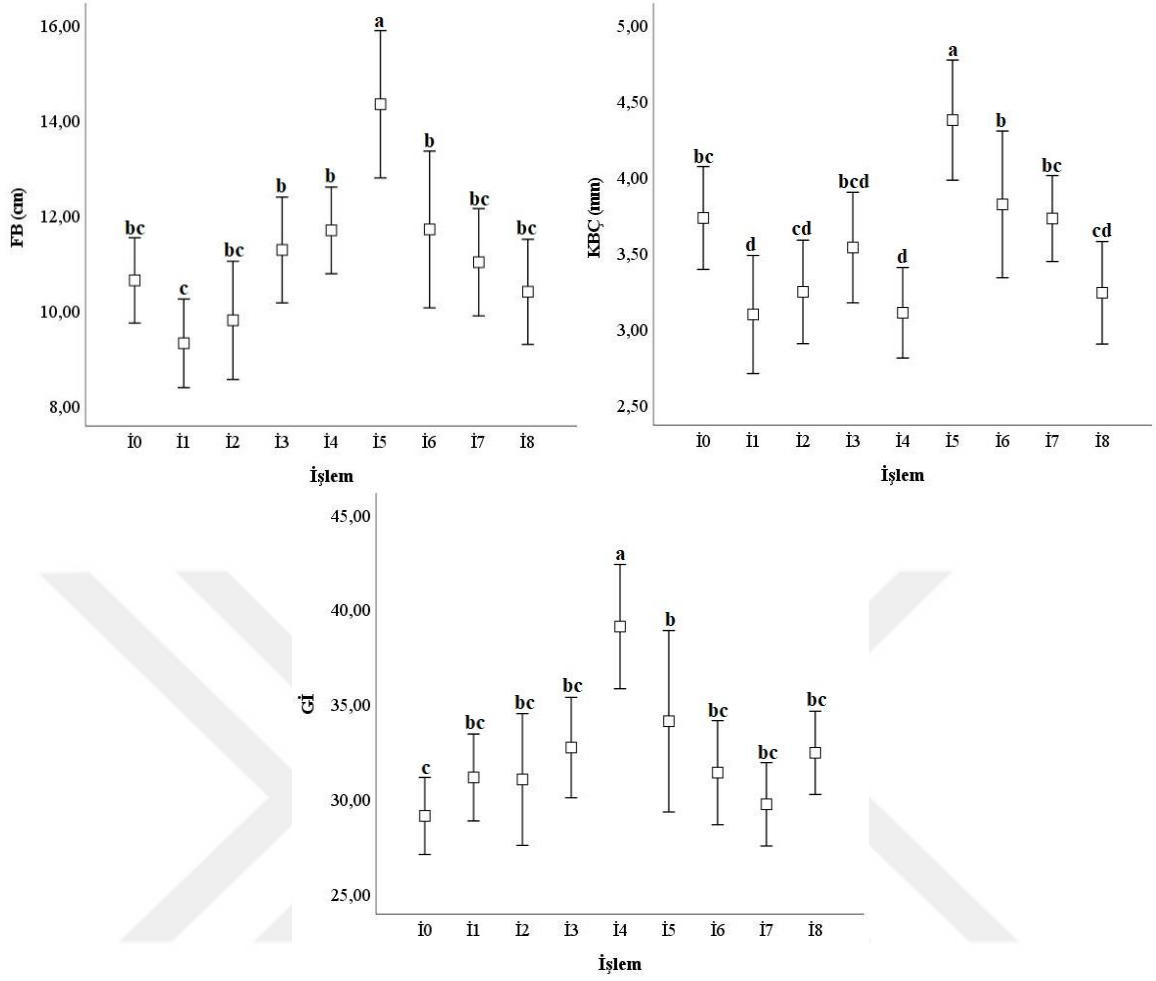
Dikim sahasına aktarılan ve hayatietini devam ettirdiğinden tutma başarısı kapsamında da değerlendirilen bir yaşındaki fidanların büyüme dönemi başlamadan belirlenen fidan boyu, kök boğazı çapı ve gürbüzlük indisi değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanların FB, KBÇ ve Gİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	FB (cm)	KBÇ (mm)	Gİ
İ0	10,61±2,37	3,72±0,90	29,07±5,38
İ1	9,29±2,51	3,09±1,05	31,10±6,17
İ2	9,78±3,34	3,24±0,92	30,99±9,36
İ3	11,25±2,83	3,53±0,93	32,68±6,75
İ4	11,67±2,49	3,10±0,82	39,06±8,97
İ5	14,32±4,24	4,37±1,08	34,07±13,11
İ6	11,69±4,36	3,81±1,28	31,35±7,27
İ7	11,00±3,09	3,72±0,77	29,68±6,02
İ8	10,38±2,92	3,23±0,89	32,40±5,81
Ortalama	11,12±3,45	3,54±1,03	32,30±8,42
F	6,038	5,547	4,015
p	0,000	0,000	0,000

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

En yüksek ortalama değerler fidan boyu ve kök boğazı çapı açısından sırasıyla 14,32 cm ve 4,37 mm olarak İ5 işleminde, gürbüzlük indisi açısından ise 39,06 olarak İ4 işleminde elde edilmiştir. Öte yandan, fidan boyu ve kök boğazı çapı için en düşük ortalama değerlerin İ2 işleminde sırasıyla 9,29 cm ve 3,09 mm olduğu belirlenirken, gürbüzlük indisi için bu değer İ0 işleminde 29,07 olduğu tespit edilmiştir. Yapılan varyans analizi neticesinde, fidan boyu, kök boğazı çapı ve gürbüzlük indisi açısından işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Bu farklılıklar sonucu işlemlerde oluşan gruplara ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 63’te gösterilmiştir.



Şekil 63. Dikim sahasına aktarılan bir yaşındaki fidanların FB, KBÇ ve Gİ değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Duncan testi sonuçları incelendiğinde, fidan boyu ve gürbüzlük indisi açısından işlemler arasında dört farklı grup olduğu belirlenirken, kök boğazı çapı açısından ise altı farklı grup olduğu tespit edilmiştir. Fidan boyu bakımından ilk grubu İ5 işlemi oluşturmuş olup, ikinci grupta İ3, İ4 ve İ6 işlemleri, üçüncü grupta İ0, İ2, İ7 ve İ8 işlemleri, dördüncü ve son grupta da İ1 işlemi yer almıştır. Kök boğazı çapına ilişkin oluşan gruplardan ilkinde İ5 işleminin bulunduğu görülürken, ikincisinde İ6 işleminin, üçüncüsünde İ0 ve İ7 işlemlerinin, dördüncüsünde İ3 işleminin, beşincisinde İ2 ve İ8 işlemlerinin, altıncısında ise İ1 ve İ4 işlemlerinin bulunduğu görülmüştür. Gürbüzlük indisi açısından ilk grubu İ4 işlemi tek başına oluşturmuş olup, ikinci grubu İ5 işlemi, üçüncü grubu İ1, İ2, İ3, İ6, İ7 ve İ8 işlemleri ve son grubu da İ0 işlemi teşkil etmiştir.

3.3.3. Dikim Sahasında İki Yaşında Olan Fidanların Bazı Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

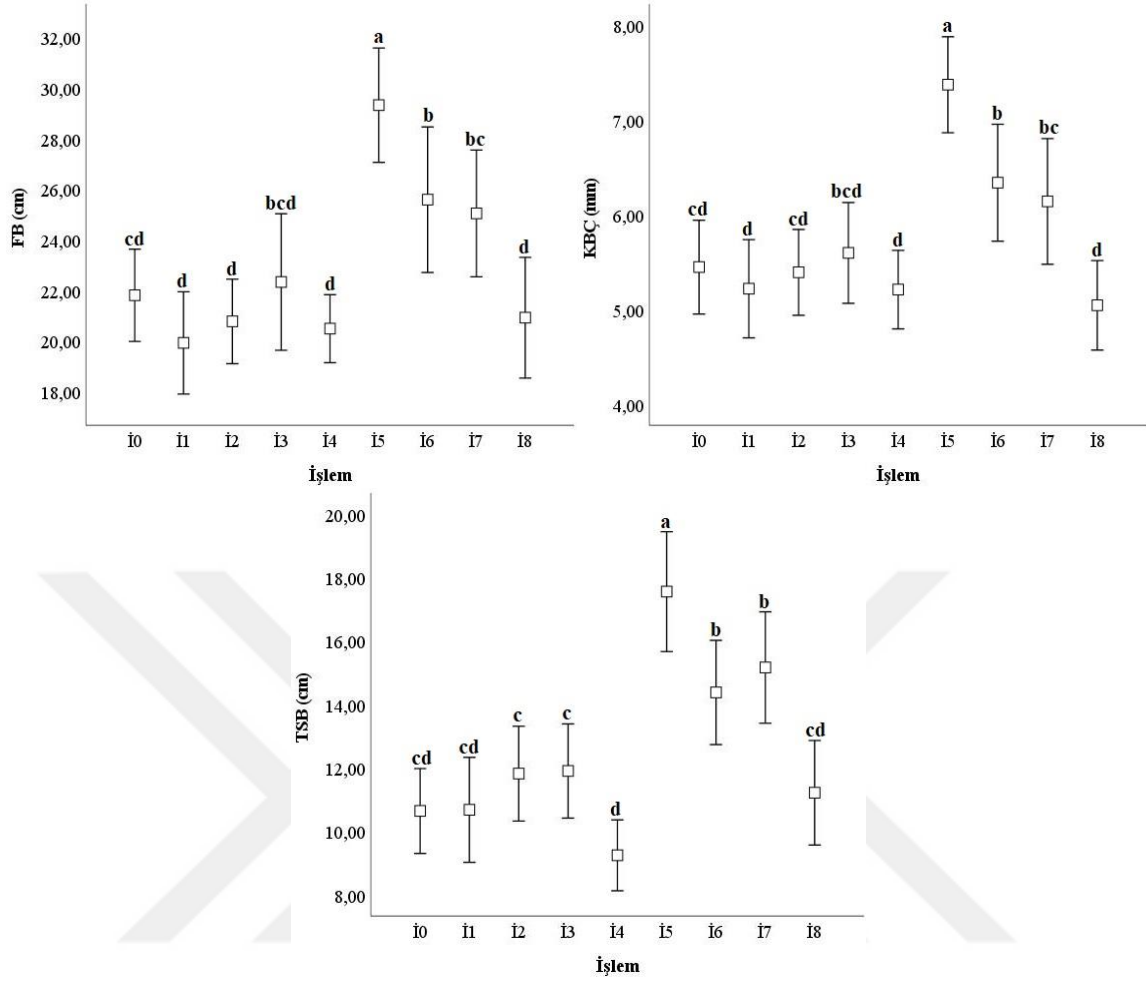
Dikim sahasında iki yaşında olan fidanlarda ölçülen fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu değerleri ile fidan boyu ve kök boğazı çapı değerleri kullanılarak türetilen gürbüzlük indisine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları Tablo 22’de sunulmuştur.

Tablo 22. Dikim sahasında iki yaşında olan fidanların FB, KBÇ, YDS, TSB ve Gİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	FB (cm)	KBÇ (mm)	YDS (adet)	TSB (cm)	Gİ
İ0	21,81±4,56	5,45±1,24	2,04±0,89	10,64±3,34	41,18±8,98
İ1	19,92±5,06	5,22±1,30	2,10±0,72	10,68±4,14	38,87±7,62
İ2	20,78±4,42	5,39±1,20	2,08±0,88	11,82±3,96	39,72±10,00
İ3	22,33±6,62	5,60±1,30	2,31±1,76	11,90±3,64	40,01±8,79
İ4	20,49±3,29	5,21±1,01	1,71±0,60	9,25±2,74	40,11±7,03
İ5	29,33±6,09	7,37±1,36	2,75±2,00	17,56±5,09	39,94±5,51
İ6	25,59±7,20	6,34±1,54	2,31±1,86	14,38±4,11	40,81±8,31
İ7	25,05±5,75	6,14±1,52	2,45±1,60	15,17±4,02	41,60±8,17
İ8	20,92±5,73	5,04±1,13	2,33±1,87	11,22±3,95	41,72±7,97
Ortalama	22,99±6,23	5,78±1,47	2,26±1,50	12,58±4,66	40,39±8,02
F	8,558	8,901	1,208	11,632	0,328
p	0,000	0,000	0,295	0,000	0,955

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

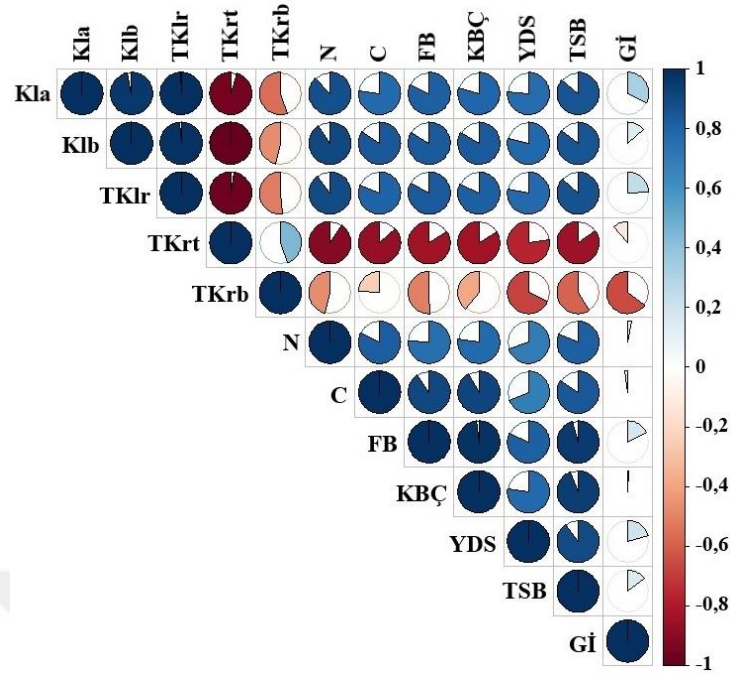
Fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve terminal sürgün boyuna ilişkin elde edilen en yüksek ortalama değerlerin sırasıyla 29,33 cm, 7,37 mm, 2,75 adet ve 17,56 cm ile İ5 işleminde ortaya çıktığı, gürbüzlük indisine ilişkin en yüksek ortalama değer ise 41,72 ile İ8 işleminde ortaya çıktığı belirlenmiştir. En düşük ortalama değerlerin fidan boyu ve gürbüzlük indisi açısından sırasıyla 19,92 cm ve 38,87 olarak İ1 işleminde, kök boğazı çapı açısından 5,04 mm olarak İ8 işleminde, yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu açısından sırasıyla 1,71 adet ve 9,25 cm olarak İ4 işleminde olduğu tespit edilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde fidan boyu, kök boğazı çapı ve terminal sürgün boyu bakımından işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,01$) meydana gelmiş olup, yan dal sayısı ve gürbüzlük indisi açısından ise anlamlı farklılıklar oluşmamıştır. FB, KBÇ ve TSB değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 64’te verilmiştir.



Şekil 64. Dikim sahasında iki yaşında olan fidanların FB, KBÇ ve TSB değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Fidan boyu açısından işlemler arasında oluşan altı farklı gruptan ilkinde İ5 işlemi yer alırken, ikincisinde İ6 işlemi, üçüncüsünde İ7 işlemi, dördüncüsünde İ3 işlemi, beşincisinde İ0 işlemi ve altıncısında ise İ1, İ2, İ4 ve İ8 işlemleri birlikte yer almıştır. Kök boğazı çapı bakımından altı farklı grup oluşmuştur. Buna göre, İ5 işlemi birinci grubu, İ6 işlemi ikinci grubu, İ7 işlemi üçüncü grubu, İ3 işlemi dördüncü grubu, İ0 ve İ2 işlemleri birlikte beşinci grubu, İ1, İ4 ve İ8 işlemleri de birlikte altıncı grubu teşkil etmiştir. Terminal sürgün boyuna ilişkin ortaya çıkan beş grubun ilkinde İ5 işlemi, sonuncusunu ise İ4 işlemi ortaya çıkarmıştır. Bu değer açısından ikinci grupta İ6 ve İ7 işlemleri, üçüncü grupta İ2 ve İ3 işlemleri ve dördüncü grupta da İ0, İ1 ve İ8 işlemleri birlikte bulunmuştur.

Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasında iki yaşında olan fidanlara ilişkin tüm morfolojik karakterler arasındaki ilişki yönünü ve gücünü ortaya koymak için yapılan korelasyon analizi sonuçları Şekil 65'te sunulmuştur.



Şekil 65. Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasında iki yaşında olan fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Şekil 65'te yer alan korelasyon analizi sonucuna göre klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon ile fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu değerleri arasında pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar meydana gelmiştir. Gürbüzlük indisi ile toplam azot ve toplam karbon arasında anlamlı korelasyonlar oluşmazken, bu değer ile klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil arasında pozitif yönde ve zayıf derecede korelasyonlar oluşmuştur. Toplam karotenoid değeri, fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu ile güçlü, gürbüzlük indisi ile zayıf derecede ve negatif yönde korelasyonlar ortaya koymuştur. Toplam çözünabilir karbonhidrat ile morfolojik karakterler arasında negatif yönde ve yaklaşık orta derecede korelasyonlar meydana gelmiştir. Öte yandan, ölçülen ve türetilen tüm morfolojik karakterler arasında pozitif yönde anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Fidan boyu değeri, kök boğazı çapı ve terminal sürgün boyu ile çok güçlü bir korelasyona sahipken, yan dal sayısı ile güçlü ve gürbüzlük indisi ile de zayıf bir korelasyona sahip olmuştur. Kök boğazı çapı değerinin terminal sürgün boyu ile çok güçlü, yan dal sayısı ile güçlü ve gürbüzlük indisi ile çok zayıf bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu değerleri kendi aralarında çok güçlü bir korelasyon ortaya koyarken, her ikisi de gürbüzlük indisi ile zayıf bir korelasyon oluşturmuştur.

3.3.4. Dikim Sahasında Üç Yaşında Olan Fidanların Bazı Morfolojik Özelliklerine İlişkin Bulgular

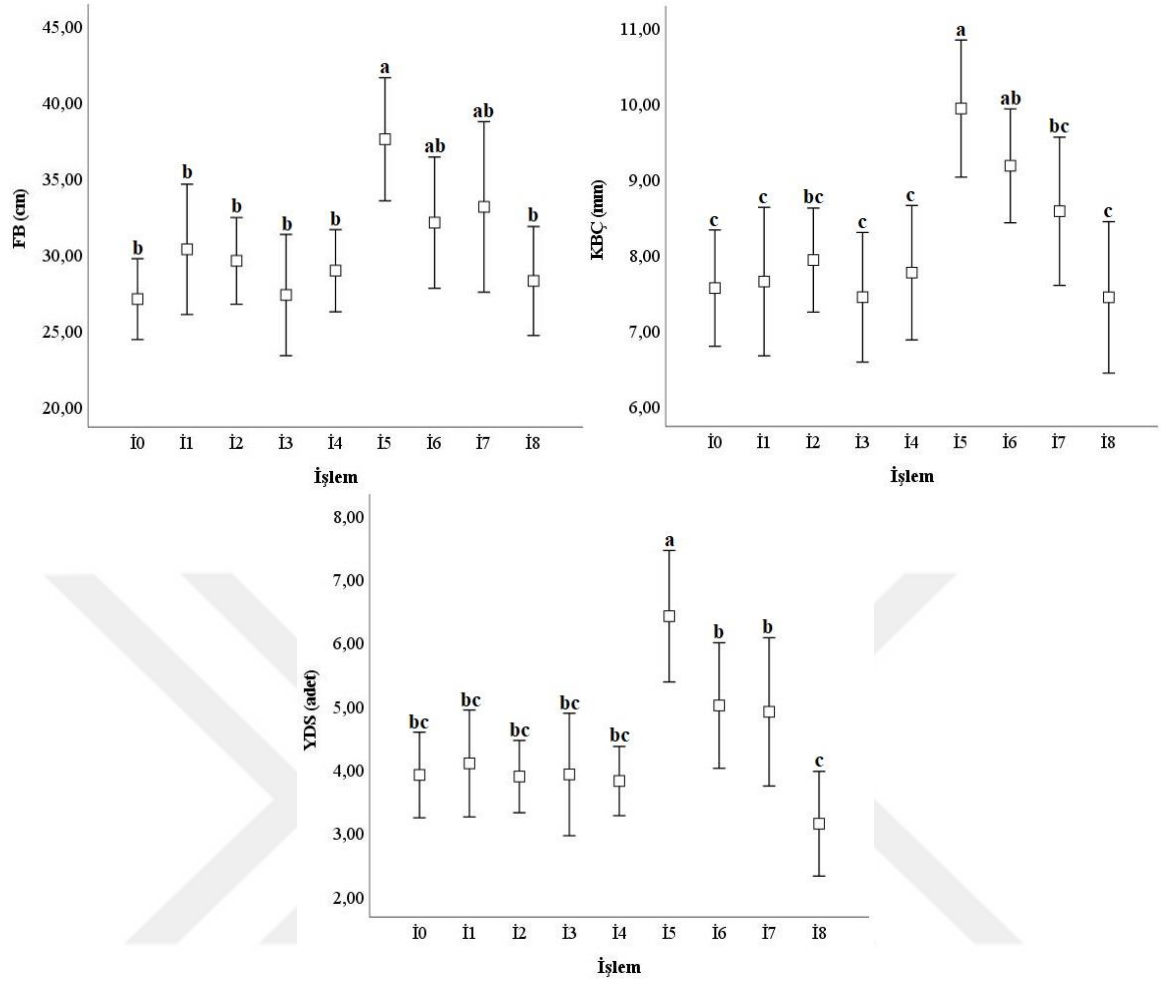
Dikim sahasında üç yaşında olan fidanların fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, terminal sürgün boyu ve gürbüzlük indisi değerlerine ilişkin ortalamalar ile varyans analizi sonuçları Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. Dikim sahasında üç yaşında olan fidanların FB, KBÇ, YDS, TSB ve Gİ değerlerine ilişkin ortalamalar ve varyans analizi sonuçları

İşlem	FB (cm)	KBÇ (mm)	YDS (adet)	TSB (cm)	Gİ
İ0	27,01±6,09	7,55±1,76	3,90±1,55	6,03±4,32	36,92±8,84
İ1	30,28±10,26	7,64±2,35	4,09±2,02	10,62±7,48	39,99±7,92
İ2	29,52±7,12	7,92±1,72	3,88±1,42	9,19±5,16	38,16±9,25
İ3	27,28±9,55	7,43±2,05	3,91±2,31	6,03±4,47	36,49±6,64
İ4	28,88±6,18	7,75±2,04	3,81±1,25	7,59±4,72	38,65±8,19
İ5	37,51±10,51	9,92±2,35	6,41±2,69	8,56±7,16	37,93±6,39
İ6	32,03±10,34	9,17±1,80	5,00±2,37	7,11±4,81	34,80±7,76
İ7	33,07±12,51	8,57±2,19	4,90±2,61	8,31±8,71	38,83±10,30
İ8	28,20±8,40	7,43±2,35	3,14±1,93	7,05±6,29	39,37±9,27
Ortalama	30,57±9,63	8,19±2,22	4,38±2,26	7,88±6,13	37,89±8,28
F	3,226	4,404	5,267	1,395	0,846
p	0,002	0,000	0,000	0,201	0,563

İ0: Kontrol, İ1: Kn 20 cm, İ2: Kn 30 cm, İ3: Kn+Fiğ 10 cm, İ4: Kn+Fiğ 20 cm, İ5: Nanoteknolojik gübre, İ6: Vermikompost, İ7: Yarasa gübresi, İ8: Etkin mikroorganizma

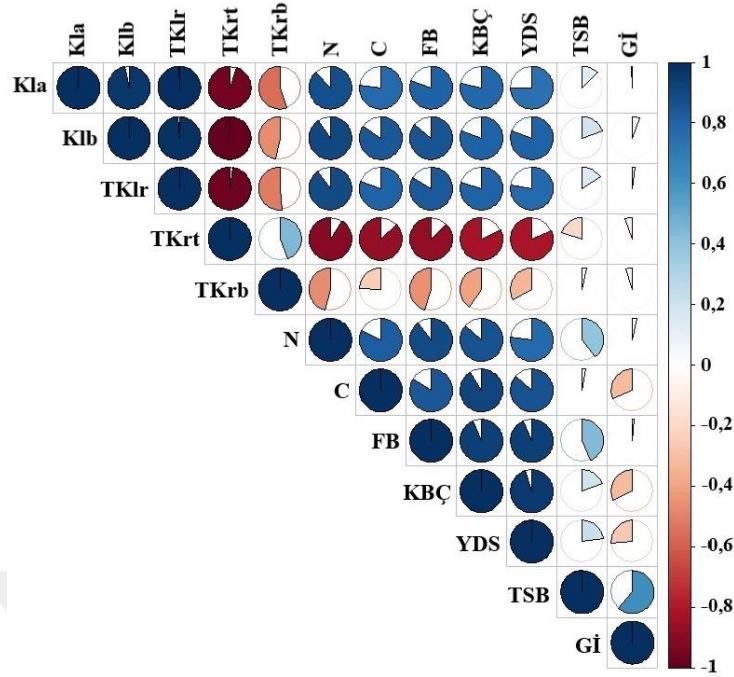
Dikim sahasında üç yaşında olan fidanların fidan boyu (37,51 cm), kök boğazı çapı (9,92 mm) ve yan dal sayısı (6,41 adet) değerlerine ilişkin en yüksek ortalamalar İ5 işleminde elde edilirken, terminal sürgün boyu (10,62 cm) ve gürbüzlük indisine (39,99) ilişkin en yüksek ortalamalar ise İ1 işleminde elde edilmiştir. Fidan boyu açısından en düşük ortalama değer İ0 işleminde 27,01 cm ile ortaya çıkmış olup, terminal sürgün boyu açısından da 6,03 cm olarak yine en düşük ortalama değer elde edildiği İ0 işlemine, İ3 işlemi de eşlik etmiştir. Kök boğazı çapı bakımından 7,43 mm ile İ3 ve İ8 işlemleri en düşük ortalama değerlere sahip olmuştur. Yan dal sayısı açısından 3,14 adet ile İ8 işleminde olduğu tespit edilen en düşük ortalama değer, gürbüzlük indisi açısından 34,80 ile İ6 işleminde olduğu belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi neticesinde, fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısına ilişkin işlemler arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiş olup, işlemler arasındaki grupların ortaya konduğu Duncan testi sonuçları Şekil 66'da gösterilmiştir.



Şekil 66. Dikim sahasında üç yaşında olan fidanların FB, KBÇ ve YDS değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Fidan boyuna ilişkin işlemler arasında oluşan üç farklı gruptan ilkinin İ5 işlemi tek başına, ikincisini İ6 ve İ7 işlemleri birlikte ve sonuncusunu da İ0, İ1, İ2, İ3, İ4 ve İ8 işlemleri birlikte oluşturmuştur. Kök boğazı çapı ve yan dal sayısı açısından işlemler arasında dört farklı grup ortaya çıkmış olup, birinci grupları tek başına yine İ5 işlemi meydana getirmiştir. Kök boğazı çapına ilişkin ikinci grupta İ6 işlemi bulunurken, üçüncü grupta İ2 ve İ7 işlemleri, dördüncü grupta da İ0, İ1, İ3, İ4 ve İ8 işlemleri yer almıştır. Yan dal sayısı bakımından İ6 ve İ7 işlemleri ikinci grubu, İ0, İ1, İ2, İ3 ve İ4 işlemleri üçüncü grubu ve İ8 işlemi de sonuncu grubu teşkil etmiştir.

Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasında üç yaşında olan fidanlara ilişkin tüm morfolojik karakterler arasındaki ilişki yönü ve gücü, korelasyon analizi ile belirlenmiştir (Şekil 67).



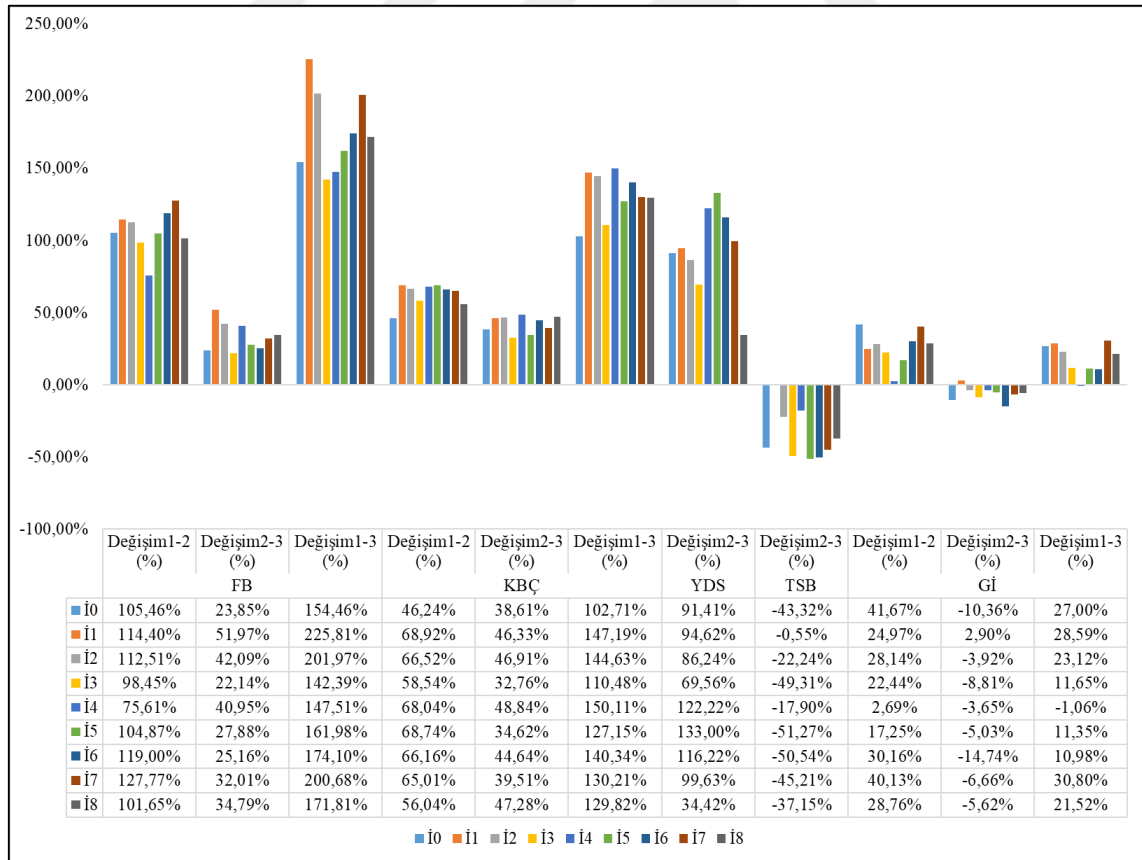
Şekil 67. Bir yaşındaki fidanların biyokimyasal özellikleri ile dikim sahasında üç yaşında olan fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi

Korelasyon analizi neticesinde klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon değerleri ile fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı arasında pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı değerlerinin toplam karotenoid ile güçlü ve toplam çözünabilir karbonhidrat ile de yaklaşık orta derecede ve negatif yönde korelasyonlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Terminal sürgün boyu değeri, klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil ile zayıf, toplam azot ile yaklaşık orta, toplam çözünabilir karbonhidrat ve toplam karbon ile de çok zayıf derecedeki pozitif korelasyonlara sahipken, toplam karotenoid ile zayıf derecedeki negatif korelasyona sahip olmuştur. Klorofil a ve toplam klorofil değerleri ile gürbüzlük indisi arasında anlamlı korelasyonlar meydana gelmemiştir. Gürbüzlük indisi ile klorofil b ve toplam azot arasında pozitif yönde ve çok zayıf derecede korelasyonlar oluşurken, toplam karotenoid ve toplam çözünabilir karbonhidrat ile çok zayıf derecede, toplam karbon ile de zayıf derecede ve negatif yönde korelasyonlar oluşmuştur. Öte yandan, fidan boyu değerinin kök boğazı çapı ve yan dal sayısı ile pozitif yönde ve çok güçlü korelasyonlar gösterdiği, terminal sürgün boyu ile yine pozitif yönde ve orta derecede korelasyonlar gösterdiği belirlenmiştir. Ancak, fidan boyu ile gürbüzlük indisi arasında anlamlı bir korelasyon oluşmamıştır. Kök boğazı çapı değerinin yan dal sayısı ile çok güçlü, terminal sürgün boyu ile zayıf derecede ve pozitif yöndeki korelasyonlarına karşılık, gürbüzlük indisi ile negatif

yönde ve zayıf derecede korelasyon oluşturduğu tespit edilmiştir. Yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu arasında pozitif yönde ve zayıf derecede bir korelasyon ortaya çıkmıştır. Öte yandan, yan dal sayısı değeri gürbüzlük indisi ile negatif yönde ve zayıf bir korelasyon oluştururken, terminal sürgün boyu değeri ise gürbüzlük indisi ile pozitif yönde ve orta derecede bir korelasyon oluşturmuştur.

3.3.5. Dikim Sahasına Aktarılan Fidanlarda Ölçülen Karakterlerin Yaşa Bağlı Değişimi ile Kümeleme ve Ayırma Analizine İlişkin Bulgular

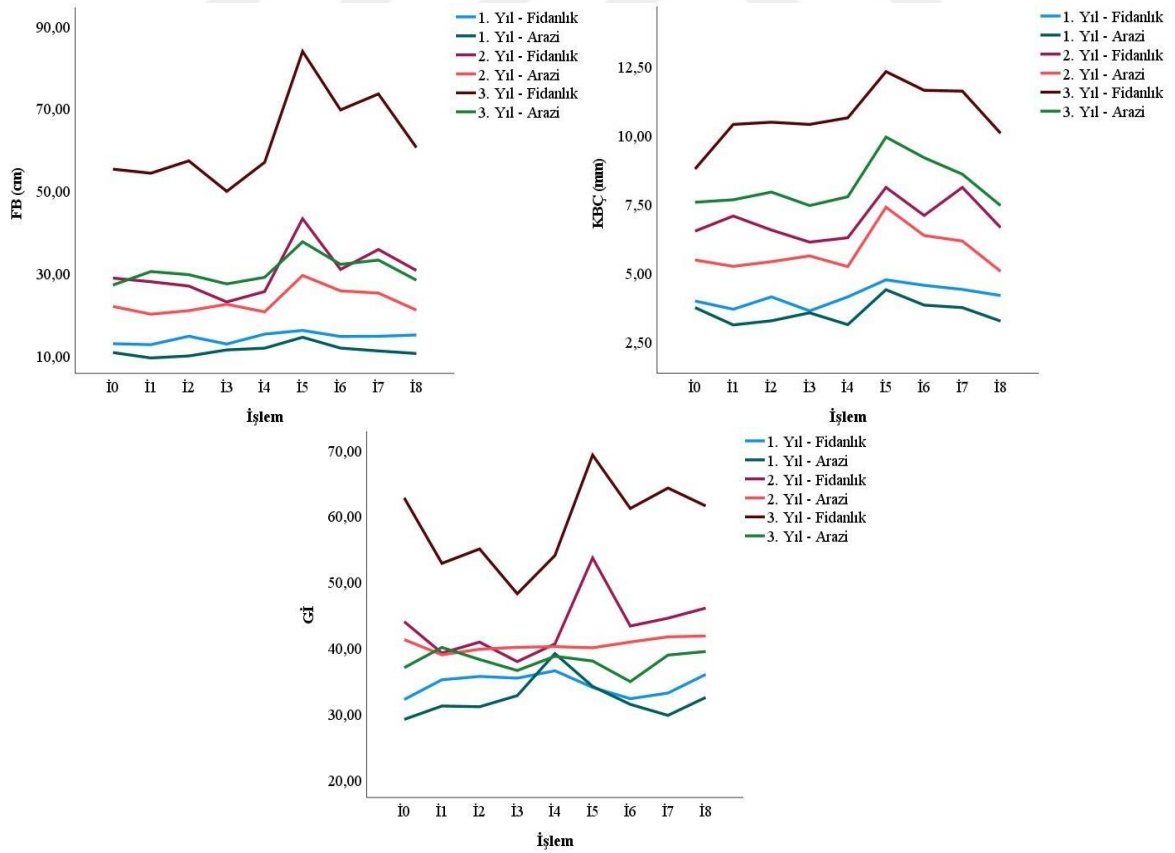
Bir yaşında dikim sahasına aktarıldıktan sonra ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonunda sırasıyla iki ve üç yaşında olan fidanlarda bazı morfolojik ölçümler gerçekleştirilerek elde edilen bulguların fidan yaşına bağlı değişimleri yüzdelik olarak hesaplanmıştır. Fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı, terminal sürgün boyu ve gürbüzlük indisine ilişkin yüzdelik değişimler Şekil 68’de gösterilmiştir.



Şekil 68. Dikim sahasına aktarılan fidanlarda FB, KBÇ, YDS, TSB ve Gİ değerlerine ilişkin fidan yaşına bağlı değişimler

Fidan boyuna ilişkin Değişim₁₋₂ için en fazla artışın İ7 işleminde %127,77 olarak ortaya çıktığı belirlenirken, Değişim₂₋₃ için %51,97 olarak ve Değişim₁₋₃ için de %225,81 olarak İ1 işleminde en fazla artışların olduğu belirlenmiştir. Kök boğazı çapı açısından en fazla artışlar Değişim₁₋₂ için %68,92 ile İ1 işlemindeyken, Değişim₂₋₃ ve Değişim₁₋₃ için sırasıyla %48,84 ve %150,11 ile İ4 işleminde olmuştur. Yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu açısından Değişim₂₋₃ için en fazla artışların İ5 işleminde sırasıyla %133,00 ve %51,27 olduğu tespit edilmiştir. Gürbüzlük indisine ilişkin değişimler incelendiğinde, Değişim₁₋₂ için en fazla artış %41,67 ile İ0 işleminde, Değişim₂₋₃ için en fazla artış %14,74 ile İ6 işleminde ve Değişim₁₋₃ için en fazla artış ise %30,80 ile İ7 işleminde meydana gelmiştir.

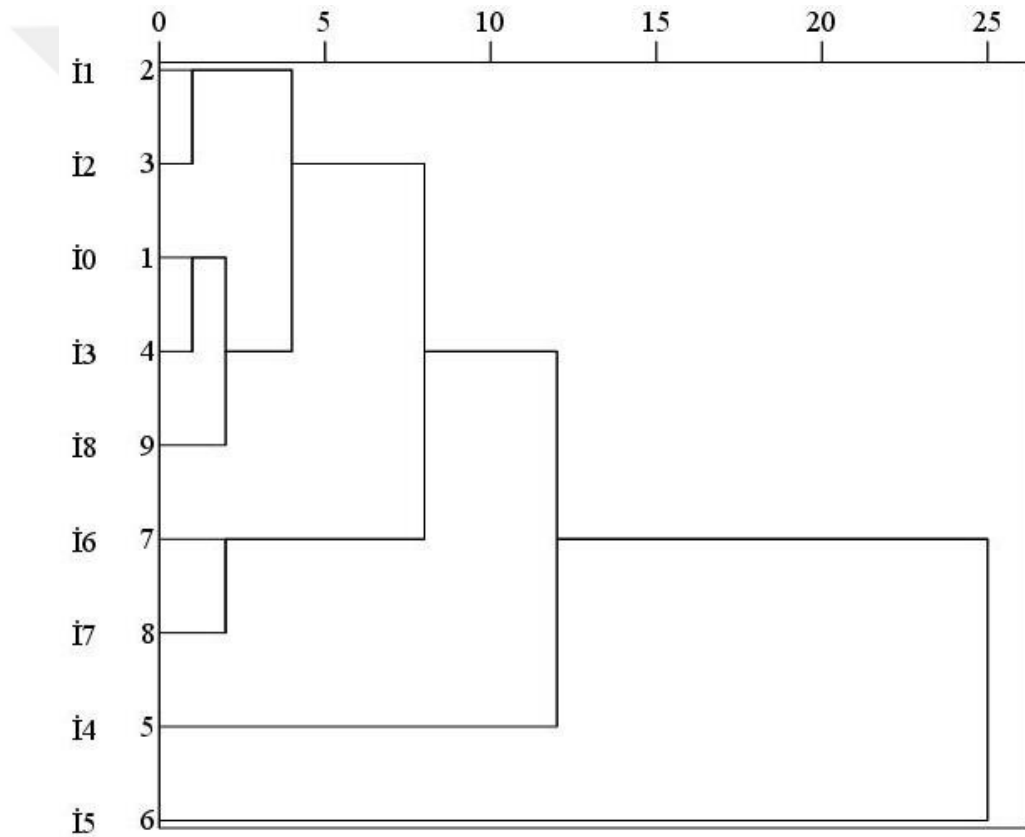
Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serası açık alan koşullarındaki ekim yastıklarında yetiştirilen fidanlar (Fidanlık) ile dikim sahasına aktarılan fidanlarda (Arazi) ölçülen ve en önemli morfolojik karakterlerden olan fidan boyu, kök boğazı çapı ve gürbüzlük indisi değerlerine ilişkin işlemlerde oluşan üç yıllık değişimlerin grafiği Şekil 69'da verilmiştir.



Şekil 69. FB, KBC ve Gİ değerlerine ilişkin fidanlık ve arazideki fidanların işlemlere göre üç yıllık değişimi

Fidan boyu, kök boğazı çapı ve gürbüzlük indisi açısından genellikle gübre uygulamalarının yapıldığı işlemlerde diğer işlemlere kıyasla daha yüksek ortalamaların elde edildiği görülmüştür. Öte yandan, fidanlıktaki üçüncü büyüme dönemi sonunda üç yaşında olan fidanlarda elde edilen ortalama değerlerin, aynı yaşta arazide bulunan fidanlardan çok daha yüksek ortalama değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Dikim sahasına aktarılan fidanlarda ölçülen tüm morfolojik karakterler birlikte değerlendirilerek işlemler arasında oluşan gruplar hiyerarşik kümeleme analizi ile belirlenmiş olup (Şekil 70), oluşan gruplandırmaların anlamlılığı da ayırma analizi ile test edilmiştir.



Şekil 70. Dikim sahasındaki fidanlara ilişkin hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplar

Hiyerarşik kümeleme analizine ilişkin grafik incelendiğinde, işlemler arasında ortaya çıkan grupların, ayırma analizi sonucunda ikiye ayrılması %95 güven düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Bu ayırım neticesinde, İ5 işlemi tek başına bir grubu oluştururken, İ0, İ1, İ2, İ3, İ4, İ6, İ7 ve İ8 işlemleri de birlikte diğer grubu oluşturmuştur.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma kapsamında, doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) fidanlarının gelişimi üzerine ekim sıklıkları (20 cm ve 30 cm aralıklarla ekim), azot bağlayıcı fiğ (*Vicia sativa* L.) ile 10 cm ve 20 cm aralıklarla kombine ekimler ve organik gübre uygulamalarının (nanoteknolojik gübre, vermikompost, yarasa gübresi ve etkin mikroorganizma) etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular literatürdeki çalışmalarla kıyaslanarak bir değerlendirme yapılmış ve aşağıda sunulmuştur.

4.1. Fidanlıkta Yetiştirilen Fidanların Morfolojik Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

2019 yılında fidanlıkta hazırlanan ekim yastıklarına doğu kayını tohumlarının ekimi sonrasında 2020, 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemi sonlarında bir, iki ve üç yaşında olan fidanlar üzerinde gerçekleştirilen morfolojik özelliklere ilişkin bulguların tartışması fidan yaşlarına bağlı olarak yorumlanmıştır.

Bir yaşındaki fidanların en yüksek ortalama fidan boyu 15,98 cm olarak, kök boğazı çapı 4,73 mm olarak ve kök boyu 30,24 cm olarak İ5 işleminde (nanoteknolojik gübre), en yüksek ortalama kök sayısı ise 1,84 adet olarak İ0 işleminde (kontrol) elde edilmiştir. Ayrıca, 2,50 g ile gövde taze ağırlığı, 1,20 g ile gövde kuru ağırlığı, 4,03 g ile kök taze ağırlığı, 1,80 g ile kök kuru ağırlığı, 6,53 g ile fidan taze ağırlığı ve 3,00 g ile de fidan kuru ağırlığı açısından en yüksek ortalama değerler yine İ5 işleminde ortaya çıkmıştır. Kuru kök yüzdesi için oluşan %64,94'lük en yüksek ortalama değer İ2 işleminde (Kn 30 cm) tespit edilmiştir. Gürbüzlük indisi bakımından ortaya çıkan değerler, İ4 işlemindeki (Kn+Fiğ 20 cm) 36,45 ile İ0 işlemindeki 32,09 arasında değişmiştir. Katlılık indisi (0,67) ve Dickson kalite indisine (0,09) ilişkin en yüksek ortalama değerlerin de yine İ5 işleminde olduğu belirlenmiştir. Bayraktar & Güney (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, bir yaşındaki doğu kayını fidanlarının en yüksek ortalama fidan boyu 13,51 cm, kök boğazı çapı 3,97 mm, kök taze ağırlığı 2,34 g, kök sayısı 1,89 adet, kuru kök yüzdesi %64,39 ve Dickson kalite indisi 0,05 olarak azot bağlama yeteneğine sahip kızılgağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ile kombine bir şekilde yetiştirilen doğu kayını fidanlarında elde edilmiştir. Çalışmadaki kontrol fidanlarında 1,29 g ile gövde taze ağırlığı, 0,67 g ile gövde kuru ağırlığı, 1,08 g ile kök kuru

ağırlığı, 3,58 g ile fidan taze ağırlığı, 1,74 g ile fidan kuru ağırlığı, 27,21 cm ile kök boyu ve 0,61 ile katlılık indisi açısından en yüksek değerler ortaya çıkmıştır. Ayrıca, gürbüzlük indisi açısından en yüksek ve en düşük değerlerin sırasıyla 34,48 (kombine) ve 32,05 (kontrol) olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, bir yaşındaki doğu kayını fidanlarının ortalama fidan boyu 10,71 cm ve kök boğazı çapı 4,16 mm olarak belirlenmiştir (Güney vd., 2022). Doğru kayını fidanlarının tam alan serpmeye yöntemiyle yetiştirildiği başka bir çalışmada, bir yaşındaki fidanların ortalama fidan boyu 29,50 cm, kök boğazı çapı 3,62 mm ve gürbüzlük indisi de 86,90 olarak elde edilmiştir (Ayan vd., 2020). Atik (2013a) yaptığı çalışmasında, bir yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri açısından en yüksek değerleri 10 cm dikim yoğunluğu kullanarak yetiştirdiği fidanlarda tespit etmiştir. Çalışma neticesinde, kontrol işlemindeki fidan boyu, kök boğazı çapı, fidan kuru ağırlığı ve gürbüzlük indisi değerleri sırasıyla 16,00 cm, 4,98 mm, 1,68 g ve 3,28 olurken, vermikompost işleminde ise bu değerler sırasıyla 18,50 cm, 6,07 mm, 2,030 g ve 3,08 olmuştur. Güney (2009) tarafından yapılan başka bir çalışmada, doğu kayını türünün Türkiye'deki farklı doğal yayılış alanlarından toplanan tohumlardan yetiştirilen bir yaşındaki fidanların ortalama fidan boyunun 12,99 cm ve kök boğazı çapının da 4,18 mm olduğu belirlenmiştir. Bir yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine yapılan araştırmalara kıyasla, çalışma sonucunda ölçülen morfolojik özellikler bütünüyle ele alındığında benzer ya da daha yüksek sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Fidan kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla en çok kullanılan parametrelerden olan gürbüzlük indisine ilişkin Yahyaoğlu & Genç (2020), $G\dot{I} < 50$ ise kaliteli fidan, $50 < G\dot{I} < 60$ ise orta kaliteli fidan ve $G\dot{I} > 60$ ise düşük kaliteli fidan olacak şekilde bir sınıflandırma yapmıştır. Buradan hareketle gürbüzlük indisi açısından bir değerlendirme yapıldığında, çalışmada kullanılan tüm işlemlerdeki fidanlar kaliteli fidan sınıfında yer almıştır. Öte yandan, fidan kalite değerlendirmesi için birçok parametre kullanılarak hesaplanan Dickson kalite indisine göre ise sonuç 1'e yaklaştıkça fidan kalitesinin arttığı bildirilmiştir (Aslan, 1986). Önceki çalışmalara kıyasla, çalışma sonucunda daha kaliteli fidanların elde edildiği ifade edilebilir. Öte yandan, bir yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonucunda da fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin birbirleriyle ve fidanlarda ölçülen tüm ağırlıklarla pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar oluşturduğu belirlenmiştir. Kök boğazı çapının fidan boyuna kıyasla Dickson kalite indisiyle çok daha güçlü bir korelasyona sahip olduğu saptanmıştır. Yine fidan boyu, gürbüzlük indisi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyona ortaya koyarken, kök boğazı çapı ise gürbüzlük indisi ile negatif

yönde zayıf bir korelasyon ortaya koymuştur. Dolayısıyla, en önemli morfolojik karakterlerden olan fidan boyu, kök boğazı çapı ve fidanlara ilişkin ağırlık değerlerinin morfolojik açıdan kaliteli fidanların tespit edilmesinde önemli bir role sahip olduğu belirlenmiştir.

İki yaşındaki fidanlar için 43,12 cm ile fidan boyu, 8,09 mm ile kök boğazı çapı (İ7 işlemi ile aynı), 4,48 adet ile yan dal sayısı ve 45,19 cm ile kök boyu açısından en yüksek ortalama değerler İ5 işleminde elde edilirken, 3,30 adet ile kök sayısı açısından en yüksek ortalama değer İ7 işleminde (yarasa gübresi) elde edilmiştir. Bir yaşındaki fidanlarda olduğu gibi iki yaşındaki fidanlarda da tüm ağırlıklara ilişkin en yüksek ortalama değerler yine İ5 işleminde ortaya çıkmıştır. Buna göre, gövde taze ağırlığı 15,21 g olarak, gövde kuru ağırlığı 9,23 g olarak, kök taze ağırlığı 15,43 g olarak, kök kuru ağırlığı 9,13 g olarak, fidan taze ağırlığı 30,64 g olarak ve fidan kuru ağırlığı da 18,36 g olarak tespit edilmiştir. Katlılık indisi (1,01) ve Dickson kalite indisi (0,34 - İ7 işlemi ile aynı) açısından en yüksek ortalama değerler İ5 işleminde oluşurken, gürbüzlük indisi açısından en iyi sonucun olduğu en düşük ortalama değer ise 37,84 ile İ3 işleminde (Kn+Fiğ 10 cm) oluşmuştur. Gürbüzlük indisi açısından 50 eşik değeri üzerinde olan tek işlem ise 53,58 ile İ5 işlemi olmuştur. Kuru kök yüzdesine ilişkin en yüksek ortalama değer %63,82 olarak İ4 işleminde ortaya çıkmıştır. Özel vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, 1+1 yaşındaki doğu kayını fidanlarına arbusküler mikorizal fungus aşılması yapılarak Karabük ili Yenice yöresindeki üç farklı yükselti kademesine aktarılan fidanlardaki en yüksek fidan boyu (43,56 cm), fidan kuru ağırlığı (6,52 g), kök boyu (31,39 cm), kök sayısı (14,80 adet) ve yaşama yüzdesi (%95,12) değerleri 3. yükselti kuşağında (600-800 m) elde edilirken, fidan taze ağırlığı (9,07 g) ise 2. yükselti kuşağında (400-600 m) elde edilmiştir. Güney vd. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise yerinde kök kesimi, seyreltme ve gübreleme uygulamalarının iki yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmış olup çalışma sonucunda, en yüksek fidan boyu (36,89 cm), yan dal sayısı (2,64 adet), fidan taze ağırlığı (13,38 g) ve gürbüzlük indisi (5,49) değerleri seyreltme yapıldıktan sonra 50 g/m² amonyum nitrat gübre uygulaması yapılan fidanlarda tespit edilmiştir. Ayrıca, kök boğazı çapı (6,97 mm), fidan kuru ağırlığı (5,12 g) ve Dickson kalite indisi (1,05) değerleri açısından ise en yüksek değerler kök kesimi yapılan fidanlarda belirlenmiştir. Diğer bir araştırma, farklı orijinlerinden elde edilen doğu kayını tohumlarından yetiştirilen iki yaşındaki fidanlar için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 346,00 mm ile fidan boyu, 8,27 mm ile kök boğazı çapı, 10,55 g ile gövde taze ağırlığı, 7,02 g ile kök taze ağırlığı, 17,53 g ile fidan taze ağırlığı, 6,52

g ile gövde kuru ağırlığı, 4,27 g ile kök kuru ağırlığı, 10,59 g ile fidan kuru ağırlığı, %41,31 ile kuru kök yüzdesi, 1,74 ile katlılık indisi ve 0,24 ile Dickson kalite indisi açısından en yüksek değerler elde edilmiştir. Ayrıca, gürbüzlük indisi açısından en iyi sonuç olan en düşük değer de 39,94 olarak meydana gelmiştir (Gülseven vd., 2019). Güney (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada, Türkiye’deki farklı doğu kayını yayılış alanlarından toplanan tohumlardan yetiştirilen iki yaşındaki fidanlara ilişkin en yüksek ortalama fidan boyu değeri 26,43 cm olurken, en yüksek ortalama kök boğazı çapı değeri ise 6,10 mm olmuştur. Kirdar & Allahverdiev (2003), iki yaşındaki doğu kayını fidanları için 50, 100, 150 ve 200 mg/l dozundaki Polistimulin-A6 hormon uygulamaları sonucunda, en yüksek fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerini sırasıyla 52,80 cm ve 16,40 mm olarak 200 mg/l hormon uygulaması yapılan işlemde tespit etmiştir. Ayrıca, en yüksek gövde (15,00 g), kök (11,20 g) ve fidan (26,20 g) kuru ağırlığı değerleri 150 mg/l işlemde ortaya çıkarken, en yüksek kök yüzdesi değeri ise %49,70 ile 100 mg/l işlemde ortaya çıkmıştır. Doğru kayını türünün dikim öncesi kriterlerinin tespit edildiği bir çalışma sonucunda, iki yaşındaki fidanlar için en düşük fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin sırasıyla 20-25 cm ve 5 mm olması gerektiği ifade edilmiştir (Özpay & Tosun, 1993). İki yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine yapılan önceki çalışmalara kıyasla, çalışma neticesinde belirlenen morfolojik özellikler bakımından çoğunlukla daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Her ne kadar Dickson kalite indisi açısından Güney vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada daha yüksek bir sonuç ortaya çıkmış olsa da, bu durum fidanlarda elde edilen fidan boyu, kök boğazı çapı, ağırlık değerleri ve gürbüzlük indisi ile yakından ilişkili olup, bu çalışmada ilgili morfolojik özellikler açısından daha yüksek değerler ortaya çıkmıştır.

Çalışma neticesinde, iki yaşındaki fidanlar için tespit edilen gürbüzlük indisi değerleri açısından İ5 işlemi dışındaki (orta kaliteli fidan) tüm işlemlerdeki fidanların kaliteli fidan sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Ancak, en kapsamlı kalite indislerinden olan Dickson kalite indisi açısından ise İ5 ve İ7 işlemlerindeki fidanların diğer işlemlere kıyasla daha kaliteli fidanlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Bir yaşındaki fidanlara (0,09) kıyasla iki yaşındaki fidanlarda (0,34) çok daha yüksek bir Dickson kalite indisi değeri elde edilmiştir. Bu durum, ilerleyen yaşa bağlı olarak doğal büyüme seyri sonucunda morfolojik özelliklere ilişkin değer artışlarının bir sonucu olarak meydana gelmiştir. Öte yandan, korelasyon analizi sonucunda, iki yaşındaki fidanlara ait birçok morfolojik karakter arasında pozitif yönde güçlü korelasyonlar oluşmuştur. Fidan boyu ve kök boğazı çapı hem birbirleriyle, hem tüm

ağırlıklarla ve hem de Dickson kalite indisiyle pozitif yönde ve güçlü korelasyonlar göstermiştir. Morfolojik özelliklere ilişkin birinci yıl korelasyon analizi sonucuna benzer şekilde, kök boğazı çapına kıyasla fidan boyu ve gürbüzlük indisi arasında ve fidan boyuna kıyasla kök boğazı çapı ve Dickson kalite indisi arasında daha güçlü korelasyonlar meydana gelmiştir. Dolayısıyla, fidan boyu, kök boğazı çapı ve fidanlara ilişkin ağırlık değerlerinin morfolojik açıdan kaliteli fidanların tespit edilmesindeki önemi tıpkı bir yaşındaki fidan sonuçlarına benzer şekilde iki yaşındaki fidanlar açısından da önemini sürdürmüştür.

Üç yaşındaki fidanlara ilişkin elde edilen en yüksek ortalama fidan boyu (83,76 cm) ve kök boğazı çapı (12,30 mm) değerleri İ5 işleminde oluşurken, yan dal sayısı bakımından en yüksek ortalama değer ise 9,25 adet ile İ6 işleminde (vermikompost) oluşmuştur. Öte yandan, kök boyuna ilişkin en yüksek ortalama değer 55,55 cm ile İ7 işleminde ve kök sayısına ilişkin en yüksek ortalama değer ise 5,10 adet ile İ8 işleminde (etkin mikroorganizma) ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bir ve iki yaşındaki fidanlara benzer şekilde, üç yaşındaki fidanlar için de ölçülen tüm ağırlıklara ilişkin en yüksek ortalama değerler İ5 işleminde oluşmuştur. Buna göre, en yüksek ortalama gövde, kök ve fidana ilişkin taze ağırlıkların sırasıyla 47,98 g, 34,65 g ve 82,64 g olduğu, kuru ağırlıkların da sırasıyla 27,39 g, 18,23 g ve 45,62 g olduğu tespit edilmiştir. Kuru kök yüzdesine ilişkin en yüksek ortalama değer İ2 işleminde %51,98 olarak meydana gelirken, iki yaşındaki fidanlarda olduğu gibi gürbüzlük indisine ilişkin en iyi sonucun olduğu en düşük ortalama değer ise 48,14 olarak yine İ3 işleminde meydana gelmiştir. Katlılık indisi açısından en yüksek ortalama değer 1,58 ile İ7 işleminde elde edilmiş olup, Dickson kalite indisi bakımından en yüksek ortalama değer ise 0,71 ile İ6 işleminde ortaya çıkmıştır. Yapılan literatür araştırması neticesinde, üç yaşındaki doğu kayını fidanlarının morfolojik özellikleri üzerine pek fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, Güney vd. (2016) tarafından farklı orijinli iki ve üç yaşındaki doğu kayını fidanlarının araziye aktarılmasını takip eden büyüme dönemi sonunda 2+1 ve 3+1 yaşındaki fidanlara ilişkin arazi performansları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, 2+1 yaşında olan fidanlardaki en yüksek ortalama fidan boyu 38,70 cm olarak, kök boğazı çapı 7,80 mm olarak ve yan dal sayısı da 6,40 adet olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada, 3+1 yaşındaki fidanlar için en yüksek ortalama fidan boyunun 82,50 cm, kök boğazı çapının 13,60 mm ve yan dal sayısının da 9,70 adet olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya kıyasla, üç yaşındaki fidanlardaki fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısı bakımından çok daha yüksek sonuçlar elde edilmiş olup, neredeyse dört yaşındaki fidanlarla benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Ancak yine de, çalışma kapsamında sonuçların kıyaslandığı fidanların son

yıllarını arazi koşullarında geçirdiği unutulmamalıdır. Yayılış alanları ve büyüme özellikleri bakımından doğu kayınına benzeyen doğu gürgeni (*Carpinus orientalis* Mill.) türüne ilişkin yapılan bir çalışmada, fidanlıktaki 2+1 yaşındaki fidanlar için en yüksek ortalama fidan boyu 62,68 cm ve kök boğazı çapı 8,80 mm olarak elde edilirken, gürbüzlük indisine ilişkin en iyi sonucun olduğu en düşük ortalama değer ise 57,54 olarak elde edilmiştir (Atar vd., 2023). Adi gürgen (*C. betulus* L.) türüne ilişkin Ayan vd. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, üç yaşındaki fidanlar için ortalama fidan boyu 70,80 cm, kök boğazı çapı 6,70 mm, yan dal sayısı 22,10 adet ve gürbüzlük indisi de 111,90 olarak tespit edilmiştir. Her ne kadar tür bazında farklılıklar olsa da, zamana bağlı olarak fidanların morfolojik özelliklerindeki değişimler açısından benzerlikler oluşmuştur.

Yahyaoğlu & Genç (2020) tarafından gürbüzlük indisine ilişkin yapılan sınıflandırma dikkate alındığında, üç yaşındaki fidanlar için yalnızca İ3 işlemindeki fidanlar kaliteli fidan sınıfında yer almıştır. Buna ilave olarak, İ1 (Kn 20 cm), İ2 ve İ4 işlemlerindeki fidanların orta kaliteli fidan sınıfında, İ0, İ5, İ6, İ7 ve İ8 (etkin mikroorganizma) işlemlerindeki fidanların ise düşük kaliteli fidan sınıfında bulunduğu belirlenmiştir. Fidan boyunun kök boğazı çapına oranını ifade eden gürbüzlük indisi her ne kadar fidan kalitesinin belirlenmesinde kullanılsa da, bir fidanın kaliteli olup olmadığının belirlenebilmesi için çok daha detaylı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Langerud, 1991; Haase, 2008). Ayrıca, beklendiği üzere üç yaşına gelen fidanlardaki boy artımlarının çap artımlarına kıyasla daha fazla olması, çalışmadaki gürbüzlük indisi değerlerindeki bu artışın nedeni olarak ifade edilebilir. Öte yandan, Dickson kalite indisi açısından en yüksek ortalama değer yine bir gübre uygulamasının yapıldığı İ6 işleminde elde edilmiş olup, ilk iki yılda en yüksek sonucun ortaya çıktığı İ5 işlemi de bu değeri 0,67 ile takip etmiştir. Buradan hareketle, diğer işlemlere kıyasla bu iki işlemdeki fidanların daha kaliteli olduklarını belirtmek mümkündür. Buna ilave olarak, bir, iki ve üç yaşındaki fidanlarda elde edilen en yüksek ortalama Dickson kalite indisi değerlerinin sürekli olarak artışı, gelişen fidanların morfolojik özelliklerindeki sayısal artışlarla izah edilebilir. Üç yaşındaki fidanların morfolojik özelliklerine ilişkin yapılan korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde, ilk iki yılda elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar meydana gelmiştir. Fidan boyu, gürbüzlük indisi ve Dickson kalite indisi ile orta derecede ve pozitif yönde bir korelasyon oluştururken, kök boğazı çapı ise gürbüzlük indisi ile zayıf derecede ve negatif yönde, Dickson kalite indisi ile de çok güçlü derecede ve pozitif yönde korelasyonlar

göstermiştir. Ayrıca, fidanlarda ölçülen tüm ağırlık değerleri de Dickson kalite indisi ile çok güçlü ve pozitif yönde korelasyonlar ortaya koymuştur.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, azot bağlayıcı türlerle kombine şekilde yetiştirmenin (Güner vd., 2018; Bayraktar & Güney, 2022), düşük ekim sıklığının (Deligöz, 2012; Atik, 2013a; Bayar & Deligöz, 2016; Özüberk & Deligöz, 2016; Ayan vd., 2020) ve gübre uygulamalarının (Tosun vd., 2002; Güney vd., 2010; Atik, 2013b; Moghaddam vd., 2015; Kulaç & Yıldız, 2016; Güney vd., 2020; Banach vd., 2021; Khalid vd., 2022) fidanların morfolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu anlaşılmaktadır. Üç yıl boyunca fidanlıkta yetiştirilen fidanların morfolojik özellikleri açısından genel bir değerlendirme yapıldığında, özellikle İ5 (nanoteknolojik gübre), İ6 (vermikompost) ve İ7 (yarasa gübresi) işlemlerindeki gübre uygulanan fidanların ölçülen karakterler açısından daha yüksek değerler aldığı görülmüştür. Bu durum, her üç yaştaki fidanlar için de en kapsamlı fidan kalite indislerinden olan Dickson kalite indisine yansımıştır. Ayrıca, düşük ekim sıklığı ve azot bağlayıcı fiğ ile kombine şekilde yetiştirmenin de fidan kalitesine olumlu etkileri olmuştur.

Çalışmadaki ekim sıklığı işlemlerinde oluşan yüksek morfolojik değerler, ekim sıklığının düşürülmesi yani tohumlar arası mesafenin artırılması neticesinde ekim yastıklarındaki fidanlara daha fazla büyüme alanı sağlanması sonucunda ortaya çıkmış olabilir. Nitekim, ekim sıklığının optimal şekilde ayarlanmasının fidanların çap ve boy gelişimi üzerinde etkili olduğu ve optimal ekim sıklığı ile fidanların çevresel kaynaklardan daha iyi faydalanabileceği bildirilmiştir (Tolay, 1987; Rocha vd., 2018; Yahyaoğlu & Genç, 2020).

Fiğ ile kombine şekilde yetiştirilen doğu kayını fidanlarının iyi bir gelişim göstermesinin nedeni, fiğin azot bağlama yeteneği sayesinde toprağı besin maddesi bakımından zenginleştirmesi ile oluşan iyi vasıftaki gelişme ortamı olarak ifade edilebilir. Azot bağlayıcı türlerin birlikte yetiştirildikleri fidanların gelişimine sağladıkları katkı birçok çalışmada rapor edilmiştir (Miller & Murray, 1978; Voigtlaender vd., 2012; Diagne vd., 2013; Stokdyk & Herrman, 2014; Mortimer vd., 2015).

Çalışmanın morfolojik karakterler ve fidan kalitesi açısından en başarılı işlemlerini teşkil eden gübreleme uygulamalarının ortaya koyduğu büyük etkinin sebebi, doğrudan fidanların yetiştirildiği toprağa sağladıkları besin elementleri ile izah edilebilir. Gübrelemenin fidan gelişimine katkı sağladığı, patojenlere karşı dayanıklılığı artırdığı (Güneş vd., 2007; Servin vd., 2015), kök gelişimini olumlu yönde etkilediği (Singh & Sale,

2000; Trubat vd., 2006) ve fidanların kuraklığa direncini yükselttiği (Reinbott & Blevins, 1999; Trubat vd., 2010) birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur. Buradan hareketle, doğu kayını fidanlarının yetiştirilmesi için uygulanan işlemlerin morfolojik karakterler açısından olumlu sonuçlar doğurduğu anlaşılmıştır.

4.2. Fidanlıkta Yetiştirilen Fidanların Biyokimyasal Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma sonucunda bir, iki ve üç yaşındaki fidanların biyokimyasal özelliklerine ilişkin bulgular literatürde yapılan önceki çalışmalarla kıyaslanarak aşağıda verilmiştir.

Bir yaşındaki fidanlar için en yüksek klorofil a miktarı 2,86 mg/g, klorofil b miktarı 1,41 mg/g ve toplam klorofil miktarı 4,26 mg/g olarak İ5 işleminde elde edilmiştir. Klorofil miktarlarında en düşük sonuçların ortaya çıktığı İ3 işleminde, toplam karotenoid miktarı açısından 0,38 mg/g ile en yüksek ortalama sonuç ortaya çıkmıştır. Toplam çözünabilir karbonhidrat miktarına ilişkin en yüksek ortalama değerin 185,29 mg/g ile İ2 işleminde olduğu belirlenmiştir. Toplam azot ve toplam karbon miktarlarına ilişkin en yüksek ortalama değerler sırasıyla %2,26 ve %47,26 olarak İ5 işleminde meydana gelmiştir. Bayraktar & Güney (2022), bir yaşındaki doğu kayını fidanlarındaki en yüksek ortalama toplam azot ve toplam karbon değerlerini sırasıyla %1,70 ve %45,54 olarak kızılgağaç fidanları ile birlikte kombine olarak yetiştirdikleri fidanlarda elde etmiştir. Pajak vd. (2022b) tarafından bir yaşındaki Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) fidanları üzerine yetiştirme ortamı yoğunluğu etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, yapraklarda ölçülen en yüksek ortalama toplam azot miktarı %2,43 olarak tespit edilmiştir. Bir yaşındaki kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Wild.) fidanlarının biyokimyasal özellikleri üzerine yetiştirme sıklığı (100, 150, 200, 300, 400 ve 700 fidan/m²) etkilerinin incelendiği çalışmada, en yüksek ortalama toplam çözünabilir karbonhidrat miktarı 113,92 mg/g olarak kontrol (700 fidan/m²) işleminde ortaya çıkmıştır (Özüberk & Deligöz, 2016). Atik & Yılmaz (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, bir yaşındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarının fizyolojik özellikleri üzerine vermikompost uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, en yüksek ortalama toplam azot değeri %1,39 ile vermikompost uygulanan fidanlarda elde edilmiştir. Bir yaşındaki dişbudak yapraklı akçaağaç (*Acer negundo* L.) fidanlarının fizyolojik özellikleri üzerine 10, 20, 30 ve 35 g/m² olmak üzere dört farklı ekim sıklığı etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada, en yüksek ortalama toplam çözünabilir

karbonhidrat miktarının 10 g/m² işleminde 66 mg/g olduğu belirlenmiştir (Deligöz, 2012). Bir yaşındaki Avrupa kayını fidanlarına ilişkin yapılan başka bir çalışmada ise en yüksek ortalama klorofil a (16,32 mg/g), klorofil b (5,91 mg/g) ve toplam klorofil (22,23 mg/g) değerleri bitki besin maddesi bakımından zengin olan yüksek verimliliğe sahip işlemde ortaya çıkmıştır (Minotta & Pinzauti, 1996). Literatürde yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, bitkilerdeki fizyolojik ya da biyokimyasal özellikler hem türe bağlı olarak farklılık göstermiş hem de birçok değişken tarafından etkilenmiştir. Öte yandan, literatürdeki çalışmalarda elde edilen en yüksek sonuçlar da tıpkı bu çalışmadakine benzer şekilde uygulanan işlemler neticesinde pozitif yönde bir seyir göstermiştir. Ayrıca, bir yaşındaki fidanlara ilişkin korelasyon analizi sonucunda da klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon değerlerinin her biri arasında pozitif yönde korelasyonlar oluşurken, bu değerler ile toplam karotenoid ve toplam çözünbilir karbonhidrat değerleri arasında negatif yönde korelasyonlar oluşmuştur.

İki yaşındaki fidanlarda belirlenen en yüksek ortalama klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları sırasıyla 2,82 mg/g, 1,48 mg/g ve 4,30 mg/g ile İ5 işleminde ortaya çıkmıştır. Toplam karotenoid miktarı bakımından en yüksek ortalama değer 0,26 mg/g olarak İ0 işleminde oluşurken, toplam çözünbilir karbonhidrat miktarı açısından en yüksek ortalama değer ise 151,94 mg/g olarak İ1 işleminde oluşmuştur. Toplam azot miktarına ilişkin %1,94 olarak İ7 işleminde olduğu belirlenen en yüksek ortalama değer toplam karbon miktarı açısından ise %46,70 ile İ6 işleminde meydana geldiği tespit edilmiştir. Bayraktar vd. (2021) tarafından iki yaşındaki doğu kayını fidanlarının fotosentetik pigment içerikleri üzerine farklı nanoteknolojik sıvı gübre dozlarının (kontrol, 4 ml/l, 8 ml/l ve 12 ml/l) etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, en yüksek ortalama klorofil a miktarı 2,93 mg/g, klorofil b miktarı 1,64 mg/g ve toplam klorofil miktarı 4,57 mg/g ile 8 ml/l olarak uygulanan gübre dozunda ortaya çıkarken, toplam karotenoid miktarı açısından en yüksek ortalama ise 0,24 mg/g ile kontrol işleminde ortaya çıkmıştır. Başka bir çalışmada, iki yaşındaki doğu kayını fidanlarında ölçülen en yüksek ortalama klorofil a miktarı 6,62 µg/ml olarak elde edilirken, klorofil b miktarı ise 5,99 µg/ml olarak elde edilmiştir. Ayrıca, toplam klorofil miktarına ilişkin en yüksek ortalama değer ise 12,61 µg/ml ile meydana gelmiştir (Gülseven vd., 2019). Coll vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, iki yaşındaki Avrupa kayını fidanları için en yüksek ortalama toplam azot miktarı %1,28 olarak tespit edilmiştir. Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) türünün iki yaşındaki fidanlarına ilişkin yapılan bir çalışmada, en yüksek ortalama toplam azot miktarı %2,20 olarak belirlenmiştir (Camisón

vd., 2020). Literatür çalışmalarına bakıldığında, bitkilerin biyokimyasal özelliklerinin farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Gübre uygulamalarının çalışmadakine benzer şekilde biyokimyasal özellikler üzerine olumlu etkilerinin olduğu saptanmıştır. Çalışmada yer alan korelasyon analizine göre, bir yaşındaki fidanlarda elde edilen sonuçlarla paralellikler ortaya çıkmıştır. Buna göre klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon değerleri arasında pozitif yönde güçlü korelasyonlar meydana gelirken, bu değerler ile toplam karotenoid ve toplam çözünabilir karbonhidrat arasında ise negatif yönde güçlü korelasyonlar meydana gelmiştir.

Üç yaşındaki fidanlar için en yüksek ortalama klorofil a (5,04 mg/g) ve toplam karotenoid (1,26 mg/g) miktarları İ8 işleminde, klorofil b (2,35 mg/g) ve toplam klorofil miktarları ise (7,17 mg/g) İ5 işleminde oluşmuştur. Toplam çözünabilir karbonhidrat miktarı açısından İ1 işleminde (128,31 mg/g) olduğu belirlenen en yüksek ortalama değerin, toplam azot (%1,74) ve toplam karbon (%48,68) miktarları açısından İ0 işleminde olduğu tespit edilmiştir. Turfan vd. (2019) tarafından doğu kayını üzerine yapılan bir çalışmada, en yüksek ortalama klorofil a miktarı 0,159 mg/g olarak ≥ 25 yaş grubunda, klorofil b miktarı 0,260 mg/g olarak ≥ 100 yaş grubunda, toplam klorofil miktarı 0,408 mg/g olarak ≥ 600 yaş grubunda ve toplam karotenoid miktarı ise 9,48 mg/g olarak ≥ 50 yaş grubunda oluşmuştur. Ayrıca, en yüksek ortalama toplam çözünabilir karbonhidrat miktarı 55,34 mg/g, toplam azot miktarı %0,68 ve toplam karbon %15,23 olarak ≥ 200 yaş grubunda ortaya çıkmıştır. Japon kayını (*Fagus crenata* Blume) türünün üç yaşındaki fidanları için uygulanan kömürle filtrelenmiş hava ve iyi sulanmış toprak ile su stresine maruz bırakılmış toprak, ozon ve iyi sulanmış toprak ile su stresine maruz bırakılmış toprak çalışmadaki dört farklı işlemi oluşturmuştur. Fidanların yapraklarındaki en yüksek ortalama karbonhidrat miktarı 54,82 mg/g olarak kömürle filtrelenmiş hava ve iyi sulanmış toprak işleminde ortaya çıkarken, bu değeri 51,81 mg/g ile kömürle filtrelenmiş hava ve su stresine maruz bırakılmış toprak işlemi takip etmiştir. Ozon ile muamele edilen fidanların yapraklarındaki karbonhidrat miktarları ise su stresine maruz bırakılmış toprak işleminde 45,49 mg/g ve iyi sulanmış toprak işleminde 41,63 mg/g olarak belirlenmiştir (Yonekura vd., 2004). Avrupa kayını üzerine yapılan bir çalışma, yaşı 60 ile 120 arasında olan meşcerelerden toplanan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, toplam çözünabilir karbonhidrat miktarının tepe tacının üst bölümlerindeki yapraklarda ortalama 129 mg/g, alt bölümlerindeki yapraklarda ise ortalama 96 mg/g olduğu bildirilmiştir (Påhlsson, 1989). Çalışma sonuçları ile literatür araştırmaları, biyokimyasal özelliklerin etkilendiği birçok farklı değişkenden birinin de yaş

olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bitkilerin maruz kaldığı stres koşulları da biyokimyasal özelliklerin değişmesindeki en önemli etkenlerden biri olarak öne çıkmıştır. Üç yaşındaki fidanlara ilişkin korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde, ilk iki yıla göre fidanların biyokimyasal özellikleri arasındaki ilişkilerde farklılaşmalar meydana gelmiştir. Buna göre, ilk iki yılda olduğu gibi klorofil a değeri klorofil b, toplam klorofil ve toplam azot ile pozitif yönde korelasyonlar oluşturmuştur. Ancak, bu değerlerin ilk iki yılın aksine toplam karotenoid ile de pozitif yönde bir korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Toplam çözünebilir karbonhidrat ile negatif yöndeki korelasyonu önceki yıllardaki gibi devam eden klorofil a değeri, önceki yılların aksine toplam karbon ile de negatif bir korelasyon ortaya koymuştur. Klorofil b değeri ise toplam karotenoid ile arasındaki negatif ilişkiyi sürdürmüş olup, toplam azot ile olan pozitif korelasyonunu negatife döndürmüştür. Toplam klorofil değerinin de toplam karotenoid ile olan negatif korelasyonu pozitif, toplam karbon ile olan pozitif korelasyonu ise negatif olmuştur. Ancak, toplam klorofil açısından toplam azot ile pozitif ve toplam çözünebilir karbonhidrat ile negatif korelasyon süreklilik arz etmiştir. Toplam karotenoid miktarı ilk iki yıldaki sonuçların aksine toplam çözünebilir karbonhidrat ile zayıf derecede de olsa negatif bir korelasyon oluştururken, toplam azot ve toplam karbon ile pozitif yönde korelasyonlar oluşturmuştur. Toplam çözünebilir karbonhidrat değeri toplam azot ile olan negatif korelasyonunu sürdürürken, toplam karbon ile olan korelasyonunu zayıf bile olsa pozitif yönde oluşturmuştur. Toplam azot ve toplam karbon değerleri arasındaki pozitif korelasyon ise varlığını korumuştur.

Bitkilerin fizyolojik ya da biyokimyasal özellikleri pek çok faktörden kolayca etkilenebilmektedir. Bu faktörler arasında çevresel koşullarla birlikte (Ritchie vd., 2010; Scheffers vd., 2016), ekim sıklığı (Deligöz, 2012; Tavares vd., 2014; Abati vd., 2018), azot bağlayıcı türlerle kombine ekim (Ekblad vd., 1995; Bayraktar & Güney, 2022) ve gübreleme (Moghaddam vd., 2015; Bayraktar vd., 2021; Khalid vd., 2022) gibi çeşitli yetiştirme yöntemleri de yer almaktadır. Fotosentetik pigmentler ışık enerjisini emen ve ileten, birincil fotokimyasal reaksiyonları başlatan ve fotosentez yeteneğini doğrudan etkileyen temel elementlerdir (Zhao vd., 2019). Bitki fizyolojisi açısından büyük bir öneme sahip olan yapraktaki klorofil miktarı bitki büyümesini etkilemektedir (Farquhar & Richards, 1984). Genetik yapı, yetiştirme ortamı koşulları, ışık ve stres başta olmak üzere birçok faktör, yapraklardaki klorofil miktarında değişikliklere neden olmaktadır (Gond vd., 1999; Kopsell vd., 2005; Taner & Sade, 2005; Sevik vd., 2012; Sevik & Cetin, 2015; Cetin, 2017; Sevik vd., 2017; Atar vd., 2020; Atar & Güney, 2021). Klorofil miktarındaki artışla birlikte

fotosentez hızının da arttığı bildirilmiştir (Berktaş & Çekiç, 2022). Öte yandan, yapraktaki toplam azot içeriği ile fotosentez arasında çok yakın bir ilişki olduğu (Cheng & Fuchigami, 2000; Ersoy & Kaynak, 2007), azot eksikliğinde fotosentez oranında azalmalar olduğu (Bojović & Marković, 2009), klorofil miktarı ve fotosentez oranının azot uygulaması ile artış gösterdiği ifade edilmiştir (Dordas & Sioulas, 2008). Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, üç yıl boyunca klorofil ve azot miktarlarının pozitif ilişki içinde olması literatürdeki bilgiler ile örtüşmektedir. Üç yıllık ölçümler neticesinde, klorofil ve azot miktarları bakımından genellikle en iyi sonuçlar gübre uygulaması yapılan işlemlerde (özellikle İ5, İ6 ve İ7) elde edilmiştir. Nitekim NPK ile yapılan gübreleme neticesinde klorofillerin yapısal bileşiklerinden olan azotta bir artışın olabileceği ve bu artışın da klorofil miktarındaki bir artışı mümkün kılabileceği bildirilmiştir (Fageria vd., 2009). Ayrıca, gübrelemenin fotosentez verimliliğini artırabileceği ve fotosentez süresini uzatabileceği de ifade edilmiştir (Guo vd., 2016). Yukarıda belirtildiği üzere morfolojik özellikler açısından da en iyi sonuçlara sahip olan gübreleme işlemlerindeki fidanlar için büyüme ile kalite durumlarının iyi olduğu sonucunu çıkarmak mümkündür. Ayrıca, her ne kadar üçüncü yıl ölçümlerinde azot miktarı açısından en yüksek ortalama değer kontrol fidanlarında elde edilse İ3 ve İ8 işlemlerinde de bu değere çok yakın ortalamalar elde edilmiştir.

Çalışmada ölçülen değerlerden biri olan karotenoidlerin metabolizması, stres koşullarından etkilenmektedir (Poiroux-Gonord vd., 2010). Biyotik ve abiyotik stres, bitkilerin fotosentetik dokularındaki karotenoidlerin biyosentezini uyarmaktadır. Buna ek olarak, besin eksikliğinin de bitkilerde strese neden olduğu ve karotenoid birikimini artırdığı ifade edilmektedir (Coesel vd., 2008). Öte yandan çok sayıda araştırmacı, toplam çözünebilir karbonhidrat miktarındaki artışın fotosentez miktarındaki azalmayla ilişkili olduğunu (Azcón-Bieto, 1983; Paul & Foyer, 2001; Urban & Alphonsout, 2007) ve klorofil kaybına sebebiyet verdiğini bildirmiştir (Koch, 1996; Rolland vd., 2002). Çalışma sonuçları göz önüne alındığında, toplam karotenoid ve toplam çözünebilir karbonhidrat miktarları üç yıllık ölçümler sonucunda özellikle İ5, İ6 ve İ7 işlemlerinde daha düşük değerlerde seyrederken, diğer işlemlerde daha yüksek değerler almıştır. Bu durum yetiştirme ortamındaki bitki besin maddesi bakımından yeterli koşullara sahip olan işlemlerdeki fidanların stres koşullarından uzak olduğu için karotenoid ya da karbonhidrat birikimine gerek duymadığı fikrini doğrumuştur. Gübreleme işlemleri dışındaki işlemlerde yer alan fidanlarda, muhtemel besin maddesi eksikliğinin bu iki biyokimyasal karakter açısından artışlara sebep olduğu düşünülmektedir. Nitekim Bayraktar vd. (2021), gübreleme sonucunda toprağa verilen azot,

fosfor ve potasyum gibi makro besin elementleri neticesinde kontrole kıyasla daha düşük toplam karotenoid miktarlarının gübreleme işlemlerindeki fidanların stres koşullarından uzak olması ile açıklanabileceğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada, yapraktaki besin maddesi konsantrasyonlarının karbonhidrat içeriği ile negatif bir ilişkiye sahip olduğu, besin maddesi eksikliğinin büyümenin azalmasına ve karbonhidratların yapraklarda tutulmasına neden olduğu ifade edilmiştir (Påhlsson, 1989). Yine, makro besin elementlerinden biri olan potasyum eksikliğinde ise düşük molekül ağırlıklı çözünebilir karbonhidratların biriktiği bildirilmiştir (Krauss, 2000). Çalışmanın üç yıllık sonuçlarına göre, karotenoid ve toplam çözünebilir karbonhidrat miktarı arasında oluşan genellikle pozitif korelasyon ile bunların klorofil ve azot miktarları ile olan negatif korelasyonları da literatür bilgileri ile paralellik göstermiştir.

Çalışma kapsamında ölçümü gerçekleştirilen bir diğer önemli karakter toplam karbondur. Biyosfer-atmosfer sistemindeki karbon ve su akışının %90'ı güneş ışınımının kimyasal enerjiye dönüştürülmesi ile oluşan fotosentez yoluyla meydana gelmektedir (Joiner vd., 2011; Croft vd., 2017). Bununla birlikte, bitki fotosentetik oranları çevresel koşullardaki değişikliklere hızlı bir şekilde tepki vermektedir (IPCC, 2013). İklim değişikliği, fotosentetik karbon asimilasyon düzeninde oluşturduğu değişiklikler nedeniyle bitki büyümesini ve gelişimini etkilemektedir (Reddy vd., 2010). Fotosentez miktarı, karbondioksit konsantrasyonundaki yükselmeye bağlı olarak artış göstermektedir (Drake vd., 1997). Öte yandan, özellikle azot ve karbon gibi eksiklikleri durumunda bitki gelişimini sınırlayıcı besin elementlerinin varlığı da fotosentez miktarı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Kirschbaum, 2011). Verilen bilgiler birlikte değerlendirildiğinde, karbon miktarı ile fotosentez miktarı ve dolayısıyla da bitki büyümesi arasında kuvvetli ilişkiler olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, bitki yapraklarındaki toplam karbonun fotosentetik pigmentlerden biri olan toplam klorofille ve büyüme üzerine etki eden en önemli besin elementlerinden olan azotla ilişkili olduğunu da belirtmek mümkündür. Çalışma kapsamında bitki yapraklarında yapılan ölçümler neticesinde, en yüksek ortalama toplam karbon değerleri ilk iki yılda gübre uygulaması yapılan işlemlerde (özellikle İ5, İ6 ve İ7), üçüncü yılda ise kontrol ile birlikte ona çok yakın değere sahip olan İ8 işleminde elde edilmiştir. Buna ilave olarak, korelasyon analizleri ile genellikle toplam karbon değerinin toplam klorofil ve toplam azot ile arasındaki pozitif ilişkiler ortaya koyduğu da belirlenmiştir. Çevresel koşulların aynı olduğu yetiştirme ortamında özellikle gübre uygulanan fidanlarda ortaya çıkan yüksek sonuçların ortama ilave edilen bitki besin elementlerinin fidan büyümesi

ve karbon miktarı üzerine olan etkilerinin sonucu olduğu düşünülmektedir. Her ne kadar üçüncü yılda en yüksek ortalama toplam karbon değeri kontrol işleminde ortaya çıksa da elde edilen değer, diğer işlemlerdeki sonuçlara yakın olup, işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşmamıştır. Azot bağlayıcı bitkilerle kombine şekilde yetiştirmenin ve gübre uygulamalarının karbon tutulumunu artıracığı da farklı çalışmalarda ortaya konulmuştur (Soussana vd., 2004; Bayraktar & Güney, 2022).

4.3. Fidanlıktaki Toprak Özelliklerine İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma kapsamında fidanların yetiştirilmesi için hazırlanan ekim yastıklarında kullanılan toprakların üç yıllık süreçteki özellikleri üzerine elde edilen bulgular konuya ilişkin literatürdeki çalışmalar eşliğinde aşağıda değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, fidanların morfolojik ve biyokimyasal özelliklerinde olduğu gibi yıllara bağlı olarak ayrı ayrı yapılmamış, bir bütün olarak üç yıllık sonuçlar ve yorumlamaları şeklinde verilmiştir.

Çepel (1996) ve Kantarcı (2000), toprağın oluşumuna etki eden faktörleri iklim, zaman, anakaya, yeryüzü şekli ve canlılar olarak sınıflandırmıştır. Çalışmada birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonunda her işlem için ayrı ayrı olmak üzere ekim yastıklarındaki topraklardan alınan numuneler üzerinde yapılan tekstür tayinleri neticesinde, toprak türlerinin kil olduğu tespit edilmiştir. Topraklardaki en yüksek ya da en düşük kum, toz ve kil miktarlarında farklılıklar olsa da genel itibari ile bu farklılıklar, toprak türünde değişikliğe neden olacak ölçekte gerçekleşmemiştir. Buradan hareketle; ekim sıklığı, azot bağlayıcı türle kombine ekim ve gübreleme uygulamalarının üç yıllık süreçte toprak türü üzerinde güçlü bir etki etmediği sonucuna varmak mümkündür. Ekim yastıklarındaki topraklara ilişkin üç büyüme dönemi sonunda yapılan korelasyon analizi sonuçları dikkate alındığında kum, toz ve kil değerlerinin her biri arasında çoğunlukla negatif yönlü ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Topraktaki kum, toz ve kil miktarları birlikte belirlendiğinden bir değerdeki artışın diğer değerde azalışa neden olması ve negatif korelasyonlar oluşturması beklenen bir durumdur.

Birinci büyüme dönemi sonunda ekim yastıklarından alınan toprak örneklerinde yapılan ölçümlerde, en yüksek ortalama pH değeri 5,15 ile İ0 işleminde elde edilirken, en düşük ortalama değer ise 4,96 olarak İ5 işleminde elde edilmiştir. İkinci büyüme dönemi sonundaki pH değerleri 4,82 (İ6 işleminde) ile 5,57 (İ2 işleminde) arasında değişmiştir. pH değerine ilişkin üçüncü büyüme dönemi sonundaki en yüksek ortalama değer 4,85 olarak İ1

işleminde ortaya çıkarken, en düşük ortalama değer ise 4,39 olarak İ7 işleminde oluşmuştur. Birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemi sonlarındaki en yüksek ortalama EC değerleri sırasıyla 151,45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile İ6 işleminde, 83,03 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile İ7 işleminde ve 50,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile İ5 işleminde elde edilmiştir. EC'ye ilişkin birinci büyüme dönemi sonundaki en düşük ortalama değer 83,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak İ2 işleminde oluşurken, ikinci büyüme dönemi sonunda 53,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak İ6 işleminde ve üçüncü büyüme dönemi sonunda ise 37,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak İ1 işleminde oluşmuştur. Fidanlık topraklarında uygulanan azot gübrelemelerinin pH ve EC miktarlarına olan etkisini araştıran Han vd. (2015), zamana bağlı olarak bu değerlerde bir azalmanın olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, gübrelerdeki azot miktarının artışına bağlı olarak da pH değerlerinde bir azalış ortaya çıkmıştır. Rhoades & Binkley (1996) ile Yamashita vd. (2008) yaptıkları çalışmalarda, azot bağlayıcı türlerin zamana bağlı olarak toprak pH'sını azaltıcı etki ettiğini ifade etmiştir. Tuyen vd. (2006) tarafından yapılan başka bir çalışmada, uzun dönem gübre uygulamaları neticesinde başlangıç değerlerine kıyasla topraktaki pH ve EC değerlerinde önemli azalmalar olduğu bildirilmiştir. Azot bağlama ve nitrifikasyon süreçleri toprağın asitleşmesine yol açabilse de, toprağın başlangıçtaki durumu, atmosferik asit birikimi, katyon değişimi ve ayrışma gibi diğer faktörler de toprağı asitleştirebilmektedir (Finzi vd., 1998; Yamashita vd., 2008). Yapılan çalışmalarla kıyaslandığında ekim sıklığı, azot bağlayıcı türle kombine ekim ve gübre uygulamaları neticesinde zamana bağlı olarak pH ve EC miktarlarındaki azalışların olağan olduğu anlaşılmıştır.

Çalışma sonucunda topraklarda elde edilen en düşük pH (toprak reaksiyonu) değerlerinin İ5, İ6 ve İ7 işlemlerinde ortaya çıkması gübre uygulamalarının bir sonucu olabilir. Toprak reaksiyonunun bitki gelişimine etkisi besin maddesi alımı, mikroorganizma yaşamı ve pedolojik özellikler (humuslaşma ve yıkanma gibi) üzerindeki rollerinden kaynaklanmaktadır (Çepel, 1996). Doğu kayını türünün doğal yayılış alanlarındaki toprak reaksiyonu değerleri 4,1 ile 6,0 arasında değişmektedir (Sevim, 1954; Kantarcı, 1972). Her ne kadar çalışma sonucunda elde edilen toprak reaksiyonu değerleri her büyüme dönemi sonunda her işlem için bu aralıkta olsa da, geniş yapraklı türlerin yetiştirileceği fidanlıklardaki optimum toprak reaksiyonu değerlerinin 5,8 ile 6,2 arasında olması gerektiği ifade edilmiştir (Pritchett, 1979). Toprak reaksiyonu değerlerine ilişkin çalışma sonuçlarının daha düşük değerlerle bu sınırlar arasında yer almadığı belirlenmiştir. Ancak, düşük toprak reaksiyonu değerlerinin fidanların gelişimi üzerine olumsuz etki etmediği, aksine en düşük pH değerlerinin ortaya çıktığı gübre uygulaması yapılan işlemlerde morfolojik ve biyokimyasal özellikler açısından daha kaliteli bireylerin elde edildiği bu özelliklere ilişkin

sonuçların tartışıldığı kısımda açıkça belirtilmiştir. Öte yandan, topraktaki tuz konsantrasyonu ya da tuzluluk, elektriksel iletkenlikle (EC) tespit edilmektedir (Eruz, 1979; Karaman vd., 2007). Toprak tuzluluğu bitki üzerinde hem transpirasyonu ve solunumu hem de su ile besin alımını ve kök gelişimini azaltıcı etki etmektedir. Dolayısıyla, hormonal dengede yıkım oluşmakta, fotosentez miktarı ile nitrat alımının düşmesine bağlı olarak protein sentezi azalmakta ve bitki boyu kısalmaktadır (Eruz, 1979; Dölarslan & Gül, 2012). Elektriksel iletkenlik değerinin 0-2 dS/m (2000 μ S/cm) arasında olması durumunda, tuzluluğun düşük olduğu ve bitkilerin tuzluluktan çok az zarar gördüğü ya da zararın ihmal edilebilir düzeyde olduğu ifade edilmektedir (Eruz, 1979; Miyamoto vd., 2004; Karaman vd., 2007). Çalışma sonuçları dikkate alındığında, büyüme dönemleri sonundaki elektriksel iletkenlik değerleri bu aralık içinde yer almış olup çok düşük seviyelerde seyretmiş ve tuzluluk açısından bitki gelişimini olumsuz etkileyecek bir durum gelişmemiştir. Çalışma kapsamında yapılan korelasyon analizleri dikkate alındığında, pH ve EC değerleri arasında ikinci yılda anlamlı bir korelasyon oluşmazken, ilk yılda oluşan negatif korelasyon üçüncü yılda pozitif dönüşmüştür. Üçüncü büyüme dönemi sonunda ortaya çıkan pozitif ilişkiye, ekim yastıklarındaki toprakların başlangıç pH ve EC değerlerinin zamana bağlı olarak azalmasının sebebiyet verdiği düşünülmektedir.

Birinci büyüme dönemi sonunda en yüksek ortalama toplam azot değeri %0,049 olarak İ3 işleminde elde edilirken, bu değer ikinci büyüme dönemi sonunda %0,090 olarak İ0 işleminde ve üçüncü büyüme dönemi sonunda %0,141 olarak İ1 işleminde tespit edilmiştir. Birinci, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki en yüksek ortalama toplam karbon değerleri sırasıyla %0,212 ile İ5 işleminde, %0,579 ile İ6 işleminde ve %1,236 ile İ3 işleminde ortaya çıkmıştır. Ekim sıklığının artmasına bağlı olarak bitki örtüsü yoğunluğu arttıkça, bitkilerin topraktaki besin elementleri, ışık ve alan gibi kaynaklar için rekabetinin de artacağı bildirilmiştir (Zhang vd., 2004; Tan vd., 2020). Piano vd. (2019) tarafından ekim sıklığının topraktaki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, toplam karbon miktarında oluşan artış yüksek ekim sıklığı neticesinde meydana gelen fazla miktardaki kök oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Diğer bir etken olarak azot bağlayıcı bitkiler, birçok çalışmada farklı arazi tipleri ya da yetiştirme alanları için azot kaynağı olarak kullanılmıştır (Handayanto vd., 1995; Siddique vd., 2008). Ayrıca, bu bitkilerin azot ve organik madde içeriklerini artırıcı etkileri olduğu da bildirilmiştir (Deans vd., 1999; Macedo vd., 2008). Aula vd. (2016) tarafından azot gübrelemesinin topraktaki toplam azot ve organik karbon üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışma sonucunda, yüksek dozlardaki uzun dönem gübre uygulaması

neticesinde toplam azot ve organik karbon miktarlarında artışlar olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan, NPK gübrelemesi neticesinde başlangıç değerlerine göre artış gösteren azot ve karbon değerlerinin takip eden yıllarda azabildiği de ortaya koyulmuştur. Halvorson & Jantalia (2011) ile Ortas vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda, azot gübrelemelerinin topraktaki toplam azot değerlerini artırdığı rapor edilmiştir. Gübrelemelerin toprak karbon içeriklerine olan olumlu etkileri de yine birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur (Raun vd., 1998; Halvorson & Reule, 1999; Dolan vd., 2006; Zhang vd., 2009). Düşük karbon içeriğine sahip toprakların az humus içermesine bağlı olarak makro besin elementleri açısından fakir olduğu ve bu tür topraklarda yetişen bitkilerin abiyotik streslere karşı daha hassas olduğu ifade edilmiştir (Poberežny vd., 2023). Çalışmanın özellikle ilk iki yılında toprakta belirlenen toplam karbon değerleri göz önüne alındığında, İ5 ve İ6 gibi gübreleme işlemlerine ait toprakların en yüksek sonuçları vermesi gübre uygulamaları ile ilişkilendirilebilir. Gübreleme ile toprağa verilen besin elementleri neticesinde toplam karbon miktarlarında bir artış meydana gelmiş olabilir. Nitekim çalışmanın işlemleri düşünüldüğünde, azotla birlikte fidan gelişimindeki en önemli etkenlerden olan karbon açısından uygun koşullara sahip olan toprakların fidan gelişimine olumlu etkilerinin yansımış olduğu kanısına varılmıştır. Bu durum, morfolojik ve biyokimyasal özellikler açısından en iyi fidanların gübreleme işlemlerinde elde edilmiş olması ile uyusmaktadır. Netice itibari ile elverişli bir ortamda yetiştirilmiş olan morfolojik ve biyokimyasal açıdan kaliteli bireylerin stres koşullarına karşı da yüksek dirence sahip olduğu fikri oluşmuştur. Öte yandan, her büyüme dönemi sonunda yapılan korelasyon analizleri ile topraktaki toplam azot ve toplam karbon değerleri arasında pozitif korelasyonlar meydana gelmiş olup, işlemler neticesinde zamana bağlı olarak olumlu yönde etkilenen bu değerler literatür araştırmalarına benzerlik göstermiştir.

Toprak özelliklerine ilişkin çalışma sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, toprak reaksiyonu ve topraktaki tuzluluk oranının zamana bağlı olarak azaldığı, toplam azot ve toplam karbon değerlerinin ise arttığı görülmüştür. Dolayısıyla, özellikle toprak tuzluluğunun azalması ile toplam azot ve toplam karbon miktarlarının artması sonucu daha düşük stres koşullarını barındıran İ5 ve İ6 gibi işlemlerdeki topraklarda önceki tartışma kısımlarında bahsedildiği üzere morfolojik ve biyokimyasal özellikler açısından daha kaliteli bireylerin elde edilmesi dikkat çekici bir nokta olarak öne çıkmıştır.

4.4. Dikim Sahasına Aktarılan Fidanlara İlişkin Tartışma ve Sonuçlar

Bir yaşında dikim sahasına aktarılmalarını takiben iki büyüme dönemi boyunca gelişimlerini sürdüren fidanlara ilişkin ulaşılan tüm bulgular birlikte ele alınarak literatürdeki araştırmalar ışığında aşağıda yorumlanmıştır.

Dikim sahasına aktarılan fidanlara ilişkin en yüksek ortalama tutma başarısı %100 ile İ4, İ5 ve İ7 işlemlerinde elde edilmiştir. İkinci büyüme dönemi sonunda tespit edilen en yüksek ortalama yaşama yüzdesi %96,67 olarak İ5 ve İ7 işlemlerinde oluşurken, üçüncü büyüme dönemi sonunda belirlenen en yüksek ortalama yaşama yüzdesi değerleri ise %93,33 olarak İ7 işleminde ve %90,00 olarak İ5 işleminde ortaya çıkmıştır. Esen vd., (2012), başarılı bir dikim çalışması için yüksek kaliteli fidan kullanmanın önemli bir ön koşul olduğunu bildirmiştir. Özellikle mevsimsel kuraklığa maruz kalan bölgelerde orman alanlarındaki dikim çalışmalarında kullanılan fidanların adaptasyon başarısı, büyüme mevsimi boyunca yapılacak gübreleme gibi faaliyetlere bağlıdır (Trubat vd., 2010). Ancak, arazideki gübreleme işlemlerinin yüksek maliyetleri de beraberinde getirdiği belirtilmiştir (Esen vd., 2012). Öte yandan, dikim alanından besin alımına kıyasla fidanlıkta yapılacak gübreleme çalışmaları ile fidanlardaki besin rezervlerini artırmanın çok daha etkili bir uygulama olduğu (Tinüs, 1974; Binkley, 1986) ve bu sayede dikim sonrası başarı şansının yükseldiği ifade edilmiştir (Grossnickle & MacDonald, 2018). Gübreleme işlemlerine ek olarak, uygun ekim sıklığı ve azot bağlayıcı türle kombine ekim uygulamalarıyla da fidanlardaki besin rezervlerinin artırılması ve kaliteli fidan üretimi amaçlanmaktadır (Miller & Murray, 1978; Duryea, 1984; Mortimer vd., 2015; Alım & Kavgacı, 2017). Nitekim Yahyaoğlu & Genç (2020), yüksek besin maddesi içeriğine sahip fidanların arazideki tutma başarısı ve gelişim açısından daha avantajlı olduğunu bildirmiştir. Özel vd. (2021) tarafından 1+1 yaşındaki doğu kayını fidanlarının dikim sahasındaki yaşama yüzdesi üzerine arbusküler mikorizal fungus aşılamaının etkileri araştırılmıştır. Çalışmada aşılama yapılarak iki ay süreyle fidanlıkta bekletilen fidanlar, Karabük ili Yenice yöresinde bulunan dikim sahasındaki üç farklı yükselti kademesine (200-400, 400-600, 600-800 m) aktarılmıştır. Takip eden büyüme dönemi sonunda, 600-800 m yükselti kademesine aktarılmış aşılı fidanlardaki yaşama yüzdesinin (%95,12) kontrol fidanlarına kıyasla daha yüksek sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Avrupa kayını için yapılan çalışmalarda, yetiştirme aşamasında uygulanan gübrelemelerin dikime hassas olan bu türün yaşaması ve gelişmesi üzerine olumlu katkılarının olduğu, bu yöntemle yetiştirilen kaliteli fidanların da

dikim sahasında üstün bir uyum yeteneği ortaya koyabileceği bildirilmiştir (Percival & Sacre, 2014; Banach vd., 2021). Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) üzerine yapılan çalışmalarda, gübre uygulamalarının tutma başarısı ve yaşama yüzdesi oranlarını artırdığı ifade edilmiştir (Puértolas vd., 2003; Luis Díaz vd., 2004). Fidanlıktaki yetiştirme aşamasında farklı ekim sıklıkları uygulanan sarıçam fidanlarının dikim sahasındaki yaşama yüzdelерinin araştırıldığı çalışma sonuçlarına göre, ekim sıklığı fazla olan işlemdeki yaşama yüzdesi değeri de en yüksek olduğu bildirilmiştir (Tetik, 1995). Azot bağlayıcı bitkilerin bulundukları toprakları bitki besin maddesi açısından zenginleştirmesiyle kaliteli fidan üretimine katkı sağladığı ve bu sayede ağaçlandırma çalışmalarındaki başarıya destek olduğu belirtilmiştir (Miller & Murray, 1978; Voigtlaender vd., 2012; Diagne vd., 2013; Stokdyk & Herrman, 2014). Tıpkı literatür çalışmalarında olduğu gibi, bu çalışma sonucunda da özellikle gübreleme uygulaması yapılan işlemlerde en yüksek tutma başarısı ve yaşama yüzdesi değeri ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak, ekim sıklığı ve azot bağlayıcı türle kombine ekim işlemlerindeki fidanların da kontrol fidanlarına kıyasla daha yüksek yaşama yüzdesi değeri sahip olduğu belirlenmiştir. Zamana bağlı olarak düşen yaşama yüzdeleri göz önüne alındığında, üçüncü büyüme dönemi sonunda bu azalıştan en az etkilenen işlemlerin İ5 ve İ7 olduğu anlaşılmıştır.

Dikim sahasına aktarılan ve kışı geçirerek tutma başarısı gösteren bir yaşındaki fidanlara ilişkin en yüksek ortalama fidan boyu ve kök boğazı çapı değeri sırasıyla 14,32 cm ve 4,37 mm olarak İ5 işleminde elde edilirken, gürbüzlük indisi değeri ise 39,06 olarak İ4 işleminde tespit edilmiştir. Dikim sahasındaki ikinci büyüme sonunda iki yaşındaki fidanlar için en yüksek ortalama fidan boyu, kök boğazı çapı, yan dal sayısı ve terminal sürgün boyu değeri sırasıyla 29,33 cm, 7,37 mm, 2,75 adet ve 17,56 cm ile yine İ5 işleminde olduğu belirlenmiştir. Bu fidanlar için gürbüzlük indisine ilişkin en yüksek ortalama değeri ise 41,72 olarak İ8 işleminde meydana gelmiştir. Dikim sahasında üç yaşındaki fidanlar açısından en yüksek ortalama fidan boyu 37,51 cm, kök boğazı çapı 9,92 mm ve yan dal sayısı 6,41 adet olarak tekrar İ5 işleminde elde edilmiştir. Üç yaşındaki fidanlar için terminal sürgün boyu ve gürbüzlük indisine ilişkin en yüksek ortalamalar ise sırasıyla 10,62 cm ve 39,99 ile İ1 işleminde oluşmuştur. 1+1 yaşındaki doğu kayını fidanlarının arbusküler mikorizal fungus aşılması sonrası dikim sahasındaki büyüme performansının araştırıldığı bir çalışmada, dikim sonrası büyüme dönemi sonunda 600-800 m yükselti kademesine aktarılmış fidanlarda kontrole göre daha yüksek fidan boyu (43,56 cm) ve kök boğazı çapı (8,50 mm) değeri elde edilmiştir (Özel vd., 2021). Doğru kayını türü üzerine

yapılan başka bir çalışmada, farklı bölgelerden toplanan tohumlar fidanlıkta ekilerek iki ve üç büyüme dönemi boyunca yetiştirilmiştir. İki yaşındaki fidanlar ikinci büyüme dönemi sonunda ve üç yaşındaki fidanlar da üçüncü büyüme dönemi sonunda 1230 m yükseltideki Tonya-Kalınçam mevkiinde bulunan dikim sahasına aktarılmıştır. 2+1 yaşındaki fidanlara ilişkin fidan boyu, kök boğazı çapı ve yan dal sayısına ilişkin en yüksek ortalama değerler sırasıyla 38,70 cm, 7,80 mm ve 6,40 adet olarak elde edilmiştir. Aynı morfolojik karakterlere ilişkin 3+1 yaşındaki fidanlar açısından ise en yüksek ortalama değerler sırasıyla 82,50 cm, 13,60 mm ve 9,7 adet olarak belirlenmiştir (Güney vd., 2016). Özpınar & Tosun (1993), 2+0 yaşındaki doğu kayını fidanları için fidan boyunun en az 20-25 cm ve kök boğazı çapının da en az 5 mm olması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca, yüksek fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerine sahip doğu kayını fidanlarının dikim sahasındaki tutma başarısı ve fidan gelişiminin düşük olanlara göre daha fazla olduğunu ifade etmiştir. Birçok geniş yapraklı ağaç türü için başlangıç çapının, erken dönemde arazideki tutma başarısı, yaşama yüzdesi ve gelişim performansı ile en anlamlı ve pozitif ilişkili olan özellik olduğu rapor edilmiştir (Dey & Parker, 1997; Jacobs vd., 2004). Ayrıca, fidan boyunun da fotosentez kapasitesini ve yabancı otlara karşı rekabet gücünü etkilediği bildirilmiştir (Jacobs, 2003; Haase, 2007). Nitekim iki yaşındaki sarıçam fidanları üzerine yapılan bir çalışma, fidanlıkta en yüksek başlangıç fidan boyuna sahip olan işlemin (5,91 cm) dikim sahasındaki üçüncü büyüme dönemi sonunda da en yüksek fidan boyu (30,00 cm) ve yaşama yüzdesi (%80,00) değerlerine sahip olduğunu göstermiştir (Tetik, 1995). Dikim sahasına aktarılan fidanlara ilişkin başlangıçtaki en yüksek fidan boyu ve kök boğazı çapı değerlerinin elde edildiği İ5 işleminde en yüksek tutma başarısı ve yaşama yüzdelерinin ortaya çıkması literatür bilgileri ile paralellik göstermiştir. Ayrıca, takip eden yıllarda da yetiştirme aşamasında gübre uygulaması yapılan işlemlerdeki (özellikle İ5) fidanların ölçülen morfolojik özellikler açısından daha yüksek değerler alması da dikkat çekici olmuştur.

Birinci büyüme dönemi sonunda elde edilen verilere ilişkin yapılan korelasyon analizi sonucunda hem tutma başarısı ile ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdelерinin her biri arasında hem de bu üç değer ile fidanlıkta bir yaşında olan fidanlarda ölçülen klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon arasında pozitif yönde korelasyonlar meydana gelmiştir. Ancak tutma başarısı, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri ile toplam karotenoid ve toplam çözünbilir karbonhidrat arasında ise negatif yönde korelasyonlar oluşmuştur. İkinci ve üçüncü büyüme dönemi sonundaki bulgulara ilişkin korelasyon analizleri fidan boyu, kök boğazı çapı, yan

dal sayısı ve terminal sürgün boyu değerlerinin gerek kendi aralarında gerekse fidanlıkta bir yaşında olan fidanlarda ölçülen klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon değerleri arasındaki pozitif yönlü ilişkileri ortaya koymuştur. Tutma başarısı ve yaşama yüzdelerinin toplam karotenoid ve toplam çözünebilir karbonhidrat değerleri ile arasında olan negatif ilişki, ikinci ve üçüncü büyüme dönemi sonunda tespit edilen morfolojik özelliklerde de kendini göstermiştir. Gülseven vd. (2019) tarafından doğu kayını üzerine yapılan bir çalışmada, fidanlara ilişkin fizyolojik özelliklerin morfolojik özellikleri etkilediği ve artış ya da azalışların her iki özellik açısından da paralellik sergilediği ifade edilmiştir. Bir yaşındaki fidanlarda belirlenen klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, toplam azot ve toplam karbon miktarları açısından yüksek değerlerin dikim sahasındaki tutma başarısı ve yaşama yüzdesi üzerine olumlu etkileri yansımıştır. Fidanlıkta yetiştirilen fidanlara ilişkin sonuçlar göz önüne alındığında, morfolojik ve biyokimyasal açıdan yüksek değerlerin elde edildiği işlemlerin dikim sahasındaki olumlu seyri de devam etmiştir. Buradan hareketle, ağaçlandırma faaliyetlerindeki başarıyı tayin eden tutma başarısı ve yaşama yüzdesi değerleri açısından çalışma kapsamında uygulanan ekim sıklığı, azot bağlayıcı türle kombine ekim ve özellikle de gübreleme işlemlerinin önemi ortaya çıkmıştır. Öte yandan Langerud (1991) ve Haase (2008), fidan kalitesini değerlendirmede yaşama yüzdesi ile morfolojik, fizyolojik ya da biyokimyasal karakterlerin en iyi tanımlayıcılar olduğunu ifade etmiştir. En nihayetinde literatür bilgileri ile çalışma bulguları bir bütün olarak ele alındığında, hem fidanlıkta hem de dikim sahasında yüksek değerlere sahip olan özellikle gübreleme işlemlerindeki (İ5, İ6 ve İ7) fidanların kontrole kıyasla daha kaliteli olduğu ve daha iyi bir arazi performansı gösterdiği belirlenmiştir.

5. ÖNERİLER

Doğu kayını için hem ülkemizde gençleştirme koşullarını kaybetmiş fazla miktarda boşluklu kapalı alanların bulunması hem de gelecek projeksiyonlarında iklim değişikliğine bağlı olarak yayılış alanlarında muhtemel bir daralmanın beklenmesi türe ilişkin kaliteli fidan üretiminin önemini vurgulamaktadır. Morfolojik ve biyokimyasal açıdan kaliteli doğu kayını fidanları ile türün doğal yayılış alanlarındaki diri örtü, erken ve geç donlar, yakıcı ya da kurutucu sıcaklıklar, her türlü böcek ve mantar gibi arazi koşullarına karşı direnç sağlanabilecek ve ağaçlandırma çalışmalarındaki dikim başarısı ile arazi performansını artırmak mümkün olabilecektir.

Çalışma kapsamında doğu kayını türüne ilişkin kaliteli fidan üretebilmek amacıyla farklı ekim sıklıkları, azot bağlayıcı fiğ ile kombine ekimler ve organik gübre uygulamalarının etkileri araştırılmıştır. KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasının açık alan koşullarında hazırlanan ekim yastıklarında yetiştirilen fidanlar üzerinde morfolojik ve biyokimyasal ölçümler yapılırken, ekim yastıklarındaki toprakların ise bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. 2020, 2021 ve 2022 yıllarının büyüme dönemleri sonunda fidanlıkta yapılan tüm bu ölçümlere ek olarak, 2020 yılının büyüme dönemi sonunda bir yaşında olan fidanlar, doğu kayını türünün doğal yayılış alanlarından olan Trabzon ili Arsin ilçesi Güneyce mevkiindeki dikim sahasına aktarılmıştır. Buradaki fidanların ise hayatiyetleri ve bazı morfolojik ölçümlere dayanan gelişim seyirleri incelenmiştir. Gerek uygulanan işlemlerin fidanlıkta yetiştirilen fidanlar ve topraklar üzerindeki etkilerinin detaylı ölçümlerle üç büyüme dönemi boyunca takip edildiği gerekse de bir yıl boyunca bu işlemlerle yetiştirilen fidanların dikim sahasındaki tutma başarısı ve yaşama yüzdeleri ile büyüme performanslarının araştırıldığı bu çalışmanın, doğu kayınına ilişkin literatür için iyi bir altlık olacağı düşünülmektedir.

Fidanlıkta büyük maliyetler gerektiren fidan yetiştirilmesi noktasında kaliteli ve amaca uygun fidanların üretilmesi ve arazi aşamasında başarı oranı yüksek ağaçlandırma sahalarının oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Öte yandan, gübrelemeler neticesinde yüksek miktardaki bitki besin elementinin toprağa kazandırılması ile fidanların besin rezervlerinin artırıldığı ve bu sayede dikim sahasındaki başarı ile arazi koşullarına karşı direncin olumlu yönde etkilendiği bilinmektedir. Çalışma sonuçları da bu durumu destekler nitelikte meydana gelmiştir. Çalışmanın gübreleme uygulamalarını oluşturan özellikle İ5

(nanoteknolojik gübre), İ6 (vermikompost) ve İ7 (yarasa gübresi) işlemlerindeki fidanların hem fidanlıkta hem de dikim sahasında yapılan ölçümlerde öne çıktığı görülmüştür. Fidanlıkta nanoteknolojik gübre ve yarasa gübresi uygulanarak yetiştirilen fidanların dikim sahasındaki diri örtüye rağmen %100 olan tutma başarısının üçüncü büyüme dönemi sonunda bile hala %90 ve üzerinde yaşama yüzdesine sahip olması organik gübre kullanımının fidanlar üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Öte yandan, çalışmadaki tüm veriler ele alınarak bir genelleme yapılacak olursa, İ5 işleminin en başarılı sonuçlara sahip olduğu ifade edilebilir. Her ne kadar gübreleme işlemleri arasında bazı özellikler açısından farklılıklar oluşsa da bu gübreler kullanılarak yetiştirilen doğu kayını fidanlarının kontrol fidanlarına göre çok daha kaliteli olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla kaliteli, amaca uygun ve arazi koşullarına dayanıklı doğu kayını fidanı yetiştirmek amacıyla nanoteknolojik gübre, vermikompost ya da yarasa gübresi kullanımı önerilebilir. Buna ilave olarak, çalışma kapsamında kullanılan nanoteknolojik gübre dozunun diğer gübre dozlarının yarısı kadar olduğu ve hal böyle iken bile en iyi sonuçlara sahip fidanların bu işlemde olduğu düşünüldüğünde ise maliyet bakımından bu gübrenin seçilmesi ile kaliteli fidanların daha ekonomik olarak üretilmesinin mümkün olabileceği söylenebilir.

Fidanlıklarda yapılan üretim çalışmalarında kimyasal gübre kullanımı özellikle uzun dönemli uygulamalarda çevreye olumsuz etkiler yapmaktadır. Doğaya uyumlu organik gübrelerin bu çalışmada ortaya koyduğu başarılı sonuçlar göz önüne alındığında, bu gübrelerin fidan üretiminde kimyasal gübrelere çok iyi bir alternatif olduğu ifade edilebilir. Bu yönüyle de organik gübre kullanımı tavsiye edilebilir.

Bir büyüme dönemi boyunca belirtilen işlemlerle muamele edilen doğu kayını fidanlarının dikim sahasına aktarılmasından sonra elde edilen yüksek başarının kaynağı olarak üretilen kaliteli fidanlar gösterilebilir. Buradan hareketle, amaca ve istenilen özelliklere sahip kaliteli fidan yetiştirilmesi ile fidanların daha erken sürede araziye başarılı şekilde aktarılabilmesi ve bu sayede, fidanlık ile arazi bakım maliyetlerinin azaltılabileceği söylenebilir. Fidanlıklardaki geleneksel teknikler yerine, fayda-maliyet eksenini yukarılara çekeceği düşünüldüğünden bu çalışmanın başarılı sonuçlarına uygun tekniklerin kullanılması önerilebilir. Özellikle, 10 cm ekim sıklığı ve gübre uygulaması sayesinde geleneksel fidanlık tekniğinde kullanılan 20 cm'lik ekim sıklığı ile yapılan fidan üretimine kıyasla birim alandan daha fazla sayıda kaliteli fidan üretmenin mümkün olabileceği ifade edilebilir.

Çalışma kapsamında fidanlıkta yetiştirilen fidanlara ilişkin her büyüme dönemi sonunda elde edilen bulgular için korelasyon analizleri yapılmış ve morfolojik ya da biyokimyasal özelliklerin kendi içlerinde oluşan ilişkiler ortaya koyulmuştur. Bu analizler sonucunda, morfolojik özellikler açısından üstün değerlere sahip fidanların biyokimyasal özellikler açısından da üstün olduğu anlaşılmıştır. Öte yandan, bir yaşındaki doğu kayını fidanlarına ilişkin ölçülen biyokimyasal özellikler ile dikim sahasına aktarılan fidanların tutma başarısı, ikinci ve üçüncü büyüme dönemleri sonundaki yaşama yüzdeleri ile bazı morfolojik özellikleri arasında oluşan pozitif yöndeki güçlü ilişkiler de ortaya koyulmuştur. Netice itibarı ile morfolojik ve biyokimyasal açıdan üstün özelliklere sahip fidanların dikim sahasındaki başarıyı artırdığı ve büyümeyi olumlu etkilediği ifade edilebilir. Dolayısıyla, doğu kayını için yapılacak dikim çalışmalarında fidan temin ederken, morfolojik ve biyokimyasal açıdan üstün olduğu ölçümlerle ortaya koyulan bireylerin tercih edilmesi başarı için çok önemlidir. Eğer bu mümkün değilse, çalışma sonuçlarının ortaya koyduğu gibi dikim sahaları için morfolojik açıdan üstün bireylerin kullanılması önerilebilir.

Fidanların kalitelerini değerlendirmek için sıklıkla gürbüzlük indisi değeri kullanılmaktadır. Fidanı sökmeden ya da yaşamına son vermeden fidan kalitesi hakkında fikir verdiğinden gürbüzlük indisi dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Ancak yine de birçok morfolojik özellik kullanılarak hesaplanan Dickson kalite indisi gibi detaylı bir parametre de fidan kalitesinin belirlenmesinde çok gereklidir. Nitekim çalışma sonuçlarına göre, gürbüzlük indisi açısından işlemlere ilişkin oluşan kalite sırasının Dickson kalite indisi açısından aynı şekilde oluşmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, morfolojik özellikler açısından fidan kalitesinin belirlenmesinde gürbüzlük indisi yerine Dickson kalite indisinin kullanılması tavsiye edilebilir. Tüm bunlara ilave olarak, biyokimyasal özelliklerin morfolojik özelliklerle paralellik gösterdiği düşünüldüğünde zaman, masraf ve fidan zayıyatı gibi nedenlerle morfolojik özelliklere ilişkin ölçümlerle de kaliteli fidanların tespit edilmesinin mümkün olabileceği söylenebilir.

Fidanlık topraklarının fiziksel özelliklerinin çalışmada gerçekleştirilen üç yıllık ölçümlerde değişmediği ancak, bazı kimyasal özellikleri ile toplam azot ve toplam karbon değerlerinin sürekli olarak bir değişim içinde olduğu görülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre özellikle belirtilmesi gereken nokta olarak toprak reaksiyonu (pH) öne çıkmıştır. Fidanlıklardaki topraklarda fidan yetiştirmeye elverişli toprak reaksiyonu değerinin genellikle nötre yakın asidik olması gerektiği literatürde bildirilmektedir. Öte yandan, doğu kayını türünün doğal yayılış alanlarındaki pH değerinin daha asidik olabildiği de ifade

edilmektedir. Çalışma sonuçlarına göre en iyi gelişimin elde edildiği gübre uygulamalarındaki toprak reaksiyonu değerlerinin fidanlık topraklarında olması istenen aralık dışında kalarak daha asidik olduğu ancak, doğu kayını yayılış alanlarındaki toprak reaksiyonu değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, fidanlık üretimlerinde fidan gelişimi üzerine önemli etkileri olan toprak reaksiyonu için uygun aralığın tür bazındaki çalışmalarla ortaya koyulması tavsiye edilebilir. Ayrıca, topraktaki bitki besin maddesi varlığının fidan kalitesini artırdığı da çalışma sonuçları ışığında söylenebilir. Buradan hareketle, bitki besin maddesi bakımından zengin fidanlık topraklarının kaliteli fidan üretimini kolaylaştıracağı ifade edilebilir.

Çalışmadaki gübre uygulamaları dışındaki iki farklı ekim sıklığı ve azot bağlayıcı fiğ ile kombine ekim işlemlerinden yetiştirilen fidanların da kontrol fidanlarına kıyasla nispeten daha başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu belirtmek mümkündür. Ancak, farklı ekim sıklıklarının ya da değişik azot bağlama yeteneğine sahip türlerin kullanılacağı yeni çalışmalar da yapılabilir. Bu çalışma sonuçlarının gelecekte yapılacak araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abati, J., Brzezinski, C. R., Foloni, J. S. S., Zucareli, C., Bassoi, M. C., & Henning, F. A. (2017). Seedling Emergence and Yield Performance of Wheat Cultivars Depending on Seed Vigor and Sowing Density. *Journal of Seed Science*, 39(1), 58-65.
- Abd, S. K. (2014). Effect of Effective Microorganisms on Some Biochemical Parameters in Broiler Chicks. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 28(1), 1-4.
- Akçakaya, A., Eskioğlu, O., Atay, H., & Demir, Ö. (2013). *Yeni Senaryolarla Türkiye için İklim Değişikliği Projeksiyonları*. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Akman, Y. (1973). Aperçu Preliminaire sur les Conditions Phyto-Ecologique de la Chaîne de L'Amanos Dans la Region du Hatay. *De La Faculté Des Sciences De L'Université D'Ankara*, 17(1973), 75-98.
- Akpınar, N., Akpınar, M. A., & Türkoğlu, Ş. (2001). Total Lipid Content and Fatty Acid Composition of the Seeds of Some *Vicia* L. Species. *Food Chemistry*, 74(4), 449-453.
- Aktaş, M., & Ateş, A. (2005). *Bitkilerde Beslenme Bozuklukları: Nedenleri ve Tanınmaları*. Ankara: Engin Yayınevi.
- Alım, E., & Kavgacı, A. (2017). Eğirdir Orman Fidanlığı'nda Diken Ardıcı (*Juniperus oxycedrus*) Fidan Yetiştirme Sıklığının Fidan Morfolojisine Etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 4(1), 1-11.
- Alım, E., Şahin, M., & Gültekin, H. C. (2008). Fidan Sıklığının Badem (*Prunus amygdalus* L.) Fidanlarının Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 29-41.
- Ali, A., Alfarhan, A., Robinson, E., & Altesan, W. (2009). Soil Quality of Die Off and Die Back Mangrove Grown at Al-Jubail Area (Saudi Arabia) of the Arabian Gulf. *American Journal of Applied Sciences*, 6(3), 498-506.
- Amponsah, I. G., Lieffers, V. J., Comeau, P. G., & Landhäusser, S. M. (2004). Nitrogen-15 Uptake by *Pinus contorta* Seedlings in Relation to Phenological Stage and Season. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(4), 329-338.
- Anonim. (1985). *Kayın El Kitabı Dizisi 1*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi.
- Anşin, R., & Özkan, Z. C. (2006). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*. Trabzon: KTÜ Basımevi Orman Fakültesi Yayını.
- 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, 93-108.

- Ardel, A., Kurter, A., & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji Tatbikatları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Aslan, S. (1986). *Kazdağı Göknarı (Abies eguitrojani Ascher et Sinten)'nın Fidanlık Tekniği Üzerine Çalışmalar*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi Yayınları.
- Aslan, S. (1999). Dünyada Ne Kadar Mikrop Var? *Bilim ve Teknik*, 90-91.
- Atalay, İ. (1992). *Kayın (Fagus orientalis Lipsky) Ormanlarının Ekolojisi ve Tohum Transferi Yönünden Bölgelere Ayrılması*. Ankara: Orman Bakanlığı, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü Yayını.
- Atar, E., Atar, F., & Güney, D. (2023). Morphogenetic Variations and Quality Characteristics of *Carpinus orientalis* Mill. Seedlings. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(9), 1742-1750.
- Atar, F. & Güney, D. (2021). Doğu Gürgeni (*Carpinus orientalis* Mill.) Fidanlarında Farklı Önişlem ve Yükseltiye Bağlı Olarak Klorofil İçeriğinin Değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 236-243.
- Atar, F. (2021). Effects of Altitude on Some Seedling Quality Characteristics of *Carpinus betulus* L. (Common Hornbeam) and *Carpinus orientalis* Mill. (Oriental Hornbeam). *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 257-265.
- Atar, F., & Turna, I. (2018). Fruit and Seedling Diversity among Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Populations in Turkey. *Şumarski List*, 142(11-12), 611-619.
- Atar, F., Güney, D., Bayraktar, A., Yıldırım, N., & Turna, İ. (2020). Seasonal Change of Chlorophyll Content (Spad Value) in Some Tree And Shrub Species. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(2), 245-256.
- Atay, İ. (1987). *Doğal Gençleştirme Yöntemleri I-II*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayını.
- Atik, A. (2013a). Effects of Planting Density and Treatment with Vermicompost on the Morphological Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky). *Compost Science & Utilization*, 21(2), 87-98.
- Atik, A. (2013b). Effect of Different Concentrations of Effective Microorganisms (Baikal EM1) on the Root Collar Diameter and Height Growth in the Seedlings of Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb.(Holmboe)]. *International Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 1300-1304.
- Atik, A., & Yilmaz, B. (2014). Effects of Treatment with Vermicompost on the Some Morphological and Physiological Characteristics of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *Eurasian Journal of soil science*, 3(1), 42-55.

- Aula, L., Macnack, N., Omara, P., Mullock, J., & Raun, W. (2016). Effect of Fertilizer Nitrogen (N) on Soil Organic Carbon, Total N, and Soil pH in Long-Term Continuous Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(7), 863-874.
- Ayan, S. (1999). *Tüplü Doğu ladini (Picea orientalis Lipsky.) fidanlarının Yetiştirme Ortamları Özelliklerinin Tespiti Ve Üretim Tekniğinin Belirlenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Ayan, S. (2002). *Determining the Site Condition Features of Containerized-Oriental Spruce (Picea orientalis (L.) Link.) Seedlings; and Setting the Production Techniques*. Trabzon: The Institution of Eastern Black Sea Forestry Research, Technical Bulletin Publication.
- Ayan, S., Bugday, E., Varol, T., Özel, H. B., & Thurm, E. A. (2022). Effect of Climate Change on Potential Distribution of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) in the Twenty-First Century in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(1-2), 165-177.
- Ayan, S., Gedik, F., Çelik, E. N. Y., Gülseven, O., Yılmaz, E., Akın, Ş. S., & Özel, H. B. (2020). Bazı Geniş Yapraklı Orman Ağacı Fidanlarının Morfolojik Özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 245-255.
- Ayan, S., Yer Çelik, E. N., Gülseven, O., Yer, B. M., & Eskiömer, M. (2023). Effects of Nanoparticle Applications on Seedling Survival and Morphological Characteristics in Scots Pine Afforestation. *BioResources*, 18(4), 8557-8572.
- Azcón-Bieto, J. (1983). Inhibition of Photosynthesis by Carbohydrates in Wheat Leaves. *Plant physiology*, 73(3), 681-686.
- Banach, J., Kempf, M., Skrzyszewska, K., & Olejnik, K. (2021). The Effect of Starter Fertilization on the Growth of Seedlings of European Beech (*Fagus sylvatica* L.). *Sylwan*, 165(08), 565-576.
- Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2015). *Chapter 1: Introduction*. In: Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (Eds.), *Handbook of Plant Nutrition*. Florida: CRC Press.
- Bayar, E., & Deligöz, A. (2016). Alıç (*Crataegus monogyna* Jacq.) Fidanlarının Morfolojisi ve Kök Gelişme Potansiyeli Üzerinde Yetiştirme Sıklığının Etkisi. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1), 7-11.
- Bayraktar, A., & Güney, D. (2022). *Doğu Kayını Fidanlarının Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Azot Bağlayıcı Kızılağaç ile Kombine Ekimin Etkileri*. Şu Eserde: Akar, T., & Tozlu, İ. (Edlr.), *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırmalar*. İzmir: Serüven Yayınevi.
- Bayraktar, A., Güney, D., & Atar, F. (2021). *Farklı Nanoteknolojik Sıvı Organomineral Gübre Dozlarının Doğu Kayını Fidanlarının Fotosentetik Pigment İçerikleri Üzerine Etkileri*. Şu Eserde: Cengizler, İ., & Duman, S. (Edlr.), *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler-I*. Ankara: Gece Kitaplığı.

- Bektaş, İ., Güler, C., & Baştürk, M. A. (2002). Principal Mechanical Properties of Eastern Beech Wood (*Fagus orientalis* Lipsky) Naturally Grown in Andırın Northeastern Mediterranean Region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(3), 147-154.
- Benzian, B., Brown, R. M., & Freeman, S. C. R. (1974). Effect of Late-Season Topdressing of N (and K) Applied to Conifer Transplants in the Nursery on Their Survival and Growth on British Forest Sites. *Forestry*, 47(2), 153-184.
- Bergmann, W. (1992). *Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis*. New York: Gustav Fischer Verlag Jena.
- Berktaş, M., & Çekiç, Ç. (2022). Çilekte Ana Bitki ve Yavru Bitkiler Arasındaki Su İletişiminde Stolonun Rolü. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(3), 170-182.
- Binkley, D. (1986). *Forest Nutrition Management*. New York: Wiley-Interscience Publication.
- Bojović, B., & Marković, A. (2009). Correlation between Nitrogen and Chlorophyll Content in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac Journal of Science*, 31(5827), 69-74.
- Bonan, G. B. (2008). Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, 320(5882), 1444-1449.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S., & Pahlı, N. (2001). *Ekoloji-II (Toprak)*. Ankara: Başkent Kışe Matbaacılık.
- Boussadia, O., Steppe, K., Zgallai, H., El Hady, S. B., Braham, M., Lemeur, R., & Van Labeke, M. C. (2010). Effects of Nitrogen Deficiency on Leaf Photosynthesis, Carbohydrate Status and Biomass Production in Two Olive Cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. *Scientia Horticulturae*, 123(3), 336-342.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465.
- Boydak, M., & Çalışkan, S. (2014). *Ağaçlandırma*. Ankara: OGEM-VAK Yayını.
- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., & Dreyer, E. (2006). Temperate Forest Trees and Stands under Severe Drought, a Review of Ecophysiological Responses, Adaptation Processes and Long-Term Consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6), 625-644.
- Brix, H., & van den Driessche, R. (1974) *Mineral Nutrition of Container-Grown Tree Seedlings*. In: Tinus, R. W., Stein, W. I., & Balmer, W. E. (Eds.), *Proceedings of North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*. Denver: Great Plains Agricultural Council Publication.
- Brohi, A. R., Aydeniz, A., & Karaman, M. R. (1997). *Toprak Verimliliği*. Ankara: Türk Hava Kurumu Basımevi.

- Burdett, A. N. (1990). Physiological Processes in Plantation Establishment and the Development of Specifications for Forest Planting Stock. *Canadian Journal of Forest Research*, 20(4), 415-427.
- Burén, S., & Rubio, L. M. (2018). State of the Art in Eukaryotic Nitrogenase Engineering. *FEMS Microbiology Letters*, 365(2), fnx274.
- Camisón, Á., Ángela Martín, M., Dorado, F. J., Moreno, G., & Solla, A. (2020). Changes in Carbohydrates Induced by Drought and Waterlogging in *Castanea sativa*. *Trees*, 34, 579-591.
- Canadell, J. G., & Raupach, M. P. (2008). Managing Forests for Climate Change Mitigation. *Science*, 320(5882), 1456-1457.
- Canfield, D. E., Glazer, A. N., & Falkowski, P. G. (2010). The Evolution and Future of Earth's Nitrogen Cycle. *Science*, 330(6001), 192-196.
- Cantürk, U. & Kulaç, Ş. (2021). The Effects of Climate Change Scenarios on *Tilia ssp.* in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), 1-15.
- Cetin, M. (2017). Change in Amount of Chlorophyll in Some Interior Ornamental Plants. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 3(1), 11-19.
- Chapin, F. S. I., Schulze, E. D., & Mooney, H. A. (1990). The Ecology and Economics of Storage in Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21(1), 423-447.
- Charru, M., Seynave, I., Morneau, F., & Bontemps, J. D. (2010). Recent Changes in Forest Productivity, an Analysis of National Forest Inventory Data for Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in North-Eastern France. *Forest Ecology and Management*, 260(5), 864-874.
- Chen, L., Dong, T., & Duan, B. (2014). Sex-Specific Carbon and Nitrogen Partitioning under N Deposition in *Populus cathayana*. *Trees*, 28, 793-806.
- Cheng, L., & Fuchigami, L. H. (2000). CO₂ Assimilation in Relation to Nitrogen in Apple Leaves. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 75(4), 383-387.
- Chhipa, H., & Joshi, P. (2016). *Nanofertilisers, Nanopesticides and Nanosensors in Agriculture*. In: Ranjan, S., Dasgupta, N., & Lichtfouse, E. (Eds.), *Nanoscience in Food and Agriculture*. Cham: Springer International Publishing.
- Chung, H. H., & Kramer, P. J. (1975). Absorption of Water and ³²P through Suberized and Unsuberized Roots of Loblolly Pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 5(2), 229-235.
- Coesel, S. N., Baumgartner, A. C., Teles, L. M., Ramos, A. A., Henriques, N. M., Cancela, L., & Varela, J. C. S. (2008). Nutrient Limitation is the Main Regulatory Factor for Carotenoid Accumulation and for Psy and Pds Steady State Transcript Levels in *Dunaliella salina* (Chlorophyta) Exposed to High Light and Salt Stress. *Marine Biotechnology*, 10, 602-611.

- Coll, L., Balandier, P., & Picon-Cochard, C. (2004). Morphological and Physiological Responses of Beech (*Fagus sylvatica*) Seedlings to Grass-Induced Belowground Competition. *Tree Physiology*, 24(1), 45-54.
- Croft, H., Chen, J. M., Luo, X., Bartlett, P., Chen, B., & Staebler, R. M. (2017). Leaf Chlorophyll Content as a Proxy for Leaf Photosynthetic Capacity. *Global Change Biology*, 23(9), 3513-3524.
- Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Çepel, N. (1996). *Toprak İlmî*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Çiçek, İ., & Ataoğlu, M. (2009). Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 51-65.
- Dagtekin, D., Şahan, E. A., Denk, T., Köse, N., & Dalfes, H. N. (2020). Past, Present and Future Distributions of Oriental beech (*Fagus orientalis*) under Climate Change Projections. *PLoS One*, 15(11), e0242280.
- Dağhan, H. (2017). Nano Gübreler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 197-203.
- Dalias, P., & Neocleous, D. (2017). Comparative Analysis of the Nitrogen Effect of Common Agricultural Practices and Rotation Systems in a Rainfed Mediterranean Environment. *Plants*, 6(4), 61.
- de Villemereuil, P., Gaggiotti, O. E., Mouterde, M., & Till-Bottraud, I. (2016). Common Garden Experiments in the Genomic Era, New Perspectives and Opportunities. *Heredity*, 116(3), 249-254.
- Deans, J. D., Diagne, O., Lindley, D. K., Dione, M., & Parkinson, J. A. (1999). Nutrient and Organic-Matter Accumulation in *Acacia senegal* Fallows over 18 Years. *Forest Ecology and Management*, 124(2-3), 153-167.
- Deligöz, A. (2012). Ekim Sıklığının *Acer Negundo* L. Fidanlarının Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(21), 11-17.
- Deligöz, A., & Koyuncu, B. (2022). Muğla-Gökova Orman Fidanlığı'nda Üretilen Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) Fidanlarında Kalite Değerlendirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 83-89.
- Demirbilek, M. E. (2015). Tarımda ve Gıdada Nanoteknoloji. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 15, 46-53.
- Demircan, M. (2019). İklim Değişikliği: Sektörel İklim Ürünleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS). *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, s. 1-10, Ankara.
- Dey, D. C., & Parker, W. C. (1997). Morphological Indicators of Stock Quality and Field Performance of Red Oak (*Quercus rubra* L.) Seedlings Underplanted in a Central Ontario Shelterwood. *New Forests*, 14, 145-156.

- Diagne, N., Arumugam, K., Ngom, M., Nambiar-Veetil, M., Franche, C., Narayanan, K. K., & Laplaze, L. (2013). Use of *Frankia* and Actinorhizal Plants for Degraded Lands Reclamation. *BioMed Research International*, 2013, 1-9.
- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13.
- Dolan, M. S., Clapp, C. E., Allmaras, R. R., Baker, J. M., & Molina, J. A. E. (2006). Soil Organic Carbon and Nitrogen in a Minnesota Soil as Related to Tillage, Residue and Nitrogen Management. *Soil and Tillage Research*, 89(2), 221-231.
- Dong, R., Jahufer, M. Z. Z., Dong, D. K., Wang, Y. R., & Liu, Z. P. (2016). Characterisation of the Morphological Variation for Seed Traits among 537 Germplasm Accessions of Common Vetch (*Vicia sativa* L.) Using Digital Image Analysis. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 59(4), 422-435.
- Dordas, C. A., & Sioulas, C. (2008). Safflower Yield, Chlorophyll Content, Photosynthesis, and Water Use Efficiency Response to Nitrogen Fertilization under Rainfed Conditions. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 75-85.
- Dölarslan, M., & Gül, E. (2012). Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(2), 56-59.
- Drake, B. G., González-Meler, M. A., & Long, S. P. (1997). More Efficient Plants: A Consequence of Rising Atmospheric CO₂? *Annual Review of Plant Biology*, 48(1), 609-639.
- DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- Dumroese, R. K. (2003). *Hardening Fertilization and Nutrient Loading of Conifer Seedlings*. In: Riley, L. E., Dumroese, R. K., & Landis, T. D. (Tech. Coords.), *National Proceedings: Forest And Conservation Nursery Associations-2002*. Utah: USDA Forest Service.
- Duryea, M. L. (1984). Nursery Cultural Practices: Impacts on Seedling Quality. In: Duryea, M. L. & Landis, T. D. (Eds.), *Forestry Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Oregon: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers.
- Eckhart, T., Walcher, S., Hasenauer, H., & van Loo, M. (2017). Genetic Diversity and Adaptive Traits of European versus American Douglas-Fir Seedlings. *European Journal of Forest Research*, 136, 811-825.
- Edgren, J. W. (1975). *Douglas-Fir 2+0 Nursery Stock Size and First-Year Field Height Growth in Relation to Seed Bed Density*. In: *Proceedings of the Servicewide Conference on Planting Stock Production*. Idaho: USDA Forest Service, Division of Timber Management.
- Edwards, D. R., & Daniel, T. C. (1992). Environmental Impacts of On-Farm Poultry Waste Disposal-A Review. *Bioresource Technology*, 41(1), 9-33.

- Ekblad, A. L. F., Wallander, H., Carlsson, R., & HUSS-DANEL, K. (1995). Fungal Biomass in Roots and Extramatrical Mycelium in Relation to Macronutrients and Plant Biomass of Ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* and *Alnus incana*. *New Phytologist*, 131(4), 443-451.
- Eler, Ü., Keskin, S., & Örtel, E. (1993). Determination of Quality Classes of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Seedlings. *Journal of Forest Research Institute*, 240, 81-105.
- Elkan, G. H. (1992). *Biological Nitrogen Systems in Tropical Ecosystems: An Overview*. In: Mulongoy, K., Gueye, M., & Spencer, D. S. C. (Eds.), *Biological Nitrogen Fixation and Sustainability of Tropical Agriculture*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Elser, J. J., Bracken, M. E., Cleland, E. E., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., Ngai, J. T., Seabloom, E. W., Shurin, J. B., & Smith, J. E. (2007). Global Analysis of Nitrogen and Phosphorus Limitation of Primary Producers in Freshwater, Marine and Terrestrial Ecosystems. *Ecology Letters*, 10(12), 1135-1142.
- Ersoy, N., & Kaynak, L. (2007). Yenidünya (*Eriobotrya japonica* Lindl.) Yapraklarında Karbonhidratlar ve Azotun Mevsimsel Değişimi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 21(43), 25-29.
- Eruz, E. (1979). Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi-B*, 29(2), 112-120.
- Esen, D., Yildiz, O., Esen, U., Edis, S., & Cetintas, C. (2012). Effects of Cultural Treatments, Seedling Type and Morphological Characteristics on Survival and Growth of Wild Cherry Seedlings in Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 5(6), 283.
- Eşen, D. (2000). *Ecology and Control of Rhododendron (Rhododendron ponticum L.) in Turkish Eastern Beech (Fagus orientalis Lipsky) Forests*. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Doctora Thesis (unpublished), Virginia.
- Everett, K. T., Hawkins, B. J., & Kiiskila, S. (2007). Growth and Nutrient Dynamics of Douglas-Fir Seedlings Raised with Exponential or Conventional Fertilization and Planted with or without Fertilizer. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(12), 2552-2562.
- Eyüboğlu, A. K. (1988). *Fidanlıkta Değişik Sıklık Derecelerinde Yetiştirilmiş, Şaşırtılmış ve Şaşırtılmamış Doğu ladini (Picea orientalis (L.) Link) Fidanlarının Arazideki Durumları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi Yayınları.
- Eyüpoğlu, K. (1979). Fidan. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 31-67.
- Ezrin, M. H., Amin, M. S. M., Anuar, A. R., & Aimrun, W. (2010). Relationship between Rice Yield and Apparent Electrical Conductivity of Paddy Soils. *American Journal of Applied Sciences*, 7(1), 63-70.
- Fageria, N. K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. Florida: CRC Press.

- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Clark, R. B. (2002). Micronutrients in Crop Production. *Advances in Agronomy*, 77, 185-268.
- Fageria, N. K., Filho, M. B., Moreira, A., & Guimarães, C. M. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 1044-1064.
- FAO. (1993). *Technical Handbook of Symbiotic Nitrogen Fixation: Legume/Rhizobium*. Rome: The Organization.
- FAO. (2022). *The State of the World's Forests 2022. Forest Pathways for Green Recovery and Building Inclusive, Resilient and Sustainable Economies*. Rome: FAO.
- Farquhar, G. D., & Richards, R. A. (1984). Isotopic Composition of Plant Carbon Correlates with Water-Use Efficiency of Wheat Genotypes. *Functional Plant Biology*, 11(6), 539-552.
- Finzi, A. C., Canham, C. D., & Van Breemen, N. (1998). Canopy Tree-Soil Interactions within Temperate Forests: Species Effects on pH and Cations. *Ecological Applications*, 8(2), 447-454.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309(5734), 570-574.
- Ford, R., Maddeppungeng, A. M., & Taylor, P. W. J. (2008). *Vetch*. In: Kole, C., & Hall, T. C. (Eds.), *Compendium of Transgenic Crop Plants: Transgenic Legume Seeds and Forages*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Foth, H. D. (1984). *Fundamentals of Soil Science*. New York: John Wiley & Sons.
- Fracchiolla, M., Lasorella, C., Laudadio, V., & Cazzato, E. (2018). *Trifolium mutabile* as New Species of Annual Legume for Mediterranean Climate Zone: First Evidences on Forage Biomass, Nitrogen Fixation and Nutritional Characteristics of Different Accessions. *Agriculture*, 8(7), 113.
- Francis, C. M., Enneking, D., & Abd El Moneim, A. M. (1999). *When and Where will Vetches have an Impact as Grain Legumes?* In: Knight, R. (Ed.), *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century: Proceedings of the Third International Food Legumes Research Conference*. Dordrecht: Springer.
- Gardiner, D. T., & Miller, R. W. (2008). *Soils in Our Environment*. New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Garten, C. T. (1993). Variation in Foliar ¹⁵N Abundance and the Availability of Soil Nitrogen on Walker Branch Watershed. *Ecology*, 74(7), 2098-2113.
- Gebauer, G., & Schulze, E. D. (1997). *Nitrate Nutrition of Central European Forest Trees*. In: Rennenberg, H., Eschrich, W., & Ziegler, H. (Eds.), *Trees-Contributions to Modern Tree Physiology*. Leiden: Backhuys Publishers.

- Geßler, A., Keitel, C., Kreuzwieser, J., Matyssek, R., Seiler, W., & Rennenberg, H. (2007). Potential Risks for European Beech (*Fagus sylvatica* L.) in a Changing Climate. *Trees-Structure and Function*, 21, 1-11.
- Gezer, A., & Yücedağ, C. (2006). *Ormancılıkta Ekim ve Dikim Yoluyla Ağaçlandırma Tekniği*. Isparta: SDÜ Orman Fakültesi Yayınları.
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., & Bayat, M. (2016). Kuraklık Koşullarında Nano Besin Maddeleri Priminginin Triticale (*Triticosecale wittmack*) Tohumunun Biyolojik Özelliklerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(2), 42-44.
- Goel, A. (2015). Agricultural Applications of Nanotechnology. *Journal of Biological and Chemical Research*, 32(1), 260-266.
- Gond, V., De Pury, D. G., Veroustraete, F., & Ceulemans, R. (1999). Seasonal Variations in Leaf Area Index, Leaf Chlorophyll, and Water Content; Scaling-Up to Estimate fAPAR and Carbon Balance in a Multilayer, Multispecies Temperate Forest. *Tree Physiology*, 19(10), 673-679.
- González-MoscOSO, M., González-García, Y., Martínez-Villegas, N. V., Cadenas-Piliogo, G., & Juárez-Maldonado, A. (2021). Nitric Oxide Modified Growth, Nutrient Uptake and the Antioxidant Defense System in Tomato Seedlings Stressed With Arsenic. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 33(3), 205-223.
- Graham, P. H., & Vance, C. P. (2000). Nitrogen Fixation in Perspective: An overview of Research and Extension Needs. *Field Crops Research*, 65(2-3), 93-106.
- Grossnickle, S. C., & Ivetić, V. (2022). Root System Development and Field Establishment: Effect of Seedling Quality. *New Forests*, 53(6), 1021-1067.
- Grossnickle, S. C., & MacDonald, J. E. (2018). Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes. *Forests*, 9(5), 283.
- Guo, J., Wu, Y., Wang, B., Lu, Y., Cao, F., & Wang, G. (2016). The Effects of Fertilization on the Growth and Physiological Characteristics of *Ginkgo biloba* L. *Forests*, 7(12), 293.
- Güçdemir, İ. H. (2006). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi*. Ankara: Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Gülçur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Güler, C., & Bektaş, İ. (2000). Andırın Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) odununda Elastiklik Özellikler ile Yoğunluk Arasındaki İlişki. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 51-57.
- Gülseven, O., Ayan, S., Özel, H. B., & Yer, E. N. (2019). Farklı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Populasyonlarına Ait Fidanların Morfolojik ve Fizyolojik Karakteristikleri. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3), 180-186.

- Güner, A., Aslan, S. Ekim, T. Vural, M. & Babaç, M.T. (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını.
- Güner, S., Göktürk, A., & Küçük, M. (2018). Saf ve Karışık Halde Yetiştirilen Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gearth. subsp. *barbata*) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Fidanlarının Kısa Dönem Biyokütle Değerleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 1-7.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Karataş, R., & Genç, M. (2008). The Effect to Some Morphological and Physiological Seedling Characteristics of Planting Density on Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe). *Journal of Soil and Ecology Research Institute*, 325, 1-55.
- Güneş, A., Alpaslan, M., & İnal, A. (2007). *Bitki Besleme ve Gübreleme*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Güney, D. (2009). *Doğu Kayınında (Fagus orientalis Lipsky) Bazı Coğrafi Varyasyonların Morfogenetik Olarak Belirlenmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, İ. (2020). Effects of root Undercutting, Fertilization and Thinning on Seedling Growth and Quality of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seedlings. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, 21(2), 214-222.
- Güney, D., Kulaç, Ş., Turna, İ., & Yahyaoğlu, Z. (2010). Different Biohumus Effects on Growth Performance of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Seeds. *I. Uluslararası Türk-Japon Çevre ve Ormancılık Sempozyumu*, Trabzon.
- Güney, D., Seyis, E., Atar, F., Bayraktar, A., & Turna, İ. (2019). Effects of Some Nitrogen-Fixing Plants on Seedling Growth of Scotch Pine. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4), 284-289.
- Güney, D., Turna, İ., & Kulaç, Ş. (2022). Effects of Geoclimatic Features on Morphogenetic Variability in *Fagus orientalis*. *Austrian Journal of Forest Science*, 139(4), 289-318.
- Güney, D., Turna, İ., Bayraktar, A., Seyis, E., & Atar, E. (2016). Comparison of Differently Originated Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Seedling Growth in Field. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2-S1), 10-18.
- Güzel, N., Gülüt, K. Y., & Büyük, G. (2004). *Toprak Verimliliği ve Gübreler*. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Haase, D. L. (2007). *Morphological and Physiological Evaluations of Seedling Quality*. In: Riley, L. E., Dumroese, R. K., & Landis, T. D. (Eds.), *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2006*. Colorado: USDA Forest Service.
- Haase, D. L. (2008). Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation. *Tree Planter's Notes*, 52(2), 24-30.

- Haktanır, K., & Arcak, S. (1997). *Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş)*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Halvorson, A. D., & Jantalia, C. P. (2011). Nitrogen Fertilization Effects on Irrigated No-Till Corn Production and Soil Carbon and Nitrogen. *Agronomy Journal*, 103(5), 1423-1431.
- Halvorson, A. D., & Reule, C. A. (1999). Long-term Nitrogen Fertilization Benefits Soil Carbon Sequestration. *Better Crops*, 83(4), 16-20.
- Han, J., Shi, J., Zeng, L., Xu, J., & Wu, L. (2015). Effects of Nitrogen Fertilization on the Acidity and Salinity of Greenhouse Soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 2976-2986.
- Handayanto, E., Cadisch, G., & Giller, K. E. (1995). Manipulation of Quality and Mineralization of Tropical Legume Tree Prunings by Varying Nitrogen Supply. *Plant and Soil*, 176, 149-160.
- Hasman, M. (1972). *Bitkilerin Metabolizma Fizyolojisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Hassani, A., Tajali, A. A., & Mazinani, S. M. H. (2015). Studying the conventional Chemical Fertilizers and Nano-Fertilizer of Iron, Zinc and Potassium on Quantitative Yield of the Medicinal Plant of Peppermint (*Mentha piperita* L.) in Khuzestan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(4), 1078-1082.
- Häussling, M., Jorns, C. A., Lehmbecker, G., Hecht-Buchholz, C., & Marschner, H. (1988) Ion and Water Uptake in Relation to Root Development in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Journal of Plant Physiology*, 133(4), 486-491.
- Hawkins, B. J. (2011). *Seedling Mineral Nutrition, the Root of the Matter*. In: Riley, L. E., Haase, D. L., & Pinto, J. R. (Tech. Coords.), *National Proceedings: Forest And Conservation Nursery Associations-2010*. Colorado: USDA Forest Service.
- Hawkins, B. J., & Robbins, S. (2010). pH Affects Ammonium, Nitrate and Proton Fluxes in the Apical Region of Conifer and Soybean Roots. *Physiologia Plantarum*, 138(2), 238-247.
- Haynes, R. J. (1986). *Uptake and Assimilation of Mineral Nitrogen by Plants*. In: Haynes, R. J. (Ed.), *Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System*. London: Academic Press.
- Higa, T., & Parr, J. F. (1994). *Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment*. Atami: International Nature Farming Research Center.
- Huang, Y. F., Gao, X. L., Nan, Z. B., & Zhang, Z. X. (2017). Potential Value of the Common Vetch (*Vicia sativa* L.) as an Animal Feedstuff: A Review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), 807-823.
- Ingestad, T., & Lund, A. B. (1986). Theory and Techniques for Steady State Mineral Nutrition and Growth of Plants. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1(1-4), 439-445.

- IPCC. (2007). *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Netherlands: IPCC Expert Meeting Report.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stock, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. (Eds.). Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L. A. (Eds.). Geneva: IPCC, World Meteorological Organization.
- IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., & Waterfield, T. (Eds.). Geneva: IPCC, World Meteorological Organization.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. (Eds.). Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.
- İrmak, A. (1954). *Arazide ve Laboratuvarında Toprağın Araştırılması Metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- ISTA. (2004). *International Rules For Seed Testing*. Zürich: International Seed Testing Association.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M. N., Yakışır, E., & Okur, O. (2014). Bitkisel Üretimde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (PGPR)'ler ve Etki Mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12(2), 1-19.
- Jacobs, D. F. (2003). *Nursery Production of Hardwood Seedlings*. In: *Planting and Care of Fine Hardwood Seedlings*. Indiana: USDA Forest Service.
- Jacobs, D. F., Wilson, B. C., & Davis, A. S. (2004). *Recent Trends in Hardwood Seedling Quality Assessment*. In: Riley, L. E., Dumroese, R. K., & Landis, T. D. (Eds.), *National Nursery Proceedings-2003*. Colorado: USDA Forest Service.
- Ji, D. H., Mao, Q., Watanabe, Y., Kitao, M., & Kitaoka, S. (2015). Effect of Nitrogen Loading on the Growth and Photosynthetic Responses of Japanese Larch Seedlings

- Grown under Different Light Regimes. *Journal of Agricultural Meteorology*, 71(3), 232-238.
- Joiner, J., Yoshida, Y., Vasilkov, A. P., Yoshida, Y., Corp, L. A., & Middleton, E. M. (2011). First Observations of Global and Seasonal Terrestrial Chlorophyll Fluorescence from Space. *Biogeosciences*, 8(3), 637-651.
- Jump, A. S., Hunt, J. M., & Penuelas, J. (2006). Rapid Climate Change-Related Growth Decline at the Southern Range Edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, 12(11), 2163-2174.
- Kacar, B. (2013). *Temel Gübre Bilgisi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kacar, B., & Katkat, A. V. (2010). *Bitki Besleme*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kacar, B., & Katkat, A. V. (2018). *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kantarci, M. D. (1972). Belgrad Ormanında Toprakların Oluşum ve Gelişimleri Üzerine Etkili Olan Faktörler, Genetik Toprak Tipleri ve Bunların Genetik Toprak Sistematiğindeki Yerleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi-A*, 22, 215-293.
- Kantarci, M. D. (2000). *Toprak İlmi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Karaçal, İ., & Tüfenkçi, Ş. (2010). Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre-Çevre İlişkisi. *Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, s. 257-268, Ankara.
- Karagöz, İ. (2021). *Fertilization and Fertilizer Types*. In: Inamuddin, Ahamed, M. I., Boddula, R., & Altalhi, T. (Eds.), *Applied Soil Chemistry*. New Jersey: John Wiley & Sons and Massachusetts: Scrivener Publishing.
- Karaköse, M., & Terzioğlu, S. (2023). Classification of Forest Vegetation in Yaralıgöz Education and Observation Forest, Kastamonu, Türkiye. *Nusantara Bioscience*, 15(2), 161-171.
- Karaman, R., Brohi, A., Müftüoğlu, M., Öztaş, T., & Zengin, M. (2007). Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Khalid, U., Sher, F., Noreen, S., Lima, E. C., Rasheed, T., Sehar, S., & Amami, R. (2022). Comparative Effects of Conventional and Nano-Enabled Fertilizers on Morphological and Physiological Attributes of *Caesalpinia bonducella* Plants. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(1), 61-72.
- Kirdar, E., & Allahverdiev, S. (2003) The Effect of Polystimulin-A6 on Some Morphological Properties of Beech Seedlings (*Fagus orientalis* L.). *Acta Agric Scand (B)*, 53(4), 200-207.
- Kirschbaum, M. U. (2011). Does Enhanced Photosynthesis Enhance Growth? Lessons Learned from CO₂ Enrichment Studies. *Plant Physiology*, 155(1), 117-124.

- Kittredge, J. (1929). *Forest Planting in the Lake States*. Washington: U.S. Department of Agriculture.
- Kleiber, T., Starzyk, J., Górski, R., Sobieralski, K., Siwulski, M., Rempulska, A., & Sobiak, A. (2014). The Studies on Applying of Effective Microorganisms (EM) and CRF on Nutrient Contents in Leaves and Yielding of Tomato. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 13(1), 79-90.
- Knoepp, J. D., Coleman, D. C., Crossley Jr, D. A., & Clark, J. S. (2000). Biological Indices of Soil Quality: An Ecosystem Case Study of Their Use. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), 357-368.
- Koch, K. E. (1996). Carbohydrate-Modulated Gene Expression in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 47(1), 509-540.
- Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., & Curran-Celentano, J. (2005). Carotenoid and Chlorophyll Pigments in Sweet Basil Grown in the Field and Greenhouse. *HortScience*, 40(4), 1119.
- Korkmaz, A., Akınoğlu, G., & Çoka, İ. (2022). *Methods for Determining Symbiotic Nitrogen Fixation and Comparison of These Methods*. In: Sözübek, B., & Bellitürk, K. (Eds.), *Innovative Agricultural Practices in Soil, Plant and Environment*. Ankara: İksad Publishing House.
- Krauss, A. (2000). *Potassium Integral Part for Sustained Soil Fertility*. In: *Potassium and Phosphorus: Fertilization Effect on Soil and Crops*. Lithuania: Lithuanian Institute of Agriculture.
- Kulaç, Ş., & Yıldız, Ö. (2016). Gübrelemenin Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Fidanlarının Morfolojik Gelişimine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(10), 813-821.
- Lal, R. (2005). Forest Soils and Carbon Sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220(1-3), 242-258.
- Landis, T. D. (1985). *Mineral Nutrition as an Index of Seedling Quality*. In: Dureya, M. L. (Ed.), *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Oregon: Oregon State University, Forest Research Laboratory.
- Langerud, B. R. (1991). Planting Stock Quality: A Proposal for Better Terminology. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 6, 49-51.
- Li, M., Zhu, L., Zhang, Q., & Cheng, X. (2012). Impacts of Different Land Use Types on Soil Nitrogen Mineralization in Danjiangkou Reservoir Area, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 36(6), 530-538.
- Lindstrom, K., & Mousavi, S. A. (2020). Effectiveness of Nitrogen Fixation in Rhizobia. *Microbial Biotechnology*, 13(5), 1314-1335.
- Liu, N., Wang, J., Guo, Q., Wu, S., Rao, X., Cai, X. A., & Lin, Z. (2018). Alterations in Leaf Nitrogen Metabolism Indicated the Structural Changes of Subtropical Forest by

- Canopy Addition of Nitrogen. *Ecotoxicology and environmental safety*, 160, 134-143.
- Liu, R., & Lal, R. (2016). *Nanofertilizers*. In: Lal, R. (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science*. Florida: CRC Press.
- Luis Díaz, V. C., Climent Maldonado, J., Peters, J., Pérez Martín, E., Puértolas Simón, J., Morales Méndez, D., Jiménez Parrondo, M. S., & Gil Sánchez, L. (2004). Evaluación de la Calidad de Plántulas de *Pinus canariensis* Cultivadas con Diferentes Métodos en la Supervivencia y Crecimiento en Campo. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 17, 63-67.
- Macedo, M. O., Resende, A. S., Garcia, P. C., Boddey, R. M., Jantalia, C. P., Urquiaga, S., Campello, E. F. C., & Franco, A. A. (2008). Changes in Soil C and N Stocks and Nutrient Dynamics 13 Years After Recovery of Degraded Land Using Leguminous Nitrogen-Fixing Trees. *Forest Ecology and Management*, 255(5-6), 1516-1524.
- Malyshev, A. V., Henry, H. A., & Kreyling, J. (2014). *Common Garden Experiments to Characterize Cold Acclimation Responses in Plants From Different Climatic Regions*. In: Hinch, D. K., & Zuther, E. (Eds.), *Plant Cold Acclimation: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology*. New York: Springer.
- Mao, Z., Fu, H., Nan, Z., & Wan, C. (2015). Fatty Acid, Amino Acid, and Mineral Composition of Four Common Vetch Seeds on Qinghai-Tibetan Plateau. *Food chemistry*, 171, 13-18.
- Matías, L., & Jump, A. S. (2014). Impacts of Predicted Climate Change on Recruitment at the Geographical Limits of Scots Pine. *Journal of Experimental Botany*, 65(1), 299-310.
- Mattsson, A. (1996). Predicting Field Performance Using Seedling Quality Assessment. *New Forests*, 13, 223-248.
- Meng, Y., Xue, J. Y., Sha, L. Q., & Tang, J. W. (2001). Variations of Soil $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and N Mineralization under Different Forests in Xishuang-banna, Southwest China. *Acta Phytoecologica Sinica*, 25(1), 99-104.
- Metz, B., Davidson, O. R., Bosch, P. R., Dave, R., & Meyer, L. A. (2007). *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.
- Mikić, A., Perić, V., Đorđević, V., Srebrić, M., & Mihailović, V. (2009). Anti-Nutritional Factors in Some Grain Legumes. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6-2), 1181-1188.
- Miles, L., & Kapos, V. (2008). Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Global Land-Use Implications. *Science*, 320(5882), 1454-1455.

- Miller, R.E., Murray, M.D., 1978. *The Effect of Red Alder on Growth of Douglas Fir*. In: Briggs, D. G., DeBell, D. S., & Atkinson, W. A. (Eds.), *Utilization and Management of Alder*. Oregon: USDA Forest Service General Technical Report.
- Minotta, G., & Pinzauti, S. (1996). Effects of Light and Soil Fertility on Growth, Leaf Chlorophyll Content and Nutrient Use Efficiency of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Seedlings. *Forest Ecology and Management*, 86(1-3), 61-71.
- Mirzakhani, M., Ardakani, M. R., Band, A. A., Rejali, F., & Rad, A. S. (2009). Response of Spring Safflower to Co-Inoculation with *Azotobacter chroococum* and *Glomus intraradices* under Different Levels of Nitrogen and Phosphorus. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(3), 255-261.
- Miyamoto, S., Martinez, I., Padilla, M., Portillo, A., & Ornelas, D. (2004). *Landscape Plant Lists for Salt Tolerance Assessment*. Texas: El Paso Water Utilities Public Board Publication.
- Moghaddam, M., Estaji, A., & Farhadi, N. (2015). Effect of Organic and Inorganic Fertilizers on Morphological and Physiological Characteristics, Essential Oil Content and Constituents of Agastache (*Agastache foeniculum*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(6), 1372-1381.
- Mortimer, P. E., Gui, H., Xu, J., Zhang, C., Barrios, E., & Hyde, K. D. (2015). Alder Trees Enhance Crop Productivity and Soil Microbial Biomass in Tea Plantations. *Applied Soil Ecology*, 96, 25-32.
- Müftüoğlu, N. M., & Demirer, T. (1998). Toprakta Azot Bilançosu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 175-185.
- Naderi, M. R., & Danesh-Shahraki, A. (2013). Nanofertilizers and Their Roles in Sustainable Agriculture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(19), 2229-2232.
- Namsivayam, S. K. R., Narendrakumar, G., & Kumar, J. A. (2011). Evaluation of Effective Microorganism (EM) for Treatment of Domestic Sewage. *Journal of Experimental Sciences*, 2(7), 30-32.
- Näsholm, T., Kielland, K., & Ganeteg, U. (2009). Uptake of Organic Nitrogen by Plants. *New Phytologist*, 182(1), 31-48.
- Ngulube, M. R. (1989). Genetic Variation in Seed Germination and Seedling Growth of 24 *Gliricidia sepium* Provenances. *Forest Ecology and Management*, 28(1), 1-6.
- OGM. (2014). *Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Silvikültür Dairesi Başkanlığı.
- OGM. (2015). *Türkiye Orman Varlığı*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, OGM Matbaası.

- OGM. (2021). *2020 Türkiye Orman Varlığı*. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, OGM Ofset.
- OGM. (2023). *2022 Yılı İdare Faaliyet Raporu*. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- Olaniyi, J. O., & Ojetayo, A. E. (2011). Effect of Fertilizer Types on the Growth and Yield of Two Cabbage Varieties. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 12(2), 1573-1582.
- Ortas, I., Akpınar, C., & Lal, R. (2013). Long-Term Impacts of Organic and Inorganic Fertilizers on Carbon Sequestration in Aggregates of an Entisol in Mediterranean Turkey. *Soil Science*, 178(1), 12-23.
- Özata, E., Geçit, H. H., & Kincikarakaya, S. Ü. (2016). Orta Karadeniz Ekolojik Koşullarında Şeker Mısırd (Zea mays saccharata Sturt.) Değişik Ekim Sıklıkları ve Azot Dozlarının Verim Ögelerine Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-1), 74-80.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP*. Eskişehir: Kaan Kitapevi.
- Özel, H. B., Palta, Ş., & Çakmaklı, E. (2021). Arbusküler Mikorizal Fungus Aşılmasının Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Fidanlarının Büyüme Performansı ve Adaptasyon Başarısı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 217-225.
- Özkan, Y. (2003). *Uygulamalı İstatistik 2*. İstanbul: Sakarya Kitapevi.
- Özpay, Z., Tosun, S. 1993. *Kayın (Fagus orientalis Lipsky) Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi Yayınları.
- Özüberk, Ş., & Deligöz, A. (2016). Kokulu Ardıç (*Juniperus foetidissima* Wild.) Fidanlarının Morfolojisi, Kök Gelişme Potansiyeli ve karbonhidrat İçeriği Üzerinde Yetiştirme Sıklığının Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 369-375.
- Påhlsson, A. M. B. (1989). Mineral Nutrients, Carbohydrates and Phenolic Compounds in Leaves of Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Southern Sweden as Related to Environmental Factors. *Tree Physiology*, 5(4), 485-495.
- Pajağ, K., Kormanek, M., Małek, S., & Banach, J. (2022a). Effect of Peat-Perlite Substrate Compaction in Hiko V265 Trays on the Growth of *Fagus sylvatica* L. Seedlings. *Sustainability*, 14(8), 4585.
- Pajağ, K., Małek, S., Kormanek, M., Jasik, M., & Banach, J. (2022b). Macronutrient Content in European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Seedlings Grown in Differently Compacted Peat Substrates in a Container Nursery. *Forests*, 13(11), 1793.

- Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637-669.
- Paul, M. J., & Foyer, C. H. (2001). Sink Regulation of Photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 52(360), 1383-1400.
- Paungfoo-Lonhienne, C., Lonhienne, T. G. A., Rentsch, D., Robinson, N., Christie, M., Webb, R. I., Gamage, H. K., Carroll, B. J., Schenk, P. M., & Schmidt, S. (2008). Plants can use protein as a nitrogen source without assistance from other organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(11), 4524-4529.
- Percival, G. C., & Sacre, K. (2014). The Influence of Soluble Carbohydrates, Slow-Release Nitrogen and a Plant Growth Regulator on Transplant Survival of Trees. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry*, 36(3), 140-160.
- Piano, J. T., Egewarth, J. F., Egewarth, V. A., de Oliveira, P. S. R., Rosset, J. S., de Moraes Rego, C. A. R., & de Herrera, J. L. (2019). Seeding Densities of the Oat Crop and the Amount of Grazing on the Physical Property and Soil Carbon. *Australian Journal of Crop Science*, 13(5), 732-738.
- Piovesan, G., Biondi, F., Di Filippo, A., Alessandrini, A., & Maugeri, M. (2008). Drought-Driven Growth Reduction in Old Beech (*Fagus sylvatica*) Forests of the Central Apennines, Italy. *Global Change Biology*, 14(6), 1-17.
- Pobereźny, J., Wszelaczyńska, E., Lamparski, R., Lemanowicz, J., Bartkowiak, A., Szczepanek, M., & Gościńska, K. (2023). The Impact of Spring Wheat Species and Sowing Density on Soil Biochemical Properties, Content of Secondary Plant Metabolites and the Presence of *Oulema* ssp. *PeerJ*, 11, e14916.
- Poiroux-Gonord, F., Bidel, L. P., Fanciullino, A. L., Gautier, H., Lauri-Lopez, F., & Urban, L. (2010). Health Benefits of Vitamins and Secondary Metabolites of Fruits and Vegetables and Prospects to Increase Their Concentrations by Agronomic Approaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(23), 12065-12082.
- Pritchett, W. L. (1979). *Properties and Management of Forest Soils*. New York: John Wiley and Sons.
- Puértolas, J., Gil, L., & Pardos, J. A. (2003). Effects of Nutritional Status and Seedling Size on Field Performance of *Pinus halepensis* Planted on Former Arable Land in the Mediterranean Basin. *Forestry*, 76(2), 159-168.
- Puttonen, P. (1989). Criteria for Using Seedling Performance Potential Tests. *New Forests*, 3, 67-87.
- Quezel, P., & Pamukçuoğlu, A. (1970). Contribution a L'étude de la Flore de Hautes Montagnes de L'anatolie Occidentale. *Candollea*, 25(2), 327-341.
- Raun, W. R., Johnson, G. V., Phillips, S. B., & Westerman, R. L. (1998). Effect of Long-Term N Fertilization on Soil Organic C and Total N in Continuous Wheat under Conventional Tillage in Oklahoma. *Soil and Tillage Research*, 47(3-4), 323-330.

- Reddy, A. R., Rasineni, G. K., & Raghavendra, A. S. (2010). The Impact of Global Elevated CO₂ Concentration on Photosynthesis and Plant Productivity. *Current Science*, 99(1), 46-57.
- Reinbott, T. M., & Blevins, D. G. (1999). Phosphorus Nutritional Effects on Root Hydraulic Conductance, Xylem Water Flow and Flux of Magnesium and Calcium in Squash Plants. *Plant and Soil*, 209, 263-273.
- Rhoades, C., & Binkley, D. (1996). Factors Influencing Decline in Soil pH in Hawaiian *Eucalyptus* and *Albizia* Plantations. *Forest Ecology and Management*, 80(1-3), 47-56.
- Rice, R. W. (2007). *The Physiological Role of Minerals in the Plant*. In: Datnoff, L. E., Elmer, W. H., & Huber, D. M. (Eds.), *Mineral Nutrition and Plant Disease*. Minnesota: The American Phytopathological Society.
- Richter, D. D., Markewitz, D., Trumbore, S. E., & Wells, C. G. (1999). Rapid Accumulation and Turnover of Soil Carbon in a Re-Establishing Forest. *Nature*, 400(6739), 56-58.
- Rita, A., Gentilesca, T., Ripullone, F., Todaro, L., & Borghetti, M. (2014). Differential Climate-Growth Relationships in *Abies alba* Mill. and *Fagus sylvatica* L. in Mediterranean Mountain Forests. *Dendrochronologia*, 32(3), 220-229.
- Ritchie, G. A., Landis, T. D., Dumroese, R. K., & Haase, D. L. (2010). *Assessing Plant Quality*. In: Landis, T. D., Dumroese, R. K., & Haase, D. L. (Eds.), *The Container Tree Nursery Manual*. Washington: Department of Agriculture, Forest Service.
- Rocha, B. G., Amaro, H. T., Porto, E. M., Gonçalves, C. C., David, A. M., & Lopes, E. B. (2018). Sistema de Semeadura Cruzada na Cultura da Soja: Avanços e Perspectivas. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(2), 376-384.
- Rolland, F., Moore, B., & Sheen, J. (2002). Sugar Sensing and Signaling in Plants. *The Plant Cell*, 14(Suppl), 185-205.
- Rubio, G., Zhu, J., & Lynch, J. P. (2003). A Critical Test of the Two Prevailing Theories of Plant Response to Nutrient Availability. *American Journal of Botany*, 90(1), 143-152.
- Saatçioğlu, F. (1969). *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Saatçioğlu, F. (1970). Belgrad Ormanında Kayının (*Fagus orientalis* Lipsky) büyük Maktalı Siper Metodu ile Tabii Olarak Gençleştirilmesi Üzerine Yapılan Deney ve Araştırmaların 10 Yıllık (1959-1969) Sonuçları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2/A), 1-54.
- Salifu, K. F., & Jacobs, D. F. (2006). Characterizing Fertility Targets and Multi-Element Interactions in Nursery Culture of *Quercus rubra* Seedlings. *Annals of Forest Science*, 63(3), 231-237.

- Scheepens, J. F., Frei, E. S., & Stocklin, J. (2010). Genotypic and Environmental Variation in Specific Leaf Area in a Widespread Alpine Plant After Transplantation to Different Altitudes. *Oecologia*, 164, 141-150.
- Scheffers, B. R., De Meester, L., Bridge, T. C., Hoffmann, A. A., Pandolfi, J. M., Corlett, R. T., Butchart, S. H. M., Pearce-Kelly, P., Kovacs, K. M., Dudgeon, D., Pacifici, M., Rondinini, C., Foden, W. B., Martin, T. G., Mora, C., Bickford, D., & Watson, J. E. M. (2016). The Broad Footprint of Climate Change from Genes to Biomes to People. *Science*, 354(6313), 719-730.
- Schmidt-Vogt, H. (1981). Morphological and Physiological Characteristics of Planting Stock: Present State of Research and Research Tasks for the Future. *Proceedings of the XVII IUFRO World Congress*, p. 433-446, Kyoto.
- Servin, A., Elmer, W., Mukherjee, A., De la Torre-Roche, R., Hamdi, H., White, J. C., Bindraban, P., & Dimkpa, C. (2015). A Review of the Use of Engineered Nanomaterials to Suppress Plant Disease and Enhance Crop Yield. *Journal of Nanoparticle Research*, 17, 92-113.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2015). Effects of Water Stress on Seed Germination for Select Landscape Plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 689-693.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of Light on Morphologic and Stomatal Characteristics of Turkish Fir Needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., & Aktar, G. (2012). Change to Amount of Chlorophyll on Leaves depend on Insolation in Some Landscape Plants. *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3), 1057-1064.
- Sevim, M. (1954). *Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında Ekolojik ve Pedolojik Araştırmalar*. Ankara: Orman Umum Müdürlüğü Yayınları.
- Sexton, J. P., McKay, J. K., & Sala, A. (2002). Plasticity and Genetic Diversity may Allow Salt Cedar to Invade Cold Climates in North America. *Ecological Applications*, 12(6), 1652-1660.
- Shi, W., Wang, J. Y., Wei, Y. B., Lv, X. N., & Gong, W. (2014). Effects of Water and Temperature on Soil Nitrogen Mineralization of *Cryptomeria fortune* Plantations in Rainy Area of Western China. *Chinese Journal of Soil Science*, 45(6), 1430-1436.
- Shin, W. S., Kim, J. J., Lim, S. S., Yoo, R. H., Jeong, M. A., Lee, J., & Park, S. (2017). Paradigm Shift on Forest Utilization: Forest Service for Health Promotion in the Republic of Korea. *Net Journal of Agricultural Science*, 5, 53-57.
- Siddique, I., Engel, V. L., Parrotta, J. A., Lamb, D., Nardoto, G. B., Ometto, J. P., Martinelli, L. A., & Schmidt, S. (2008). Dominance of Legume Trees Alters Nutrient Relations in Mixed Species Forest Restoration Plantings within Seven Years. *Biogeochemistry*, 88, 89-101.

- Sigstad, E. E., Schabes, F. I., & Tejerina, F. (2013). A Calorimetric Analysis of Soil Treated with Effective Microorganisms. *Thermochimica Acta*, 569, 139-143.
- Singh, D. K., & Sale, P. W. (2000). Growth and Potential Conductivity of White Clover Roots in Dry Soil with Increasing Phosphorus Supply and Defoliation Frequency. *Agronomy Journal*, 92(5), 868-874.
- Smil, V. (1999). Nitrogen in Crop Production. *Global Biogeochemical Cycles*, 13, 647-662.
- Socolow, R. H. (1999). Nitrogen Management and the Future of Food: Lessons from the Management of Energy and Carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 6001-6008.
- Song, Q. N., Yang, Q. P., Yu, D. K., Fang, K., Zhao, G. D., & Yu, S. B. (2013). The Effects of Forest Conversion on Soil N Mineralization and its Availability in Central Jiangxi Subtropical Region. *Acta Ecologica Sinica*, 33(22), 7309-7318.
- Soussana, J. F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, P., Ammann, C., Campbell, C., Ceschia, E., Clifton-Brown, J., Czobel, S., Domingues, R., Flechard, C., Fuhrer, J., Hensen, A., Horvath, L., Jones, M., Kasper, G., Martin, C., Nagy, Z., Neftel, A., Sutton, M., Tuba, Z., & Valentini, R. (2007). Full Accounting of the Greenhouse Gas (CO₂, N₂O, CH₄) Budget of Nine European Grassland Sites. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121(1-2), 121-134.
- Soyergin, S. (2003). *Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri*. Yalova: Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Sprent, J. I. (1995). Legume Trees and Shrubs in the Tropics: N₂ Fixation in Perspective. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(4-5), 401-407.
- Stern, D. I., & Kaufmann, R. K. (2014). Anthropogenic and Natural Causes of Climate Change. *Climatic Change*, 122, 257-269.
- Stokdyk, J. P., & Herrman, K. S. (2014). Short-Term Impacts of *Frangula alnus* Litter on Forest Soil Properties. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225, 1-9.
- Suner, A. (1978). *Düzce, Cide ve Akkuş Mıntıkalarında Saf Doğı Kayını Meşcerelerinin Doğal Gençleştirme Sorunları Üzerine Araştırmalar*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bùlten Serisi Yayınları.
- Szymanski N., & Patterson, R. A. (2003). *Effective Microorganisms (EM) and Wastewater Systems*. In: Patterson, R. A., & Jones, M. J. (Eds.), *Future Directions for On-Site Systems: Best Management Practice*. Armidale: Lanfax Laboratories.
- Şahin, G. (2016). Türkiye'de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(1), 19-32.
- Tan, X., Huang, Y., Xiong, D., Lv, K., & Chen, F. (2020). The Effect of *Elymus nutans* Sowing Density on Soil Reinforcement and Slope Stabilization Properties of Vegetation-Concrete Structures. *Scientific Reports*, 10(1), 20462.

- Taner, S., & Sade, B. (2005). Düşük Sıcaklığın Serin İklim Tahıllarına Etkileri (Derleme). *Journal of Crop Research*, 2, 19-28.
- Tavares, L. C. V., Foloni, J. S. S., Bassoi, M. C., & Prete, C. E. C. (2014). Genótipos de Trigo em Diferentes Densidades de Semeadura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(2), 166-174.
- Tecimen, H.B., & Sevgi, O. (2008). Orman Topraklarında Mikroorganizmalar Tarafından Gerçekleştirilen Azot Dönüşümleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1(1), 179-189.
- Terzioğlu, S., Akbulut, S., Özkan, Z. C., Serdar, B., & Öztürk, M. (2021). Türkiye'nin Bitkisel Biyoçeşitliliği ve Odun Dışı Bitkisel Ürünleri. Şu eserde: Pakdemirli, B., Küçük, Ö., Bayraktar, Z., & Takmaz, S. (Edlr.), *Ekoloji ve Ekonomi Ekseninde Türkiye'de Orman ve Ormancılık*. Ankara: Sonçağ Akademi.
- Tetik, M. (1995). Sarıkamış Fidanlığında Ekim Sıklığının Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) Fidanlarının Kalitesine ve Dikim Başarısına Etkileri. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi Yayınları.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55, 94.
- Tilki, F. (2002). Biyolojik Azot Bağlanması Ormancılıktaki Önemi ve Kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52(1), 111-124.
- Timmer, V. R. (1997). Exponential Nutrient Loading: A New Fertilization Technique to Improve Seedling Performance on Competitive Sites. *New Forests*, 13(1-3), 279-299.
- Tinus, R. W. (1974). *Characteristics of Seedlings with High Survival Potential*. In: Tinus, R. W., Stein, W. I., & Balmer, W. E. (Eds.), *Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*. Colaroda: Great Plains Agricultural Council Publication.
- Tolay, U. (1983). Hendek Orman Fidanlığında Uludağ Göknaarı (*Abies bornmülleriana* Mill.) Yetiştirilme Tekniği ile Fidan Kalitesi ve Dikim Başarısı Arasındaki İlişkiler Üzerine Araştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 19, 349-448.
- Tolay, U. (1987). *Yapraklı Tür Orman Ağaçları Fidanlık Tekniği*. İstanbul: Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Yayını.
- Tosun, S., & Gülcan, E. (1985). Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) Yapay Yolla Gençleştirilmesi Üzerine Araştırmalar. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi Yayınları.
- Tosun, S., Özpay, Z., Serin, M., & Karatepe, H. (2002). Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Lieb., *Quercus hartwissiana* Stev.) Türlerinde Boylu Fidan Üretimi ve Plantasyon Tekniğinin Araştırılması. Bolu: Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.

- Trubat, R., Cortina, J., & Vilagrosa, A. (2006). Plant Morphology and Root Hydraulics are Altered by Nutrient Deficiency in *Pistacia lentiscus* (L.). *Trees*, 20(3), 334-339.
- Trubat, R., Cortina, J., & Vilagrosa, A. (2010). Nursery Fertilization Affects Seedling Traits But not Field Performance in *Quercus suber* L. *Journal of Arid Environments*, 74(4), 491-497.
- Turfan, N., Ayan, S., Nurten Yer, E., & Özel, H. B. (2019). Age-Related Changes of Some Chemical Components in the Leaves of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). *South-east European Forestry*, 10(2), 117-124.
- Tuyen, T. Q., Phung, C. V., & Tinh, T. K. (2006). Influence of Long Term Application of N, P, K Fertilizer on Soil pH, Organic Matter, CEC, Exchangeable Cations and Some Trace Elements. *Omonrice*, 14, 144-148.
- Urban, L., & Alphonsout, L. (2007). Girdling Decreases Photosynthetic Electron Fluxes and Induces Sustained Photoprotection in Mango Leaves. *Tree Physiology*, 27(3), 345-352.
- URL-1. (2023, Eylül 11). Distribution Map of Oriental Beech (*Fagus orientalis*): <https://www.euforgen.org/species/fagus-orientalis/> adresinden alınmıştır.
- URL-2. (2023, Ekim 13). Climate Change: Global Temperature: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate> adresinden alınmıştır.
- URL-3. (2023, Ekim 3). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK): <https://data.tuik.gov.tr> adresinden alınmıştır.
- Ürgenç, S. (1998). *Ağaçlandırma Tekniği*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Valdecantos, A., Cortina, J., & Vallejo, V. R. (2006). Nutrient Status and Field Performance of Tree Seedlings Planted in Mediterranean Degraded Areas. *Annals of Forest Science*, 63(3), 249-256.
- van den Driessche, R. (1992). Changes in Drought Resistance and Root Growth Capacity of Container Seedlings in Response to Nursery Drought, Nitrogen, and Potassium Treatments. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(5), 740-749.
- Vilagrosa, A., Cortina, J., Gil-Pelegrín, E., & Bellot, J. (2003). Suitability of Drought-Preconditioning Techniques in Mediterranean Climate. *Restoration Ecology*, 11(2), 208-216.
- Voigtlaender, M., Laclau, J. P., Gonçalves, J. L. D. M., Piccolo, M. D. C., Moreira, M. Z., Nouvellon, Y., Ranger, J., & Bouillet, J. P. (2012). Introducing *Acacia mangium* Trees in *Eucalyptus grandis* Plantations: Consequences for Soil Organic Matter Stocks and Nitrogen Mineralization. *Plant and Soil*, 352(1-2), 99-111.
- Wagner, S. C. (2011). Biological Nitrogen Fixation. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 15.

- Walkley, A. (1947). A Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils-Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. *Soil Science*, 63(4), 251-264.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J. M., Hoegh-Guldberg, O., & Bairlein, F. (2002) Ecological Responses to Recent Climate Change. *Nature*, 416(6879), 389-395.
- Wang, K., Li, W., Li, X., & Ren, N. (2015). Spatial Nitrifications of Microbial Processes during Composting of Swine, Cow and Chicken Manure. *Scientific reports*, 5(1), 14932.
- Wawrzyńska, A., & Sirko, A. (2014). To Control and to be Controlled: Understanding the *Arabidopsis* SLIM1 Function in Sulfur Deficiency through Comprehensive Investigation of the EIL Protein Family. *Frontiers in Plant Science*, 5, 575.
- Weiner, J. (1990). Asymmetric Competition in Plant Populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(11), 360-364.
- Wheeler, C. T. (1991). *Symbiotic Nitrogen Fixation*. In: Raghavendra, A. S. (Ed.), *Physiology of Tree*. New York: John Wiley & Sons.
- Wilson, A. R., Nzokou, P., Güney, D., & Kulaç, Ş. (2013). Growth Response and Nitrogen Use Physiology of Fraser Fir (*Abies fraseri*), Red Pine (*Pinus resinosa*), and Hybrid Poplar under Amino Acid Nutrition. *New Forests*, 44, 281-295.
- Wu, J. J., Han, M., Chang, W., Ai, L., & Chang, X. X. (2007). The Mineralization of Soil Nitrogen and its Influenced Factors under Alpine Meadows in Qilian Mountains. *Acta Prataculturae Sinica*, 16(6), 39-46.
- Yahyaoğlu, Z., & Genç, D. M. (2020). *Fidan Standardizasyonu: Standart Fidan Yetiştirmenin Biyolojik ve Teknik Esasları*. Giresun: Musa Genç Kitaplığı Yayını.
- Yaltırık, F. (1982). *Fagus* L. In: Davis, P. H. (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Yamashita, N., Ohta, S., & Hardjono, A. (2008). Soil Changes Induced by *Acacia mangium* Plantation Establishment: Comparison with Secondary Forest and *Imperata cylindrica* Grassland Soils in South Sumatra, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 254(2), 362-370.
- Yonekura, T., Yoshidome, M., Watanabe, M., Honda, Y., Ogiwara, I., & Izuta, T. (2004). Carry-Over Effects of Ozone and Water Stress on Leaf Phenological Characteristics and Bud Frost Hardiness of *Fagus crenata* Seedlings. *Trees*, 18, 581-588.
- Yousefpour, R., Augustynczik, A. L. D., Reyer, C. P., Lasch-Born, P., Suckow, F., & Hanewinkel, M. (2018). Realizing Mitigation Efficiency of European Commercial Forests by Climate Smart Forestry. *Scientific Reports*, 8(1), 1-11.

- Yurdakulol, E. (1981). A Phytosociological and Ecological Research on the Vegetation of the Pos Forests (Adana, distr. Karsanti) on the Anti-Taurus Mountains. *De La Faculté Des Sciences De L'Université D'Ankara*, C2(24), 1-50.
- Zhang, J. W., Hu, C. H., Wang, K. J., Dong, S. T. & Liu, P. (2004). Effects of Plant Density on Forage Nutritive Value of Whole Plant Corn. *Agricultural Sciences in China*, 3(11), 842-848.
- Zhang, W., Xu, M., Wang, B., & Wang, X. (2009). Soil Organic Carbon, Total Nitrogen And Grain Yields under Long-Term Fertilizations in the Upland Red Soil of Southern China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 84, 59-69.
- Zhao, T., Tan, L., Huang, W., & Wang, J. (2019). The Interactions between Micro Polyvinyl Chloride (mPVC) and Marine Dinoflagellate *Karenia mikimotoi*: The Inhibition of Growth, Chlorophyll and Photosynthetic Efficiency. *Environmental Pollution*, 247, 883-889.
- Zhong, Z., & Makeschin, F. (2004). Comparison of Soil Nitrogen Dynamics under Beech, Norway Spruce and Scots Pine in Central Germany. *European Journal of Forest Research*, 123(1), 29-37.

ÖZGEÇMİŞ

Orman Yüksek Mühendisi Ali BAYRAKTAR, ilk ve Ortaokulu Çaykara Zeki Bilge İlköğretim Okulunda, liseyi Sürmene Lisesinde tamamladı. 2009 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünden ilk yıl İngilizce hazırlık sınıfını okuduktan sonra 2014 yılında mezun oldu. Aynı yıl, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2017 yılında “Bazı Süs Bitkisi Türlerinin Çelik ile Köklendirilmesinde Farklı Ortam ve Hormon Etkilerinin Araştırılması” isimli yüksek lisans tezini tamamlayarak “Yüksek Mühendis” unvanı almaya hak kazandı. Yüksek Lisans ve Doktora öğrenimi süresince bilim dalı ile ilgili konularda ele alınmış 20 makale, 20 bildiri ve 7 kitap bölümünde yer aldı. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak görevine devam eden BAYRAKTAR, evli ve bir çocuk babasıdır. Orta derecede İngilizce bilmektedir.