



Sakallı Kızılağaç
(*Alnus glutinosa* subsp. *Gearth. barbata* (C.A.Mey). Yalt.)
desteği ile Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)
Ormanlarında Verimliliğin Artırılması

Program Kodu: 1001

Proje No: 114O661

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Sinan GÜNER

Araştırmacılar:

Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK
Yrd. Doç. Dr. Aşkın GÖKTÜRK

KASIM 2017
ANKARA

ÖNSÖZ

Bu araştırma, Sakallı kızılğacın (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata*) doğal gübre ve toprağı islah edici özelliklerinden yararlanarak asli tür olan doğu kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) gelişimine katkısının olup olmayacağını bilimsel olarak araştırmak üzere ele alınmıştır.

Bu araştırmayı finansal olarak destekleyen TÜBİTAK Tarım Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Gurubuna teşekkür ederim.

Araştırma alanını tahsis eden Orman Genel Müdürlüğüne, arazi çalışmalarına, işçi ve makine ve fidan desteğı veren Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Arhavi Orman İşletme Müdürlüğüne teşekkür ederim. Özellikle Arhavi Orman İşletme Şefliğı orman muhafaza memurları ve işçilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Arazinin hazırlanmasına makine desteğı veren ATASELİM Gurubuna ve işçi desteğı veren Melikşah ÖKSÜZ'e teşekkür ederim.

Araştırmanın arazi çalışmalarına destek veren Arhavi Orman İşletme Şefi aynı zamanda projenin bursiyeri olan Orman Yüksek Mühendisi Volkan ÇALOĞLU na teşekkür ederim.

Araştırmanın arazi ve laboratuvar çalışmalarında etkin rol alan bursiyerler Orman Yüksek Mühendisi Dr. Ahmet DUMAN' a, Orman Yüksek Mühendisi Filiz AKDAĞ'a, Orman Yüksek Mühendisi Ali BABA ve Orman Mühendisi Kübra COŞKUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Araştırma sonuçlarının ülkemiz bilimine ve ülkemiz ormancık sektörü uygulamalarına katkı sağlaması en büyük dileğimdir.

Doç. Dr. Sinan GÜNER

Kasım 2017 Ankara



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ	1
2. GEREÇ ve YÖNTEM	6
2.1 Araştırma Alanı	6
2.1.1 Coğrafi Konum	6
2.1.2 İklim	7
2.1.3 Jeolojik Yapı	8
2.1.4 Bitki Örtüsü	9
2.2 Yöntem	9
2.2.1 Arazi Hazırlığı ve Toprak İşleme	9
2.2.2 Fidan Özelliklerinin Belirlenmesi	13
2.2.3 Fidan Biyokütlesindeki Değişimin Belirlenmesi	13
2.2.4 Fidan Halka Genişliklerinin Tespiti	14
2.2.5 Genel Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi	14
2.2.6 Toprak Solunumunun Belirlenmesi	16
2.2.7 Mikrobiyal Solunumun Belirlenmesi	17
2.2.8 Azot Mineralleşmesi Potansiyelinin Belirlenmesi	19
2.2.9 İstatistiki Analiz	21
3. BULGULAR	23
3.1 Fidan Gelişimi	23
3.1.1 Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyu	23

3.1.1.1	Sakallı Kızılağaç.....	26
3.1.1.2	Doğu Kayını	29
3.1.2	Biyokütle (Fidan Ağırlığı) Değişimi.....	32
3.1.2.1	Sakallı Kızılağaç Fidanları	32
3.1.2.2	Doğu Kayını Fidanları.....	34
3.1.3	Fidan Halka Gelişimi	36
3.1.3.1	Sakallı Kızılağaçlarda Fidan Halka Gelişimi	37
3.1.3.2	Doğu Kayını Fidanlarının Halka Genişlikleri	37
3.2	Genel Toprak Özellikleri	38
3.2.1	Tekstür.....	38
3.2.1.1	Kum	38
3.2.1.2	Kil.....	41
3.2.1.3	Toz.....	43
3.2.2	Toprak Reaksiyonu (pH)	46
3.2.3	Organik Madde.....	48
3.2.4	Bitki Besin Elementleri.....	51
3.2.4.1	Azot (N).....	51
3.2.4.2	Fosfor (P)	54
3.2.4.3	Potasyum (K)	55
3.2.4.4	Kalsiyum (Ca)	57
3.2.4.5	Magnezyum (Mg)	59
3.2.4.6	Sodyum (Na).....	61
3.2.5	Tarla Kapasitesi	63
3.2.6	Solma Noktası.....	66
3.2.7	Faydalı Su Kapasitesi.....	69
3.3	Toprak Solunumu.....	71
3.3.1	Toprak Solunumu Değerleri.....	72

3.3.2	Toprak Nemi	73
3.3.3	Toprak Sıcaklığı	74
3.4	Mikrobiyal Solunum	76
3.5	Azot Mineralleşmesi	77
3.5.1	Amonyum (NH_4)	77
3.5.2	Nitrat (NO_3)	79
3.5.3	Mineralleşme (NH_4+NO_3)	81
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	81
5.	ÖNERİLER	91
KAYNAKLAR		92

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Hopa Meteoroloji (1970- 2013) İstasyonu verileri (30 m).....	7
Tablo 2. Proje alanının sıcaklık (C ⁰) ve yağış (mm) değerleri (2014 -2016)	8
Tablo 3. Kök boğazı çapı ve fidan boyu ölçüm değerleri (2014, 2015, 2016).....	23
Tablo 4. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının ortalama KBÇ ve FB artım farkları istatistikleri	26
Tablo 5. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama KBÇ ve FB artım farkları istatistikleri.....	29
Tablo 6. Fidan ağırlıkları (2014, 2015, 2016 ve 2017)	32
Tablo 7. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları istatistikleri	33
Tablo 8. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları istatistikleri.....	35
Tablo 9. Fidan halka genişlikleri (mm)	36
Tablo 10. Saf ve Doğu kayını fidanları ile karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının ortalama fidan halka genişlikleri farkı istatistikleri	37
Tablo 11. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama fidan halka genişlikleri farkı istatistikleri	38
Tablo 12. Kum (%) değerleri (2014-2017)	39
Tablo 13. Kil (%) değerleri (2014-2017).....	42
Tablo 14. Toz (%) değerleri (2014-2017).....	44
Tablo 15. Toprak reaksiyonu (pH) değerleri (2014-2017)	47
Tablo 16. Organik madde (%) değerleri (2014-2017).....	49
Tablo 17. Azot (N) (%) değerleri (2014-2017).....	52
Tablo 18. Fosfor (P) (ppm) değerleri (2014-2017)	54
Tablo 19. Potasyum (K) (ppm) değerleri (2014-2017).....	56
Tablo 20. Kalsiyum (Ca) (ppm) değerleri (2014-2017).....	58

Tablo 21. Magnezyum Mg (ppm) değerleri (2014-2017)	60
Tablo 22. Sodyum (Na) (ppm) değerleri	62
Tablo 23. Tarla kapasitesi (%) değerleri (2014-2017)	64
Tablo 24. Solma noktası (%) değerleri (2014-2017)	67
Tablo 25. Faydalı su kapasitesi (%) değerleri (2014-2017)	70
Tablo 26 Toprak solunumu (g C gün ⁻¹ m ⁻²) değerleri (2014-2017)	72
Tablo 27. Toprak nem (%) değerleri (2014-2017)	74
Tablo 28. Toprak sıcaklık (°C) değerleri (2014-2017)	75
Tablo 29. Mikrobiyal solunum (µg CO ₂ -C g ⁻¹ toprak h ⁻¹) değerleri	77
Tablo 30. Mineral amonyum (NH ₄ (kg/ha)) değerleri (0-24 ay)	78
Tablo 31. Mineral nitrat (NO ₃ (kg/ha)) değerleri (0-24 ay)	80
Tablo 32. Mineral azot (NH ₄ +NO ₃ (kg/ha)) değerleri (0-24 ay)	82
Tablo 33. Dikim sahalarındaki 24 aylık dönemde 0-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam mineral azot değerleri	83

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. Araştırma alanının coğrafi konumu	6
Şekil 2. Örtü temizliği, toprak işleme ve tel çitle alanı sarma aşamaları	10
Şekil 3. Proje alanında kurulan deneme deseni.....	11
Şekil 4. Deneme alanlarının tesis edilmesi	12
Şekil 5. Fidan dikimi	12
Şekil 6. Kök boğazı çapı (KBÇ) ve Fidan boyu ölçümleri	13
Şekil 7. Fidan ağırlıklarının belirlenmesi işlemleri	14
Şekil 8. Toprak örneklerinin alınması	15
Şekil 9. Toprak solunumu ölçümü.....	17
Şekil 10. Mikrobiyal solunum değerleri ölçümü	19
Şekil 11. Azot mineralleşme değerlerinin ölçümü.....	21
Şekil 12. Saf ve karışık olarak yetiştirilen Sakallı kızılağaç ve Doğu kayını fidanlarının 2014- 2017 yılları arasındaki yapmış olduğu ortalama kök boğazı çapı artım değerleri.....	24
Şekil 13. Saf ve karışık yetiştirilen Sakallı kızılağaç ve Doğu kayını fidanlarının 2014- 2017 yılları arasındaki yapmış olduğu ortalama fidan boy artım değerleri	24
Şekil 14. 2014, 2015, 2016 ve 2017 yıllarında karışık olarak yetiştirilmiş olan Sakallı kızılağaç ve Doğu kayını deneme alanlarından görüntüler	25
Şekil 15. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının yıllara göre ortalama FB artım farkları.....	27
Şekil 16. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının yıllara göre ortalama KBÇ artım farkları	27
Şekil 17 Saf olarak yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının gelişim süreci (2014-2017)	28
Şekil 18. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama FB artım farkları.....	30
Şekil 19. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama KBÇ artım farkları.....	30
Şekil 20. Saf olarak yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının gelişim süreci (2014-2017)	31

Şekil 21. Saf ve Doğu kayını fidanları ile birlikte yetiştirilen Sakallı kızılağaçların kuru ağırlıkları (2014-2017).....	33
Şekil 22. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları	34
Şekil 23. Saf ve Sakallı kızılağaç fidanları ile birlikte yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama kuru ağırlıkları (2014-2017)	34
Şekil 24. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları.....	35
Şekil 25. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında ölçülen fidan halka genişlikleri	36
Şekil 26. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kum (%) değerleri değişimi.....	40
Şekil 27. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kum (%) değerleri değişimi.....	40
Şekil 28. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kum (%) değerleri değişimi.....	41
Şekil 29. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kil (%) değerleri değişimi	42
Şekil 30. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kil (%) değerleri değişimi	43
Şekil 31. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kil (%) değerleri değişimi	43
Şekil 32. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toz (%) değerleri değişimi.....	45
Şekil 33. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toz (%) değerleri değişimi.....	45
Şekil 34. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toz (%) değerleri değişimi.....	46
Şekil 35. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama pH değerleri değişimi	47
Şekil 36. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama pH değerleri değişimi	48
Şekil 37. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama pH değerleri değişimi	48
Şekil 38. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama organik madde (%) değerleri değişimi.....	50
Şekil 39. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama organik madde (%) değerleri değişimi.....	50
Şekil 40. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama organik madde (%) değerleri değişimi.....	51
Şekil 41. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam azot yüzdesi değerleri.....	53
Şekil 42. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam azot yüzdesi değerleri.....	53

Şekil 43. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam azot yüzdesi değerleri.....	53
Şekil 44. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama fosfor (ppm) değerleri değişimi.....	55
Şekil 45. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama fosfor (ppm) değerleri değişimi.....	55
Şekil 46. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama potasyum (ppm) değerleri değişimi.....	57
Şekil 47. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama potasyum (ppm) değerleri değişimi.....	57
Şekil 48. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kalsiyum (ppm) değerleri değişimi.....	59
Şekil 49. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kalsiyum (ppm) değerleri değişimi.....	59
Şekil 50. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama magnezyum (ppm) değerleri değişimi.....	61
Şekil 51. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama magnezyum (ppm) değerleri değişimi.....	61
Şekil 52. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama sodyum (ppm) değerleri değişimi.....	63
Şekil 53. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama sodyum (ppm) değerleri değişimi.....	63
Şekil 54. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki yüzde tarla kapasitesi yüzdeleri değişimi.....	65
Şekil 55. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki yüzde tarla kapasitesi yüzdeleri değişimi.....	65
Şekil 56. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki yüzde tarla kapasitesi yüzdeleri değişimi.....	66
Şekil 57. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama solma noktası yüzdeleri değişimi.....	68
Şekil 58. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama solma noktası yüzdeleri değişimi.....	68

Şekil 59. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama solma noktası yüzdeleri değişimi.....	68
Şekil 60. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama faydalı su kapasitesi yüzdeleri değişimi.....	70
Şekil 61. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama faydalı su kapasitesi yüzdeleri değişimi	71
Şekil 62. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama faydalı su kapasitesi yüzdeleri değişimi	71
Şekil 63. Ortalama toprak solunumu ($\text{g C gün}^{-1}\text{m}^{-2}$) değerleri değişimi.....	73
Şekil 64. Ortalama toprak nemi yüzdeleri değişimi	74
Şekil 65. Ortalama toprak sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) değerleri değişimi	76
Şekil 66. Ortalama mikrobiyal solunum ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}\text{ toprak h}^{-1}$) değerleri değişimi.....	77
Şekil 67. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama mineral amonyum (kg/ha) değerleri değişimi.....	79
Şekil 68. 5-10 cm derinlik kademesinde ortalama mineral amonyum (kg/ha) değerleri değişimi.....	79
Şekil 69. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama mineral nitrat (kg/ha) değerleri değişimi.....	81
Şekil 70. 5-10 cm derinlik kademesinde ortalama mineral nitrat (kg/ha) değerleri değişimi.....	81
Şekil 71. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama toplam azot mineralleşmesi (kg/ha) değerleri değişimi.....	82
Şekil 72. 5-10 cm derinlik kademesinde ortalama toplam azot mineralleşmesi (kg/ha) değerleri değişimi.....	83
Şekil 73. 0-10 cm derinlik kademesinde ortalama toplam azot mineralleşmesi (kg/ha) değerleri değişimi.....	84

ÖZET

Bu proje, köklerinde azot bağlayan bakterilere sahip olan ve bu özelliği ile biyogübre özelliği gösteren Sakallı kızılâğaçların, birlikte yetiştirildiği Doğu kayını fidanlarının gelişmesine katkısının olup olmayacağını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Proje, yıllık yağışların 2600 mm den fazla olduğu, Artvin İli, Arhavi İlçesi, Ortacalar Mevkiindeki (41° 17' 04" KE, 41° 22' 50" DB; 950 m, Güney Bakı) rehabilitasyon sahasında gerçekleştirilmiştir. Proje alanında 200 m² büyüklüğünde her birinden beşer adet olmak üzere Saf Sakallı kızılâğaç, saf Doğu kayını, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç ve kontrol deneme alanları grupları tesis edilmiştir. Alanlara 2014 yılında 1m x 1m aralık mesafeler ile 1 yaşında Sakallı kızılâğaçlar, 2 yaşında Doğu kayını fidanları dikilmiştir. Dikimden hemen önce dikilecek fidanların kök boğazı çapları, fidan boyları, kök, gövde ve fidan ağırlıkları kayıt edilmiş ve 2015, 2016 ve 2017 yıllarının sonunda aynı ölçümler fidan halka genişlikleri ile birlikte tekrarlanmıştır. Bunun yanı sıra 2014 yılındaki dikimlerden önce başlanılıp kış mevsimi hariç proje süresi boyunca üçer aylık periyotlarla genel toprak özellikleri (tekstür, pH, organik madde, besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg ve Na), tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi), toprak solunumu, mikrobiyal solunum ve azot mineralleşmesi değişim oranlarının tespiti yapılmıştır. Proje sonunda Sakallı kızılâğacın birlikte yetiştirildiği Doğu kayını fidanlarının saf olarak yetiştirilen Doğu kayını fidanlarına göre istatistiki olarak daha fazla kök boğazı çapı geliştirdiği ve fidan boyu yaptığı, daha fazla ağırlıklarını artırdığı ve halka genişlettiği sonucuna varılmıştır. Doğu kayınlarının saf veya Sakallı kızılâğaçlarla birlikte yetiştirilmesinde deneme alanı gruplarının topraklarında tekstür, pH, organik madde, K, Ca, Mg, Na, tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi, toprak nemi, toprak sıcaklığı, azot mineralleşmesi miktarlarında gruplar içinde anlamlı farklılıklar olmasına rağmen, gruplar arasındaki değişim eğilimlerinin birbirine benzer oldukları anlaşılmıştır. N, P, toprak solunumu ve mikrobiyal solunum değerlerinde ise Sakallı kızılâğaç ve karışık yetiştirilen Doğu kayını Sakallı kızılâğaç deneme alanı gruplarında kontrol ve Doğu kayını alanlarına göre anlamlı artışlar görülmüştür. Sakallı kızılâğaç türünün rehabilitasyon ve restorasyon sahalarında toprağı ıslah etmesi amacıyla kullanılmasının yanısıra azot eksikliğinin görüldüğü orman alanlarında da destekleyici tür olarak kullanılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Frankia, Azot fiksasyonu, Frankia, Fidan gelişimi, Toprak solunumu, Mineralleşme



ABSTRACT

The Increasing of Efficiency in Oriental Beech Forest (*Fagus orientalis* Lipsky) with the Support of Black Alder (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey)Yalt.)

This project was carried out in order to determine whether the black alder, which has biodegradable properties because it bears nitrogen-fixing bacteria in its roots, would contribute to the development of the eastern beech seedlings co-cultivated. The project was carried out on the rehabilitation site of Artvin Province, Arhavi district Ortacalar region (41°17' 04" - 41° 22' 50"; 950 m, South) with annual precipitation of 2600 mm. In the project area, five pieces of pure black alder, pure oriental beech, mixed oriental beech-black alder and control parcels, each of 200 square meters in size, have been established. In the year 2014, areas were planted with 1-year-old black alder trees and 2-year-old eastern beech seedlings with a distance of 1m x 1m. Before planting, root collar diameter, seedling height, root weights, stem weights and sapling weights of the seedlings were determined. At the end of 2015, 2016 and 2017, the same measurements were repeated with the seedling ring widths. In addition to this, starting before the plantings in 2014, general soil characteristics (texturing, pH, organic matter, nutrients (N, P, K, Ca, Mg and Na), field capacity, fading point, useful water capacity), soil respiration, microbial respiration and nitrogen mineralization change rates were determined in three-month periods throughout the project period except the winter season. At the end of the project, it has been concluded that the oriental beech seedlings grown together with black alder have statistically more root collar diameter and seedling height than the purely grown oriental beech saplings and that they have improved much more seedling weights and ring width. Significant differences were found within groups in terms of texture, pH, organic matter, K, Ca, Mg, Na, field capacity, fading point, useful water capacity, soil moisture, soil temperature and nitrogen mineralization between the pure oriental beech and mixed oriental beech - black alder parcel soils, while the change between groups were found to be similar. In N, P, soil respiration and microbial respiration values, significant increases were observed in the alder and mixed oriental beech – black alder test groups compared to control and pure oriental beech parcels. According to the results of the project, it can be suggested that beard alder species can be used as a supportive species in forest areas where nitrogen deficiency is seen, as well as being used for soil remediation in rehabilitation and restoration areas.

Keywords: Frankia, Nitrogen-fixing, Seedling growth, Soil respiration, Mineralization.

1. GİRİŞ

Azot (N), bitkilerin büyümesine ve yaşamasına katkı sağlayan en önemli yapı taşlarından birisidir. Bitkilerin organik yapısında yer alan azot, bitkilerin daha iyi gelişmesine katkı sağlamaktadır. Azot tüm bitkilerin önemli yapısal unsurlarının bileşimi olarak kabul edilen proteinin yapı taşı olmakla birlikte amino asit, protein, nükleotid, nükleik asit, klorofil, koenzim ve vitaminlerin de yapısında yer alan önemli bir besin elementidir. Özetle azot bitkiler için hayati bir öneme sahip bir besin kaynağıdır (Smil, 2004; Barker ve Pilbeam, 2015).

Yapılan araştırmalara göre karasal ekosistemlerde azot miktarının oldukça azaldığı bildirilmektedir (Elser ve ark, 2007; Galloway ve ark, 2008). Tabiatta azot kaybı (denitrifikasyon) daha çok organik maddenin yetersiz olduğu, erozyonun olduğu ve yağışlarla birlikte yıkanmanın görüldüğü yetiştirme ortamlarında daha fazlaca görülmektedir (Revsbech ve Sorensen, 2013; Wang ve ark, 2014). Araziler üzerinde organik maddenin kaldırılması da azot dengesinin olumsuz yönde etkilemektedir (Aber ve ark, 1989). Aslında azot tabiatta en fazla oranda (% 78) bulunmasına rağmen eksikliği en fazla hissedilen bitki besin elementidir (Jia ve Quadrelli, 2014; Bottomley ve Myrold, 2014; Delgado, 2017). Toprak gözeneklerinde bulunan azotun hemen tamamı (%98'i) organik azot (N_2) formatındadır. Bitkiler organik formattaki azotu alamamaktadırlar (Kraiser ve ark., 2011). Ancak inorganik hale dönüşmüş olan azottan ($(NO_3)^-$ ve $(NH_4)^+$) faydalanabilmektedirler (Näsholm ve ark., 2009; Cameron ve ark, 2013).

Atmosferde bol miktarda bulunan organik azotun amonyum formlarına indirgenerek yani inorganik formata dönüşerek bitkiler için yararlı duruma geçmesine azot fiksasyonu denmektedir (Müfütöğlu ve Demirer, 1998; Raymond ve ark, 2004; Skadsen ve ark, 2015). Azot fiksasyonunun, amonifikasyon (mineralizasyon) ve nitrifikasyon olmak üzere iki farklı şekli vardır (Hamsa ve ark, 2017). Protein, amino asitler, nükleik asitler ve nükleotidler gibi toprak azotunu oluşturan organik bileşikler, ilkbaharda ısınma ve yağışlarla beraber toprakta yaşayan saprotrofik bakteri ve çeşitli mantarlarca hızlı bir şekilde parçalanarak basit bileşiklere ayrılırlar. Bu bakteri ve mantarlar azotu amino asit ve protein olarak bünyelerine alır, geriye kalan azot ise amonyum iyonu (NH_4^+) olarak ortama salınır. Bu süreç amonifikasyon veya azot mineralizasyonu olarak bilinir (Hoffman ve ark, 2014). Nitrifikasyon ise topraklarda yaygın bir şekilde bulunan bazı bakteri türlerinin amonyak (NH_3) veya amonyum iyonlarını (NH_4^+) oksitleyerek nitrit (HNO_2) veya nitrat (NO_3^-) dönüştürmesi olayıdır. Nitrit, nadiren toprakta birikebilen bir toksiktir. Bitkilerin inorganik olarak faydalandıkları azot ise nitrattır (Green ve ark, 1982; Haynes ve ark, 1986).

Tabiatta organik azot fiksasyonu; “biyolojik azot fiksasyonu”, “abiyotik azot fiksasyonu” ve “endüstriyel azot fiksasyonu” olmak üzere üç şekilde görülmektedir (Vitousek ve ark., 1997; Newton, 2007; Galloway ve ark, 2008; Martinez-Espinosa ve ark, 2011; Wagner, 2012)

Birinci şekil olan “biyolojik azot fiksasyonu”, topraklarda serbest olarak (simbiyotik olmayan) veya konukçu (simbiyotik) olarak yaşayan bakteri, mantar, aktinomiset, alg, protozoa gibi mikroorganizmaların N_2 formundaki mineral azotu inorganik hale dönüştürmeleridir. Simbiyotik olmayan biyolojik azot fiksasyonda; serbest olarak topraklarda bulunan mikroorganizmalar (heterotrofik bakteriler, kemootrofik bakteriler, fotosentetik bakteriler ve mavi yeşil algler), özellikle ilkbahar ve yaz topraklarda bulunan organik atıkları parçalayarak azotu ayrıştırmakta ve bitkilerin kullanımına sunmaktadırlar (Dos Santos ve ark, 2012; Vitousek ve ark, 2013). Simbiyotik biyolojik fiksasyonda ise, bitkilerin köklerinde konukçu olan bakteriler havadaki azotu fikse ederek hem konukçu olduğu bitkinin azot ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olmaktadır ve hem de bulundukları topraktaki faydalanılabilir azot miktarının artmasına katkı sağlamaktadırlar (Saharan, 2011; Miransari, 2014).

İkinci şekil olan “abiyotik azot fiksasyon”, yıldırım ve şimşeklerle birlikte havadaki moleküler azotun çözünüp yağmur suları ile inorganik halde toprağa karışması olaydır (Gruber ve Galloway, 2008)

Üçüncü şekil olan “endüstriyel azot fiksasyonu” ise; moleküler azotun amonyağa çevriminde $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve 200-350 atm basınçla birlikte üretilen kimyasal gübrelerin fiksasyon sürecidir (Hessel ve ark, 2013; Cherkasov ve ark., 2015).

Tabiattaki kullanılabilir azot miktarı 413 milyon ton/yıl civarındadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı karasal (210 milyon ton/yıl), yarısı da deniz (203 milyon ton/yıl) ekosistemlerinde üretilmektedir (Fowler ve ark, 2013). Tabiatta bulunan ve bitkileri tarafından kullanılabilir azotun yaklaşık olarak % 70'i biyolojik, %10'u abiyotik ve % 20'si de endüstriyel yolla fikse edilmektedir (Vitousek ve ark, 1997; Vitousek ve ark, 2013).

Endüstriyel azot gübreleri tarım sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaplan ve ark, 2000; Karaer ve Gürlük, 2011). Endüstriyel azot gübresi üretiminde enerji masrafları hem yüksektir, hem de aşırı derecede kullanıldığı takdirde yer altı sularına karışarak önemli çevre sorunlarına neden olabilmektedir (Algan ve Bilen, 2005; Dalgaard ve ark, 2014; Nkoa, 2014; Qiao ve ark., 2015; Moreno-Jiménez, 2016). Bu nedenle tarım ve ormancılık sektörlerinde yetişme ortamlarındaki azot eksikliğini gidermeye yönelik yapılan araştırmalar daha çok

simbiyotik fiksasyon olmak üzere biyolojik azot fiksasyonları üzerine yoğunlaşmıştır (Çakmakçı, 2005; Sponseller ve ark, 2016; Van Nguyen ve Pawlowski, 2017). Tabiatla simbiyotik fiksasyon yapan konukçu bakterilere sahip yüzlerce bitki (aktinorhizal) bulunmaktadır (Vessey, 2003; Santi ve ark., 2013). Bu konukçular; mineral azotu inorganik hale dönüştürmesinin yanı sıra, toprak kökenli patojenlerin baskı altına alınmasına, kuraklık, tuzluluk ve metal toksisitesi için bitki stres toleransının iyileştirilmesine ve indol-3 asetik asit (IAA) gibi fitohormonların üretimine de katkı sağlamaktadırlar (Gupta ve ark, 2000; Shokri ve Emtiazi, 2010; Batista-Santos ve ark, 2015). Bitki hastalıklarının biyolojik tedavisinde de kullanılmaktadırlar (Liu ve ark., 2017).

Özellikle köklerinde *Rhizobium* sp gibi konukçu bakterilere sahip baklagiller ve *Frankia* sp gibi konukçu bakterilere sahip gelişmiş yapraklı ağaç ve çalı türleri azot eksikliği görülen yetişme ortamlarına öncü türler olarak ekilmekte veya dikilmektedirler (Uri ve ark, 2003; Diagne ve ark, 2013). Terkedilmiş maden sahalarının rehabilitasyonunda ve bozulmuş yetişme ortamlarının ıslahında aktif olarak kullanılmaktadırlar (Sayed, 2011; Karthikeyan ve ark, 2013; Stokdyk ve Herrman 2014). *Frankia* sp. ve *Rhizobium* sp. gibi konukçu bakteriler; havanın azotunu fikse ederek hem konukçu olduğu bitkiye hem de aynı ortamda bulunan diğer bitkilerin de bu azottan faydalanmasına katkı sağlamaktadırlar (Moffat, 2000; Binkley, 2003; Kanneh ve Ark, 2015; Battipaglia ve ark, 2017). *Frankia* sp., bulundukları konukçu bitkilerin köklerinde nodüller şeklinde bulunan ve organik azotu indirgeyen bakteri türlerindendir (Berry ve ark., 1986; Van Nguyen ve Pawlowski, 2017). *Frankia* sp.'ın konukçu olduğu azot bağlayan bakterilere sahip bitkiler *Betulaceae*, *Casuarinaceae*, *Coriariaceae*, *Datisceae*, *Elaeagnaceae*, *Myricaceae*, *Rhamnaceae*, and *Rosaceae*'nin dahil olduğu 8 familya 25 cins ve yaklaşık olarak 200 değişik türden oluşmaktadır (Benson ve Silvester 1993; Dawson, 2007).

Frankia bakterilerine sahip türlerin en önemlilerinden biri de *Betulaceae* familyasına ait olan kızılgağaç (*Alnus* sp.) türleridir. Kızılgağaçların sahip olduğu azot bağlayıcı bakteriler *Frankia alnus* olarak isimlendirilmektedirler (Figueiredo ve ark. 2010; Orczewska ve ark. 2012).

Kızılgağaçlar öncü türlerden olup hızlı büyümektedirler (Ayan ve Sivacioğlu, 2006). İdare süresi 30-50 yıl arasındadır. İyi yetişme ortamlarında ortalama 20 yılda kesimlik çağa ulaşabilmektedirler. İyi yetişme muhitlerinde yılda 21 m³/ha artım yapmaktadır. Yıllık artımı 10 m³/ha'dan daha fazla olduğu için hızlı gelişen endüstriyel orman ağacı sınıfındadır (Claessens ve ark, 2010). Kızılgağaçların önemli bir üyesi olan Sakallı kızılgağaçlar (*Alnus glutinosa* subsp. *Gearth. barbata* (C.A.Mey). Yalt.) Türkiye'nin kuzeydoğusunda meşcere

halinde, dere kenarlarında sıralı halde ve nemli vadilerde gruplar haline veya münferit halde doğal olarak yayılış yapmaktadırlar (Anşın ve Özkan, 1997). Sakallı kızılağaçları önemli kılan bir diğer unsurda saçak köklerinde yer alan ve organik azotu indirgeyen *Frankia alnus* bakterilerine sahip olmasıdır. Ancak kızılağaçların bu özelliği Türkiye’de yeterince bilinmemektedir.

Bulgaristan’dan Kuzey İran’a kadar tüm Karadeniz Bölgesi’nde ve Kafkas’larda yayılış yapan bir başka önemli endüstriyel orman ağacı türü de doğu kayınıdır (Pak ve Gülci, 2017; Varkouhi ve ark. 2017). Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) parke, soyma ve kaplamalık olarak kullanılan önemli bir endüstriyel orman ağacıdır. Mobilya sanayiinde en çok tercih edilen orman ağacı türlerinin başında yer almaktadır. Doğu kayını ağaçlarının idare süresi 100-140 yıl arasında değişmektedir. İyi yetiştirme ortamlarında ise 80 yılda kesimlik çağa ulaşabilmektedirler (Genç, 2004).

Doğu kayınının yayılış alanları ile Sakallı kızılağacın yayılış alanları Doğu Karadeniz Bölgesinde kesişmektedir. Bölgede 200 m - 1000 m yükseltiler arasında sakallı kızılağaçlarla birlikte karışık meşcereler kurabilmektedirler.

Doğu Karadeniz Bölgesi her zaman yağış alan bir iklim yapısına sahiptir. Özellikle doğu kayının yayılma gösterdiği 700-2000 m yükseltiler arasında yıllık yağış miktarı yağış miktarı 2500 mm/m² nin üzerindedir.

Bu aşırı yağışlarla beraber özellikle doğu kayını ormanlarında azot başta olmak üzere topraklardaki besin maddeleri yıkanmakta ve derinlere taşınmaktadır (Tufekcioğlu ve ark. 2005). Doğu Karadeniz Bölgesindeki doğu kayını bireylerinde zaman zaman sürgün kısalığı, yaşlı yapraklarda genel kloroz, sararmalar ve gelişmemiş yapraklar vb. azot eksikliğinden kaynaklanan büyüme zorlukları gibi olumsuzluklar sıklıkla görülmektedir.

Bu projenin gerçekleştirildiği Arhavi Ortacalar da yıllık ortalama 2600 mm/ m² nin üzerinde yağış almaktadır. Projenin ana amacı aşırı yağışlarla beraber besin yıkanmasının olduğu proje alanında; sakallı kızılağaçların köklerinde bulunan *Frankia alnus* bakterisinin toprağa sağlayacağı azot miktarı doğu kayınlarının gelişmesine katkı sağlayıp sağlamayacağı sorusuna cevap aramak olmuştur. Bu bağlamda dikimden önce başlanılıp saf ve karışık olarak yetiştirilen sakallı kızılağaç ve doğu kayını fidanlarının çap-boy gelişimleri, halka genişlikleri, kök-gövde ağırlıkları (biyokütle) gibi fidan kalitesine yönelik ölçümler porje süresi boyunca yapılmıştır. Bunun yanında saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaçlar ve

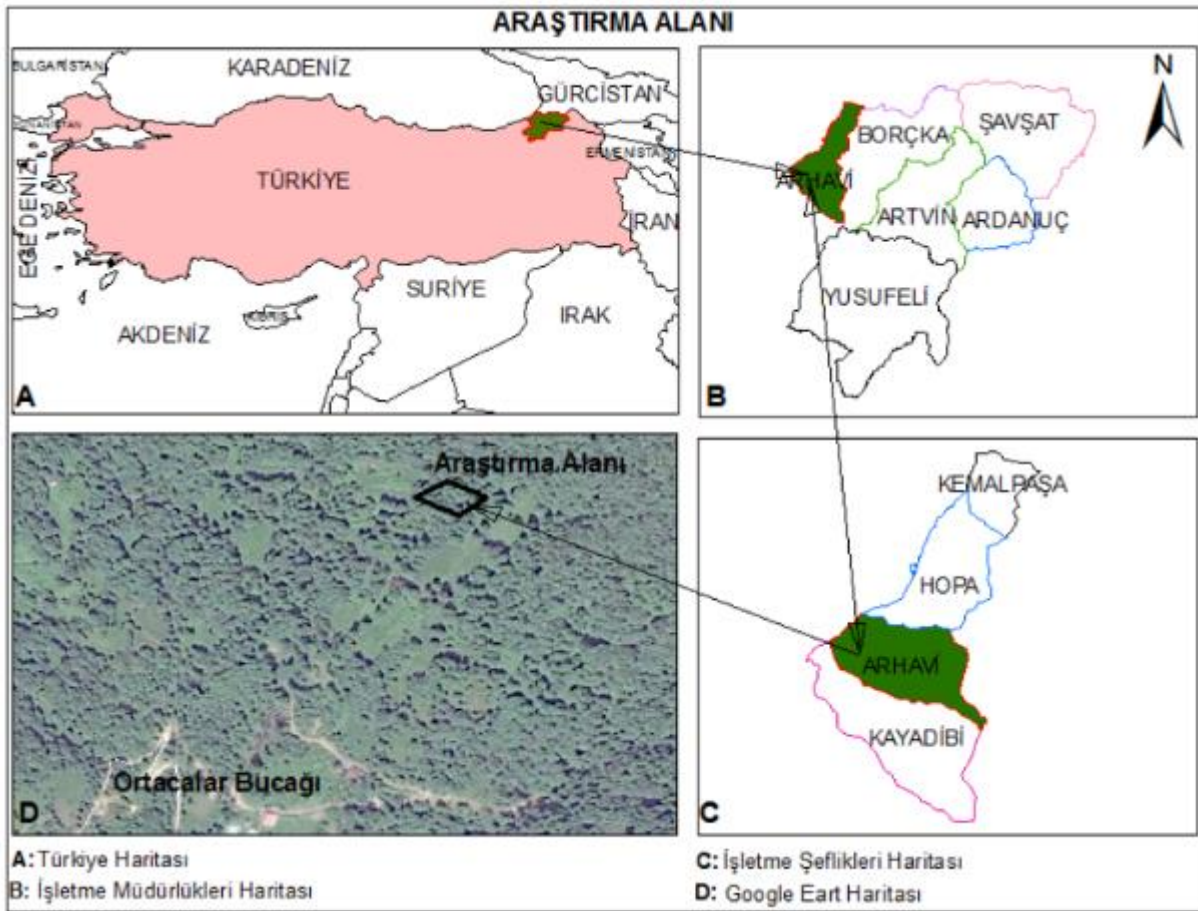
Doğu kayınlarının tekstür, pH, organik madde, tarla kapasitesi, solma noktası, N, P, K, Ca ve Mg gibi toprak özellikleri ve besin maddesi değişimine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca toprakların ıslah edilmesinin bir göstergesi olan toprak solunumu, mikrobiyal solunum ve azot mineralleşmesi değerleri de periyodik olarak ölçülmüştür. Gerek fidan gelişimi değerleri ve gerekse toprak özelliklerindeki değişimler tartışılmış ve değerlendirilmiştir.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1 Araştırma Alanı

2.1.1 Coğrafi Konum

Araştırma alanı coğrafi yönden Doğu Karadeniz Bölgesinin doğusunda, Artvin İli, Arhavi İlçesi Ortacalar Mevkiindedir. Orman yönetimi açısından ise Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Arhavi Orman İşletme Müdürlüğü, Arhavi Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde 213 numaralı bölmede yer almaktadır. Orman amenajman planlarına göre alan rehabilitasyon sahasıdır. Denizden ortalama yükseltisi 850 m olup, güney bakıda yer almaktadır. Alanın büyüklüğü yaklaşık olarak 5000 m²'dir. Alan, 41° 17' 04" kuzey enlemleri 41° 22' 50" Doğu boylamlarının kesiştiği yerdedir. Araştırma alanının konumunu gösteren haritalar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının coğrafi konumu

2.1.2 İklim

Araştırma alanında yazları serin, yaz-kış her mevsim yağışlı tipik nemli Karadeniz iklimi görülmektedir. Alan her mevsim yağış almaktadır. Kışın yağan kar genelde kasım ayından nisan aylarına kadar olmak üzere alanda kalmaktadır.

Araştırma alanında, iklim özelliklerinin yükselti ve bakı farklarına göre incelenmesini sağlayacak uygun bir meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Alana en yakın olarak uzun süreli gözlem ve ölçümlerin yapıldığı Meteoroloji İstasyonu Hopa İstasyonu'dur. Hopa Meteoroloji İstasyonu'nun uzun dönem gözlem verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hopa Meteoroloji (1970- 2013) İstasyonu (30 m) verileri

Meteorolojik Gözlemler	AYLAR												YIL
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<i>Ortalama Sıcaklık (C°)</i>	7.0	7.0	8.5	12.1	15.8	20.0	22.5	22.8	19.4	15.6	11.7	8.9	14.3
<i>Ortalama Bulutlu Günler sayısı</i>	13.4	10.9	12.1	12.8	15.1	14.6	14.3	15.8	14.8	13.5	12.8	12.1	13.5
<i>En yüksek sıcaklık (C)</i>	24.0	26.0	37.0	38.6	38.0	37.0	35.6	35.8	34.5	34.0	28.5	23.0	38.6
<i>En düşük sıcaklık (C)</i>	-7.5	-6.0	-5.0	-6.0	4.4	8.0	12.6	12.8	7.1	2.8	-2.8	-6.0	-7.5
<i>Aylık yağış ortalaması (mm)</i>	201	162	132	86.2	89.9	154.1	145	175	262	299	256	227	2377
<i>Ortalama nisbi nem (%)</i>	61.5	65.0	69.9	73.4	76.8	76.4	78.4	78.7	76.9	74.6	66.6	60.1	71.5
<i>Aylık max. Yağış (mm)</i>	76.7	63.7	57.7	52.7	64.2	156.3	170	209	153	149	142	88.9	115.5
<i>Ortalama sisli gün sayısı</i>	0.2	0.3	1.2	1.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	4.0
<i>Kar yağışlı Günler sayısı</i>	2.9	3.2	1.6	0.1							0.2	1.5	9.5
<i>Donlu günler sayısı</i>	5.3	5.5	3.0	0.3							0.2	2.2	16.6
<i>Kar örtülü günler sayısı</i>	2.9	4.0	1.7	0.1							0.1	1.5	10.2

Uzun dönem meteorolojik gözlemlere göre araştırma alanı 2600 mm'nin üzerinde yağış almaktadır. Ancak son birkaç yıldır yöredeki yağış miktarları artmış sel felaketleri ile araziler tahrip olmuştur. Bu artışa paralel olarak araştırma alanında da son yıllarda m² düşen yağış miktarında belirgin artışlar olmuştur. Araştırma alanına en yakın Hopa meteoroloji

İstasyonunun enterpole verilerine göre 2014 yılında araştırma alanında m^2 ye 2600 mm, 2015 yılında m^2 ye 3000 mm, 2016 yılında 3700 mm den daha fazla yağış aldığı hesaplanmıştır. Proje süresi boyunca yıllık ortalama sıcaklıklar 12 °C - 13 °C olarak ölçülmüştür. Araştırma alanında ortalama +10 °C ye yani bitki büyümesi için elverişli sıcaklığa (Çepel, 1978) Mayıs aylarında ulaşılmaktadır. Mayıs aylarında başlayan büyüme mevsimi kasım aylarına kadar devam etmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Proje alanının sıcaklık (°C) ve yağış (mm) değerleri (2014 -2016)

Yıl	Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Ort / Top
2014	Sıcaklık	6,7	6,9	7,6	9,6	14,6	18,5	21,4	22,8	19,0	14,4	9,1	8,9	13,3
	Yağış	182,8	51,0	225,9	86,7	87,0	206,5	147,9	183,2	519,6	118,3	457,8	375,0	2641,7
2015	Sıcaklık	5,3	6,1	5,8	8,6	13,3	17,9	20,7	22,3	21,7	14,4	10,9	4,9	12,7
	Yağış	175,0	156,7	126,4	218,3	103,4	141,8	56,9	614,9	34,4	720,7	462,8	275,3	3086,4
2016	Sıcaklık	3,8	7,9	8,1	11,8	14,0	19,7	20,7	23,2	17,9	13,2	10,1	2,8	12,8
	Yağış	376,4	98,2	193,7	106,9	138,3	307,1	413,2	133,1	872,3	583,6	220,9	285,1	3728,8

(Hopa Meteoroloji İstasyonu (33 m, enlem: 41°24' N, boylam: 41° 26' E) verilerinden enterpole edilmiştir).

Thorntwaite (1948)'ın rasyonel iklim sınıflandırmasına göre ve Walter (1958) iklim diyagramı analizlerine göre yörede su açığı bulunmamaktadır. Erinç (1996)'ın iklim sınıflandırmasına göre de araştırma alanı çok nemli orman iklim tipine sahiptir.

2.1.3 Jeolojik Yapı

Maden Teknik Arama Enstitüsünün hazırlamış olduğu 1/500 000 ölçekli Trabzon Bölgesi jeolojik haritalarına göre araştırma alanının bulunduğu bölgede mezozoik zamanın tebeşir formasyonu, üst tebeşir şevini ve katlarını meydana getiren oluşumlara rastlanmaktadır. Buradaki toprakların bünyesini genellikle Bazalt teşkil etmektedir. Genel olarak Bazaltın ayrılmasından kahverengi topraklar meydana gelir. Kalker ve fetişleri bazalttan daha ince olup kimyasal ayrışmaya dayanıklı hafif ve düşük değerlikli topraklar verir. Güney kısımları ise III. Zaman tersiyer formasyonu paleojen serisi eosen katıdır. Buradaki taşlar daha ziyaden andezitler ve bunların tüflerinden porfirlerden ve porfiritlerden ibaret olup, greler, konglomeralar, killler, marnlar ve kalkerlerde bulunmaktadır. Andezitler dış püskürük olup, bu taşlar kuvars, feldspat, mika vs. gibi mineralleri ihtiva etmektedir. Kuvars bakımından zengin olan taşlar kumtaşı, kuvarsit ve şistlerdir. Besin maddesi bakımından bilhassa fosfor ve potasyum bakımından fakir olup çamplar ve kanaatkâr öncü yapraklılara elverişlidir. Bu kısımlarda yer yer bakır yataklarına rastlamak mümkündür (Anonim 2010).

2.1.4 Bitki Örtüsü

Araştırma alanında yaygın olarak bulunan Sakallı kızılâğaç (*Alnus glutinosa* subsp. *Gearth. barbata* (C.A.Mey). Yalt.), Doğu kayını (*Fagus orietalis* Lipsk) ağaçlarının yanı sıra Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Gürgen (*Carpinus betulus* L.) Titrek kavak (*Populus tremula* L.) türü ağaçlara münferit olarak rastlanılmaktadır. Mor çiçekli orman gülleri (*Rhododendron ponticum* L.), böğürtlenler (*Rubus* sp), *Carex acutiformis* Ehrh., *Lycopus europaeus* L. ve *Solanum dulcamara* L gibi bitkiler çalı ve ot katını meydana getirmektedirler.

2.2 Yöntem

2.2.1 Arazi Hazırlığı ve Toprak İşleme

Proje alanında 2014 yılının kasım–aralık aylarında ilk önce mevcut ağaçlar kesildi. Tam alanda makineli çalışma yapılarak örtü temizlendi. Aynı makine ile toprak işlenmesi yapıldı. Alanın çevresi tel çit ile çevrilerek korumaya alındı. Örtü temizliği ve toprak işlenmesi yapılması sırasında çekilmiş olan fotoğraflar Şekil 2’de verilmiştir.

Alan, tam alanda toprak işlenmesi ile dikime hazır haline getirildikten sonra üzerinde 200 m² büyüklüğünde 26 adet deneme alanları tesis edilmiştir. Deneme alanlarının 5+2= 7 adeti saf sakallı kızılâğaç dikimi için, 5+ 2= 7 adeti saf doğu kayını dikimi için, 5+2= 7 adeti karışık sakallı kızılâğaç ve doğu kayını dikimi için ayrılmıştır. 5 adeti de kontrol alanı olarak bırakılmıştır. Proje alanında kurulan deneme deseni Şekil 3’te verilmiştir.

Yukarıda da +2 olarak belirtildiği üzere her bir işlem gurubu için 2’şer adet yedek alan tesis edilmiştir. Yedek alanlar Kızılâğaç-6 ve Kızılâğaç-7, Kayın-6 ve Kayın-7, Kayın+Kızılâğaç-6 ve Kayın+Kızılâğaç-7 olarak seçilmiştir. Yedek deneme alanlarında fidan söküm işlemleri yapılarak fidan ağırlıklarının tespitine yönelik hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 2. Örtü temizliği, toprak işleme ve tel çitle alanı sarma aşamaları

Kontrol 1	Kızılağaç 1		Kontrol 2		Kızılağaç+ Kayın 1		Kontrol 3	Kayın 1	
Kontrol 4	Kızılağaç 2	Kayın 2	Kayın + kızılağaç 3	Kızılağaç 4	Kayın 4	Kayın + kızılağaç 5	Kayın 6	Kayın + kızılağaç 6	Kızılağaç 7
Kontrol 5	Kayın + kızılağaç 2	Kızılağaç 3	Kayın 3	Kayın + kızılağaç 4	Kızılağaç 5	Kayın 5	Kayın + kızılağaç 6	Kızılağaç 6	Kayın 7

Şekil 3. Proje alanında kurulan deneme deseni

Deneme alanları dikimden önce sabit kazıklar ve şerit bantlar kullanılarak sınırlandırılmış ve tabelalar ile tanımlanmışlardır. Deneme alanlarının tesisi anında çekilmiş olan fotoğraflar Şekil 4’de verilmiştir.

Deneme alanları tesis edildikten hemen sonra 2014 Aralık ayında; 5+2 =7 adet deneme alanında 1/0 yaşlı sakallı kızılağaç saf halde, 5+2 adet deneme alanında 2/0 yaşlı doğu kayını saf halde ve 5+2 adet deneme alanında 1/0 yaşlı sakallı kızılağaç + 2/0 yaşlı doğu kayını karışık halde 1 m x 1 m aralık mesafe ile dikilmişlerdir.

Deneme alanlarına toplam 200’er adet fidan dikilmiştir. Dikilen doğu kayını fidanları 2/0 yaşında, sakallı kızılağaç fidanları ise 1/0 yaşındadır. Her bir işlem için yedek olarak ayrılan 2 şer adet deneme (kontrol hariç) alanlarında da aynı işlemler gerçekleştirilmiştir. Dikimlerde muhtemel kurumlara karşın bir kısım fidanlar gömüye alınmış ve 2015 yılının ilkbahar aylarında alanlara aynı fidanlarla tamamlamalar yapılmıştır. Dikimler anında çekilmiş olan fotoğraflar Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 4. Deneme alanlarının tesis edilmesi



Şekil 5. Fidan dikimi

Dikimlerde çıplak köklü 2 yaşında doğu kayını ve 1 yaşında sakallı kızılgağ fidanları kullanılmıştır. Fidanlar dikilirken aynı boyda ve aynı çap kademesinde olmasına özen gösterilmiştir.

2.2.2 Fidan Özelliklerinin Belirlenmesi

Dikimlerde 2/0 yaşında doğu kayını, 1/0 yaşında sakallı kızılgağ standart fidanları kullanılmıştır. Sıralı halde dikilen bütün fidanların kök boğazı çapları (KBÇ) ve fidan boyları (FB) dikimden hemen önce kayıt altına alınmıştır. Kök Boğazı çapı kök- gövde birleşim yerinden 5 mm yukarıdan ölçülmüştür. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılgağ ve Doğru kayını fidanlarının FB ve KBÇ'ndaki değişimleri belirlemek amacıyla 2015, 2016 ve 2017 yıllarının vejetasyon dönemi sonunda dikim sırasına bağlı kalınarak her bir fidanın KBÇ ve FB yeniden ölçülmüş ve artımlar istatistiksel değerlendirmeler için kayıt edilmiştir. Her bir sayımda 1500 adet Doğru kayını ve 1500 adet Sakallı kızılgağ olmak üzere toplam 3000 adet fidanın kök boğazı çapları ve fidan boyları dikim sırası dikkate alınarak ölçülmüştür. Fidanların KBÇ ve FB ölçümü sırasında çekiliş olan fotoğraflar Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Kök boğazı çapı (KBÇ) ve Fidan boyu ölçümleri

2.2.3 Fidan Biyokütlesindeki Değişimin Belirlenmesi

Fidan biyokütlesinin (ağırlığını) belirlemek amacıyla 2014 yılında dikime hazır halde bulunan 30 adet standart sakallı kızılgağ ve 30 adet standart doğu kayını fidanı laboratuvar ortamına götürülmüştür. Laboratuvarda her bir fidanın kök boğazı çapları (KBÇ), fidan boyları (FB), kök taze ağırlıkları (KTA), gövde taze ağırlıkları (GTA), fidan taze ağırlıklar (FTA), kök kuru ağırlıkları (KKA), gövde kuru ağırlıkları (GKA) ve fidan kuru ağırlıkları (FKA) hassas terazi ile tartılarak belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Fidan ağırlıklarının belirlenmesi işlemleri

FB ölçümleri cetveller ve şeritmetreler yardımıyla, KBÇ ölçümleri ise milimetrik hassasiyetli kumpaslarla ölçülmüştür. Fidanlar kök boğazından kesilip gövdesi ve kökleri ayrıldıktan sonra hassas terazi ile tartılmış ve ortalama GTA ve KTA belirlenmiştir. Daha sonra 24 saat 105° de kurutma fırınında bekletilmiş ve fidanların ortalama KKA ve GKA ağırlıkları tespit edilmiştir. Kök ağırlıkları ile gövde ağırlıkları toplanarak toplam fidan ağırlıkları belirlenmiştir. 2015, 2016, 2017 yıllarının sonbahar aylarında yedek olarak bırakılan deneme alanlarından saf olarak yetiştirilen Sakallı kızılağaçlardan 30, saf olarak yetiştirilen Doğu kayınlarından 30 ve karışık olarak yetiştirilen sakallı kızılağaçlardan 30 ve karışık olarak yetiştirilen doğu kayınlarından 30 adet olmak üzere üç yıl boyunca toplam 360 adet fidan sökülümüştür. Sökülen fidanlar üzerinde 2015, 2016 ve 2017 yıllarında KTA, GTA, FTA, KKA, GKA ve FKA ölçümleri yapılarak kayıt altına alınmıştır.

2.2.4 Fidan Halka Genişliklerinin Tespiti

Yedek sahalardan biyokütenin belirlenmesi için sökülün fidanların tamamı kök gövde birleşme yerinin 5 mm yukarısında keskin bıçaklarla halka örneği alınmış ve yüzeyi temizlenmiştir. Her yılın fidan halka genişlikleri (FHG) elektronik mikroskop altında ölçülerek kayıt edilmiştir.

2.2.5 Genel Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Fidan dikiminden önce ve sonra her üç ayda bir (kış mevsimi hariç) her bir deneme alanından 0-5 cm ile 5-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinden toprak numuneleri alınmıştır. Numuneler toprakta olan değişkenliğin azaltılması ve deneme alanlarını iyi bir şekilde temsil edebilmesi için, her bir alanın orta noktasından toprak burguları ve çelik silindir borularla alınmıştır. Alınan topraklar etiketlenerek naylon torbalara konmuş ve analizlerinin

yapılabilmesi için Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak ve Ekoloji laboratuvarına taşınmıştır. Toprak örneklerinin alınmasına ait fotoğraflar Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Toprak örneklerinin alınması

Örnek alanlardan alınan toprak numuneleri laboratuvarında kurutma dolaplarında hava sirkülasyonu sağlanacak şekilde kağıtlar üzerine serilerek hava kurusu hale getirilmiştir. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri, porselen havanda öğütülmüştür. Daha sonra 2 mm’lik elekten geçirilecek ve naylon torbalara doldurularak analizlere hazır hale getirilmiştir.

Her bir toprak numunesi üzerinde tekstür, nem sabiteleri (tarla kapasitesi, solma noktası ve faydalanılabilir su kapasitesi), organik madde, pH, N, Ca, Mg, Na, K ve P gibi bitki besin elementlerinin tayinleri yapılmıştır.

Tekstür tayini 2 Bouyoucos’un hidrometre yöntemi kullanılarak yapılmış ve toprak numunelerinin kum, toz ve kil yüzdeleri bulunmuştur (Gülçur 1974, Çepel 1988). Toprak türü uluslararası tekstür üçgenine göre belirlenmiştir.

Numunelerdeki toplam karbon tayini, enstrümental makro cihazı kullanılarak yapılmıştır. İnorganik karbonun olup olmama durumu göz önünde bulundurularak ve buna göre organik karbon miktarından gidilerek organik madde miktarı hesaplanmıştır (Gülçur, 1974).

Soil Moisture Equipment co.’nun seramik levhalı basınç cihazı ile tarla kapasitesi ve solma noktası tayinleri yapılmıştır. Bunun için 2 mm’lik elekten geçirilmiş toprak numuneleri tarla

kapasitesi için 1/3 atm, solma noktası için ise 15 atm basınca dayanıklı seramik levhalar üzerindeki lastik halkalara doldurulmuş, saf su ile doygun hale getirilmiştir. Seramik levhalar üzerindeki fazla su alınarak levhalar basınç kaplarına konulmuş ve tarla kapasitesi için 1/3 atm, solma noktası için ise 15 atm basınç uygulanmıştır. Basınç uygulamasında su çıkışı durduğu anda (büret üzerinde görülebilir) basınç uygulamasına son verilmiştir. Basınç kaplarından çıkarılan toprak örnekleri hızla tartılarak kurutma fırınına alınmış ve 105 °C'de kurutulmuştur. Kaybolan nem, mutlak kuru toprağın tarla kapasitesi ve solma noktasında tuttuğu nem olarak %'de cinsinden hesaplanmıştır. Faydalanılabilir su ise, aynı toprak örneklerinin tarla kapasitesi (nem ekivaleni) miktarı, solma noktasındaki miktarından çıkarılarak %'de cinsinden hesaplanmıştır (Özyuvacı 1978).

Azot miktarı Behr yaş yakma otomatik tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Toprakların yararlanılabilir fosfor (P) miktarı, Bray ve Kurtz yöntemine göre Mildred Roy Spektrometric 20 D Spektrofotometresi kullanılarak toprak tahlil laboratuvarında yaptırılmıştır (Kalra ve Maynard 1991).

Toprakların Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Potasyum (K) miktarları, amonyum asetat yöntemine göre AA-6601 SHIMADZU Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak toprak tahlil laboratuvarına yaptırılmıştır (Page, 1982).

2.2.6 Toprak Solunumunun Belirlenmesi

Örnek alanlardaki toprak solunumu miktarındaki değişim oranları soda-kireç karışımı katı granüller kullanılarak tespit edilmiştir. Soda-kireç, NaOH+CaOH karışımından oluşup havadaki serbest CO₂'yi absorbe etme özelliğine sahiptir (Tüfekçioğlu ve ark. 2001). Araziye çıkılmadan önce laboratuvarında 60 g soda-kireç karışımı küçük kavanozlara konarak 105 °C de 24 saat süre ile etüvde kurutulup tartılmıştır. Tartılan bu soda-kireç örnekleri, araziye taşınmış ve bir gün önceden otlardan ve yeşil kısımlardan arındırılmış alanlara, 28-cm çapında yarım plastik kovaların altına konularak 24 saat süre ile bekletilmiştir. Her bir deneme alanında üç örnekleme yapılmıştır. Kovaların kenarları yukardan bastırılarak 1 cm kadar toprağa sokulmuş ve dışarıdan hava girişi engellenmiştir. Güneşin aşırı ısıtmasını engellenmek için plastik kovaların üzerine alüminyum folyolar konmuştur. Kovaların üzerine 3-5 kg ağırlığında taşlar konmuş ve kovalar sabitlenmiştir (Şekil 9). 24 saat sonra örnekler toplanarak tekrar laboratuvarında 105 °C de 24 saat süre ile bekletilerek kurutulup tartılmıştır. Elde edilen ağırlık farkı (kazancı) su faktörü de göz önünde tutularak araziden absorbe

edilen CO₂ miktarı belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve ark. 2001, Raich ve Tüfekçioğlu, 2000). Toprak solunumu ölçümleri dikimden önce başlanıp üç ay aralıklarla 2,5 yıl boyunca kış mevsimi hariç sürekli olarak yapılmıştır. Her bir ölçüm zamanında toplam 60 adet solunum örnekleme yapılmıştır. Solunum örnekleme yapılırken deneme alanlarının toprak nemi ve toprak sıcaklığı ölçümleri de yapılmıştır.



Şekil 9. Toprak solunumu ölçümü

2.2.7 Mikrobiyal Solunumun Belirlenmesi

Sakallı kızılâğaç ve doğu kayının saf ve karışık halde yetiştirildikleri deneme alanlarında üst toprakların (0-10 cm) mikrobiyal faaliyetindeki değişimini belirleyebilmek için bazal solunum ölçümleri yapılmıştır. Deneme alanlarından alınan toprak örnekleri Mikrobiyal aktivitenin etkilenmemesi için hemen sonra mini soğutuculara konulmuş +4 °C derecede laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarda kapalı kaplarda 7 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Kapalı bir sistem içerisindeki inkübasyon sırasında örnekler 1 M sodyum hidroksit (NaOH) verilmiştir. İnkübasyon sırasında karbondioksit (CO₂) sodyum hidroksit çözeltisi tarafından yakalanmaktadır. Daha sonra sodyum hidroksit çözeltisi hidroklorik asit ile titre edilmekte ve açığa çıkan CO₂ miktarı hesaplanmaktadır (Rowell 1994; Alef 1995). 10 g ağırlığında ikişer adet toprak örnekleri mm'lik elekten geçmiş (<2 mm) % 50-55 su tutma kapasitesinde 30 g taze toprak örneği 500 ml'lik cam kavanoz içerisine tartılmıştır. 25 ml'lik beher içerisine 10 ml 1 M sodyum hidroksit ilave edilmiştir. Beher, cam kavanozun tam ortasına altında toprak veya ölü örtü kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Cam kavanozun ağzı sıkı bir şekilde (kavanoz içerisine hava giriş ve çıkışı olmamasına son derece dikkat edilir) kapatılarak

parafilm ile sarılmıştır. İçerisinde ölü örtü veya toprak olmayan (kontrol=kör) ve sadece 10 ml 1 M sodyum hidroksit olan 2 adet cam şişe de aynı şekilde hazırlanmış ve etüve dikkatli bir şekilde yerleştirilmiştir. Etüvde 25 °C’de, 7 gün süreyle inkübasyona tabi tutulmuşlardır. Sürenin sonunda cam şişeler etüvden çıkarılmış, dikkatli bir şekilde kapakları açılmış ve cam şişenin içerisindeki beherde bulunan sodyum hidroksit 100 ml’lik erlene aktarılmıştır. 100 ml’lik erlende bulunan sodyum hidroksit solüsyonuna 0,5 M baryum klotritten (BaCl_2) 5 ml eklenmiştir. Elde edilen çözeltiye 10 damla fenol fitaleyin indikatöründen damlatılmış ve çözeltinin rengi mavimsi pembe olmuştur. Çözeltinin rengi renksiz oluncaya kadar 1 N hidroklorik asit ile dijital büret yardımıyla titrasyon yapılmıştır. Rengin döndüğü anda harcanan sarfiyat kaydedilmiştir. Bu işlemler sırasında kayıt edilen veriler yardımıyla topraktaki mikrobiyal solunum değerleri aşağıdaki formül kullanılarak $\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ ölü örtü (toprak) h-1 olarak hesaplanmıştır (Alef, 1995).

$$\text{CO}_2 (\mu\text{g}) \text{SW}^{-1} \text{t}^{-1} = \frac{(V_0 - V) \times N \times 2,2 \times 1000}{d_{wt} * h}$$

Burada;

SW = Fırın kurusu toprak ağırlığı (g)

t = inkübasyon süresi (saat = h)

Vo = Titrasyonda kör için harcanan hidroklorik asitin (HCl) hacmi (ml)

V = Titrasyonda örnek için harcanan hidroklorik asitin (HCl) hacmi (ml)

2,2 = Çevirme katsayısı (1 ml 0,1 M NaOH = 2,2 mg CO₂)

N = Hidroklorik asitin (HCl) gerçek normalitesi

1000 = miligramı mikrograma çevirme katsayısı

dwt = nemli topragın kuru ağırlığı (g)

h = inkübasyon süresi (saat)

Mikrobiyal solunum laboratuvar ölçümlerine ait resimler aşağıda verilmiştir.



Şekil 10. Mikrobiyal solunum değerleri ölçümü

2.2.8 Azot Mineralleşmesi Potansiyelinin Belirlenmesi

Mineralleşme ölçümleri üç ay aralıklarla 20 deneme alanında (5 adet kontrol, 5 adet saf doğu kayını, 5 adet saf sakallı kızılağaç ve 5 adet karışık yetiştirilen doğu kayını ve sakallı kızılağaç) 3 tekrarlı 0-5 ve 5-10 cm derinliklerden alınan toprak örnekleri üzerinde 24 ay boyunca yapılmıştır.

Toprakların mineral azot tayini “Mikrodestilasyon” yöntemine göre yapılmıştır (Bremner ve Keeney, 1965; Gerlach, 1973; Güteryüz 1992; Öztürk ve ark.,1997). Mikrodestilasyon yöntemine göre azot tayinin de ilk önce 40 gr taze toprak 500 ml erlen içerisine konulmuştur. Sonra üzerine 100 ml %1’lik $KAl(SO_4)_2$ çözeltisi ilave edilip düşey dönerli çalkalama cihazında 7 dakika/devir hızda 30 dakika çalkalanmıştır. Daha sonra siyah bantlı Whatman süzme kâğıdı ile süzülerek bir süzüntü elde edilmiş ve süzüntünün içerisinde mikrobiyal aktivitenin engellenmesi için bir miktar 20- 25 mg arasında thymol kristali ilave edilerek buzdolabında bekletilmiştir.

Elde edilen toprak süzöntüsünden 20'şer ml alınarak mikro-kjeldahl cihazının iki ağızlı balonuna konmuş ve balonlar destilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Çözeltinin bazikleşmesi için içerisine balonların yan kapakçıkları aracılığı ile 0,2 gr MgO ilave edilmiş ve cihazın kapağı kapatıldıktan sonra çözelti ortamına buhar gönderilmiştir. Çözeltideki amonyumun amonyağa dönüşmesi, bunda geri soğutucudan geçirilerek 200 mikrolitre karışık indikatör bulunan %2'lik 5 ml borik asit tarafından amonyum borat olarak tutulması sağlanmıştır. Bu damıtma işlemi 100 ml'lik taksimatlı erlen mayerde 50 ml amonyum borat çözeltisi birikinceye kadar devam edilmiştir. Altlıkta biriken amonyum borat çözeltisinden NH_4^+ -N tayin edilmiş örneklerin amonyum (NH_4) değerleri kayıt edilmiştir. Bundan sonra soğutucu altına ikinci bir altlık yerleştirilerek ve yan kapakçıklardan balondaki aynı çözeltiye 0.2 gr metal tuzu (Devardas Reagnez: %50 Cu, %45 Al, %5 Zn) eklenmiştir. Bazikleşen bu ortamda NO_2^- ve NO_3^- şeklindeki azotun amonyağa dönüşmesi sağlanmıştır. Metal ilavesinden sonra buhar muslukları kapatılarak NO_2^- ve NO_3^- tayini için damıtma işlemi yapılmış ve içinde 200 mikrolitre karışık indikatör ile %2'lik 5 ml borik asit bulunan altlıkta amonyum borat şeklinde tutulması sağlanmıştır. Bu aşamada Nitrat (NO_3) değerleri kayıt edilmiştir. Geri soğutucunun altındaki 100 ml'lik altlıkta biriken (50 ml) ve azot miktarına göre menekşeden yeşil renge dönüşen solüsyonlar 0.005 N H_2SO_4 ile geri titre edilmiş ve titrasyon sırasında harcanan miktardan hareketle mineral azot tayini hesaplamaları yapılmıştır (kg/ha). Azot mineralleşme ölçümlerine ait fotoğraflar aşağıda verilmiştir.



Şekil 11. Azot mineralleşme değerlerinin ölçümü

2.2.9 İstatistiki Analiz

Analizler yapılmadan önce SPSS istatistik paket programında tanımlayıcı istatistikler (Descriptive statistics) kullanılarak bütün değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediği belirlenmiştir. Değişkenlerin normal dağılım gösterip göstermediğini tespit etmek için Kolmogorov-Smirnov Z istatistiğine bakılmıştır. Kolmogorov-Smirnov Z istatistiğine göre bütün değişken verileri normal dağılım gösterdiğinden ($\alpha > 0.05$) analizlerde parametrik testler kullanılmıştır (Kalaycı, 2006).

Saf ve karışık halde yetiştirilen fidanların gelişimleri arasındaki farklılıklar t testi ile; genel toprak özellikleri, toprak solunumu, mikrobiyal solunum ve azot mineralleşmesinin deneme alanları ve yıllara göre farklılıkları ise ANOVA testi ile test edilmiştir.

Sakallı kızılâğaç ve doğu kayını fidanlarının kök boğazı çapı (KBÇ), fidan boyu (FB), gövde kuru ağırlığı (GKA) kök kuru ağırlığı (KKA), fidan kuru ağırlığı (FKA) ve yıllık halka genişlikleri (FHG) bakımından saf ve karışık olarak dikilen fidanlar arasında farklılıkların olup olmadığını

belirlemek için bağımsız iki örneklem t testi uygulanmıştır. T testinin uygulanmasında grup değişkeni olarak her bir tür için saf ve karışık dikimler, test değişkeni olarak KBÇ, FB, GKA, KKA, FKA ve FHG değerleri esas alınmıştır. Saf ve karışık deneme alanlarındaki fidanların gelişimlerinin kıyaslanmasında 2017 yılından 2014 yıllarındaki değerler çıkartılarak elde edilen artım değerleri kullanılmıştır.

Genel toprak özellikleri (tekstür, toprak reaksiyonu (pH), organik madde, makro besin elementleri, tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi), toprak solunumu, mikrobiyal solunum ve azot mineralleşmesi değerleri için deneme alanları (“Kontrol”, “Saf Sakallı kızılbaş alanları”, “Saf Doğu kayını alanları” ve “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş alanları”) arasındaki ve ölçüm zamanları (2014, 2015, 2016 ve 2017) arasındaki farklılıkların tespiti SPSS programında varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Ölçüm zamanlarının değişkenler açısından değerlendirilmesi hem her bir yıl ile bir önceki yılın verileri kıyaslanarak, hem de 2017 ile 2014 yılı verileri kıyaslanarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde değişkenlerin yıllar bazında ortalama değerleri kullanılmıştır.

Değişkenler arasındaki farklılıkların hangi deneme alanlarında ve hangi ölçüm zamanında olduğunu belirlemek için ise TUKEY HSD testi yapılmıştır. Farklılıklar deneme alanları için harflerle (a, b, c), ölçüm zamanları için ise rakamlarla (1, 2, 3) gösterilmiştir. Deneme alanları için grup farklılıkları tablo satırlarında, ölçüm zamanları için grup farklılıkları ise tablo sütunlarında belirtilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 Fidan Gelişimi

Sakallı kızılağaç, Doğu kayını ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını- Sakallı kızılağaç alanlarındaki fidanların kök boğazı çapları, fidan boyları, fidan taze ve kuru ağırlıkları (biyokütle) ile halka genişlikleri dikimlerden önce ve sonraki her yılın vejetasyon dönemi sonunda ölçülerek kayıt edilmiştir. Kök boğazı çapı, fidan boyu, fidan ağırlıkları ve halka genişliklerine ait bulgular aşağıda ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

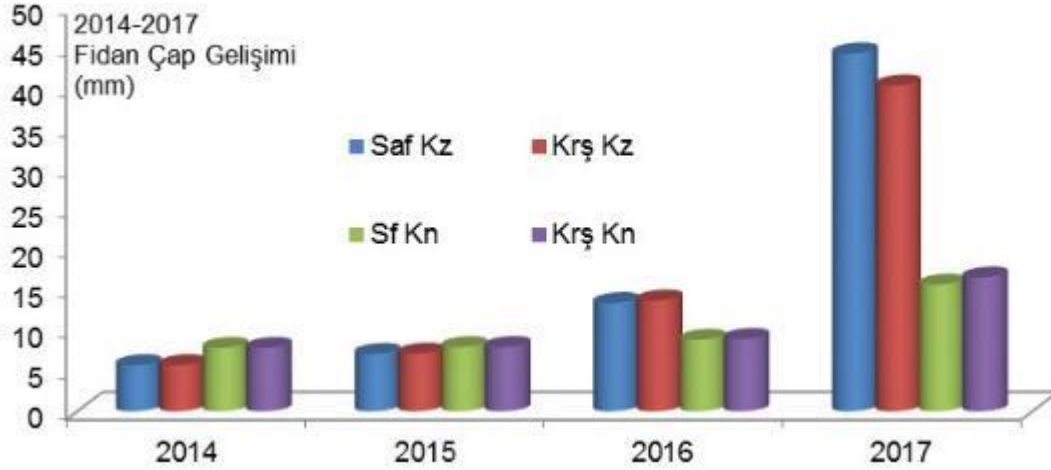
3.1.1 Kök Boğazı Çapı ve Fidan Boyu

Saf ve karışık halde yetiştirilmiş olan Sakallı kızılağaç (Kz) ve Doğu kayını (Kn) fidanlarının 2014 yılındaki dikimlerden sonra 2015, 2016 ve 2017 yılında ulaştıkları kök boğazı çapı (KBÇ) ve fidan boyu (FB) ortalama, maximum ve minimum değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Kök boğazı çapı ve fidan boyu ölçüm değerleri (2014, 2015, 2016)

Yıl	Dikim Şekli	Tür	Örnek Sayısı	Kök Boğazı Çapı			Fidan Boyu		
				Ort (m)	Min (mm)	Max (mm)	Ort (cm)	Min (cm)	Max (cm)
2014	Saf	Sakallı kızılağaç	1000	5.70	5.51	5.85	35.6	32.4	39.2
		Doğu kayını	1000	7.83	7.72	7.86	34.0	22.9	35.2
	Karışık	Sakallı kızılağaç	500	5.70	5.66	5.74	35.6	25.0	37.9
		Doğu kayını	500	7.83	7.80	7.85	34.0	33.0	34.9
2015	Saf	Sakallı kızılağaç	1000	7.10	6.78	7.21	112.4	88.5	132.5
		Doğu kayını	1000	7.93	7.88	7.98	40.9	36.8	44.2
	Karışık	Sakallı kızılağaç	500	7.14	7.05	7.21	115.3	90.5	124.9
		Doğu kayını	500	7.95	7.90	8.01	41.0	36.0	45.5
2016	Saf	Sakallı kızılağaç	1000	13.38	12.12	14.12	162.2	114.4	194.8
		Doğu kayını	1000	8.83	8.75	8.90	67.3	58.9	74.9
	Karışık	Sakallı kızılağaç	500	13.69	12.60	15.20	167.0	129.1	182.7
		Doğu kayını	500	8.94	8.78	9.07	74.3	60.4	89.7
2017	Saf	Sakallı kızılağaç	1000	44,21	33,82	57,72	261,48	214,38	381,33
		Doğu kayını	1000	15,64	13,46	17,95	94,47	74,48	114,87
	Karışık	Sakallı kızılağaç	500	40,24	31,7	49,76	258,91	148,37	365,82
		Doğu kayını	500	16,53	14,48	18,83	97,65	83,21	123,40

Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılâğaç ve Doğu kayını fidanlarının kök boğazı çapı artımını gösteren grafik Şekil 12’de, fidan boylarını gösteren grafik ise Şekil 13’da verilmiştir.



Şekil 12. Saf ve karışık olarak yetiştirilen Sakallı kızılâğaç ve Doğu kayını fidanlarının 2014-2017 yılları arasındaki yapmış olduğu ortalama kök boğazı çapı artım değerleri



Şekil 13. Saf ve karışık yetiştirilen Sakallı kızılâğaç ve Doğu kayını fidanlarının 2014- 2017 yılları arasındaki yapmış olduğu ortalama fidan boy artım değerleri

Sakallı kızılâğaç ve Doğu kayını fidanlarının birlikte yetiştirildiği alanlardaki 2014, 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait resimleri Şekil 14’de verilmiştir.



Şekil 14. 2014, 2015, 2016 ve 2017 yıllarında karışık olarak yetiştirilmiş olan Sakallı kızilağaç ve Doğu kayını deneme alanlarından görüntüler

3.1.1.1 Sakallı Kızılağaç

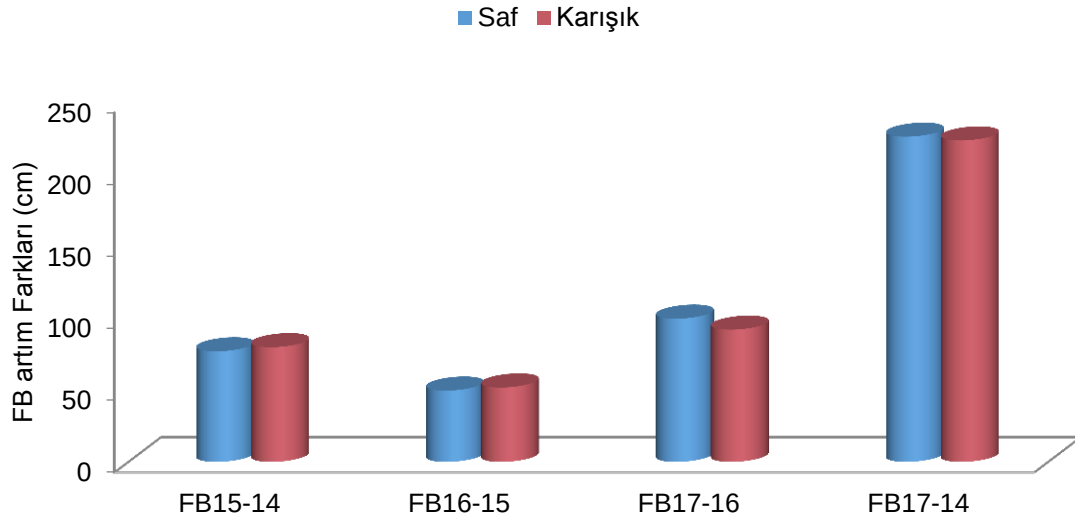
Proje alanında 4 yaşındaki Sakallı kızılağaç fidanları saf olarak yetiştirildiğinde ortalama 44,21 mm kök boğazı çapına ve 261,48 cm fidan boyuna ulaşmışlardır. Doğu kayını fidanları ile karışık olarak yetiştirildiklerinde ise saf yetiştirilmelerine oranla bir miktar daha az kök boğazı çapı ve fidan boyuna ulaşmışlardır. Karışık halde yetiştirildiklerinde sakallı kızılağaç fidanları ortalama 40,24 mm kök boğazı çapına ve 258,91 cm fidan boyuna ulaşmışlardır (Tablo 4).

2017 yılında ölçülen kök boğazı çapı ve fidan boyu değerlerinden 2014 yılında ölçülen kök boğazı çapı ve fidan boyu değerlerinin çıkarılması ile elde edilen verilerin istatistiki analizinde; saf kızılağaç fidanları lehine olan kök boğazı çapı değerleri artımlarının istatistiksel anlamda önemli olduğu ($\alpha < 0,05$), fidan boyu artımlarının ise istatistiksel anlamda önemli olmadığı ($\alpha > 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 4). Saf olarak yetiştirilen Sakallı kızılağaçlardaki KBÇ artım farkı, Doğu kayını ile birlikte yetiştirilen kızılağaçların KBÇ artım farkından daha fazladır (Şekil 15, Şekil 16). Sakallı kızılağaçların 2014-2017 yıllarındaki gelişimlerini gösteren fotoğraflar Şekil 17’de verilmiştir.

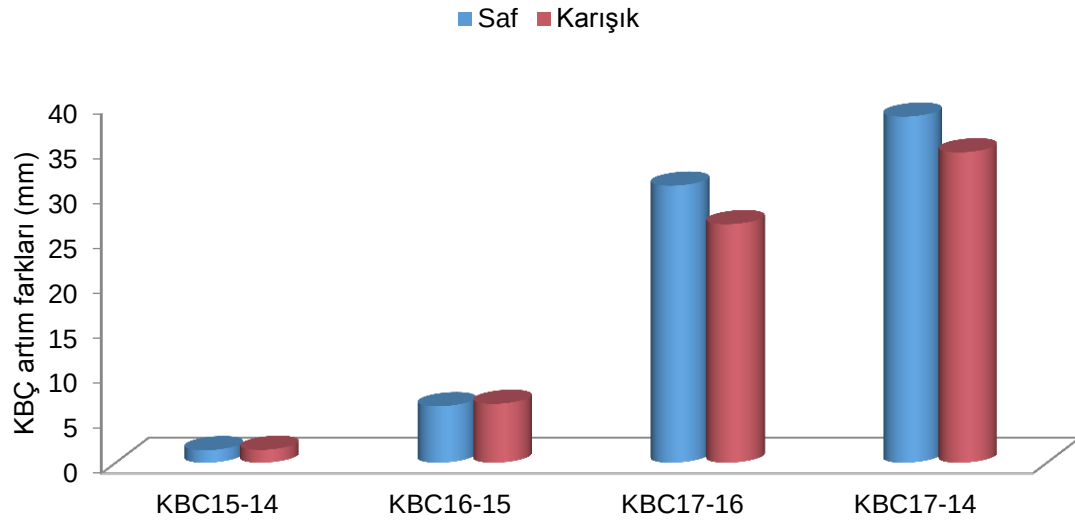
Tablo 4. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılağaç fidanlarının ortalama KBÇ ve FB artım farkları istatistikleri

Fark (2017-2014)	Levene Var. Testi		Ortalamaların Eşitliği T testi				
	F Oranı	Sig	T	Df	Sig. 2 tailed	Mean Diff.	Std. Err. Diff.
Kök Boğazı Çapı (mm)	6,580	0,031*	3,328	8 4,319	0,010 0,026**	4,897	13,08
Fidan Boyu (cm)	5,722	0,044*	0,573	4,506	0,582 0,594 _{ns}	23,638	14,74

* Varyans homojen olmadığı için ($\alpha < 0,05$) varyansın homojen olmadığı durumlardaki istatistik kullanılmıştır; ** $\alpha < 0,05$; ns $\alpha > 0,05$.



Şekil 15. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılâğaç fidanlarının yıllara göre ortalama FB artım farkları



Şekil 16. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılâğaç fidanlarının yıllara göre ortalama KBÇ artım farkları



Şekil 17 Saf olarak yetiştirilen Sakallı kızılâğaç fidanlarının gelişim süreci (2014-2017)

3.1.1.2 Doğu Kayını

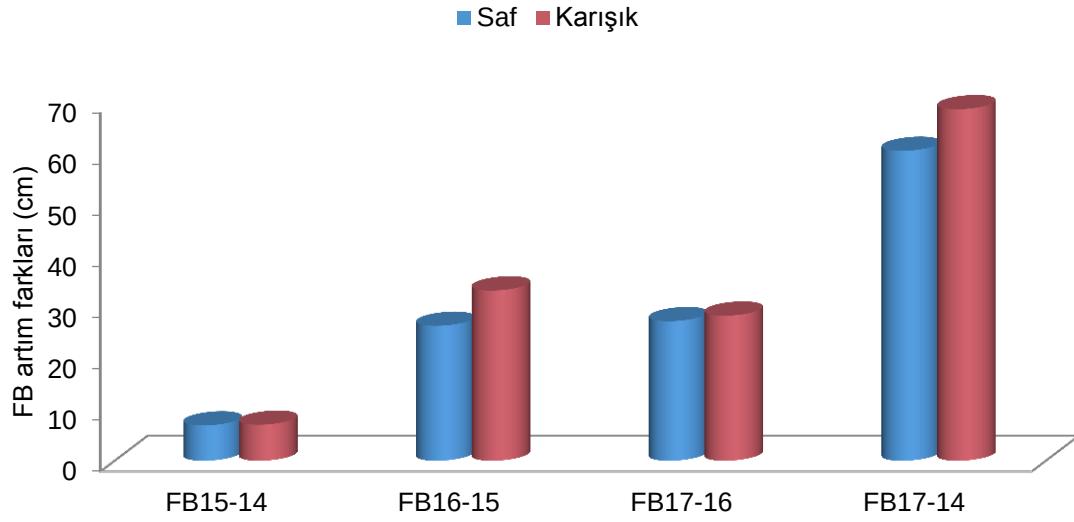
5 yaşındaki Doğu kayını fidanları saf halde yetiştirildiklerinde ortalama 15,64 mm kök boğaz çapına, 94,47 cm fidan boyuna ulaşmışlardır. Sakallı kızılbaş fidanları ile birlikte yetiştirildiklerinde ise daha fazla kök boğazı çapı ve fidan boyu artımı yapmışlardır. Şöyle ki; sakallı kızılbaş fidanları ile birlikte yetiştirildiklerinde ortalama 16,53 mm kök boğazı çapına ve ortalama 97,65 cm fidan boyuna ulaşmışlardır (Tablo 4, Şekil 20).

2017 yılında ölçülen kök boğazı çapı ve fidan boyu değerlerinden 2014 yılında ölçülen kök boğazı çapı ve fidan boyu değerlerinin çıkarılması ile elde edilen verilerin istatistiki analizinde karışık yetiştirilen doğu kayını fidanları lehine olan ortalama kök boğazı çapı ve fidan boyu değerleri artımlarının istatistiksel anlamda önemli olduğu ($\alpha < 0,05$) tespit edilmiştir (Tablo 5). Sakallı kızılbaş ile karışık olarak yetiştirilen kayınlarda hem FB hem de KBÇ artım farkları, saf olarak yetiştirilen kayınlardan artım farklarından fazladır (Şekil 18).

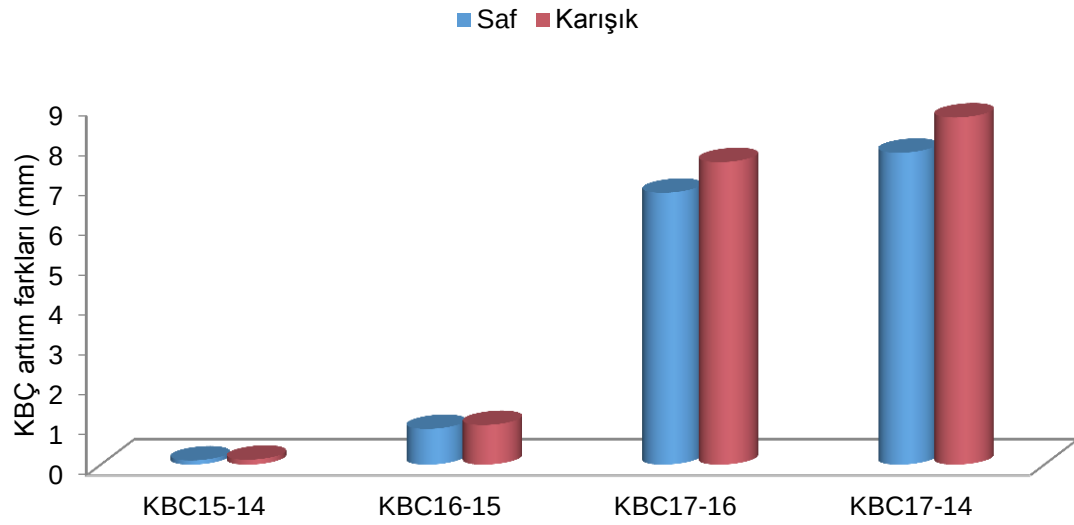
Tablo 5. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama KBÇ ve FB artım farkları istatistikleri

Fark (2017-2014)	Levene Var. Testi		Ortalamaların Eşitliği T testi				
	F	Sig	T	Df	Sig.	Mean	Std. Err.
	Oranı				2 tailed	Diff.	Diff.
Kök Boğazı Çapı (mm)	0,892	0,373*	-9,567	8	0,000**	4,897	13,08
Fidan Boyu (cm)	2,026	0,192*	-11,417	7,705	0,000		
					0,000**	23,638	14,74
				4,889	0,000		

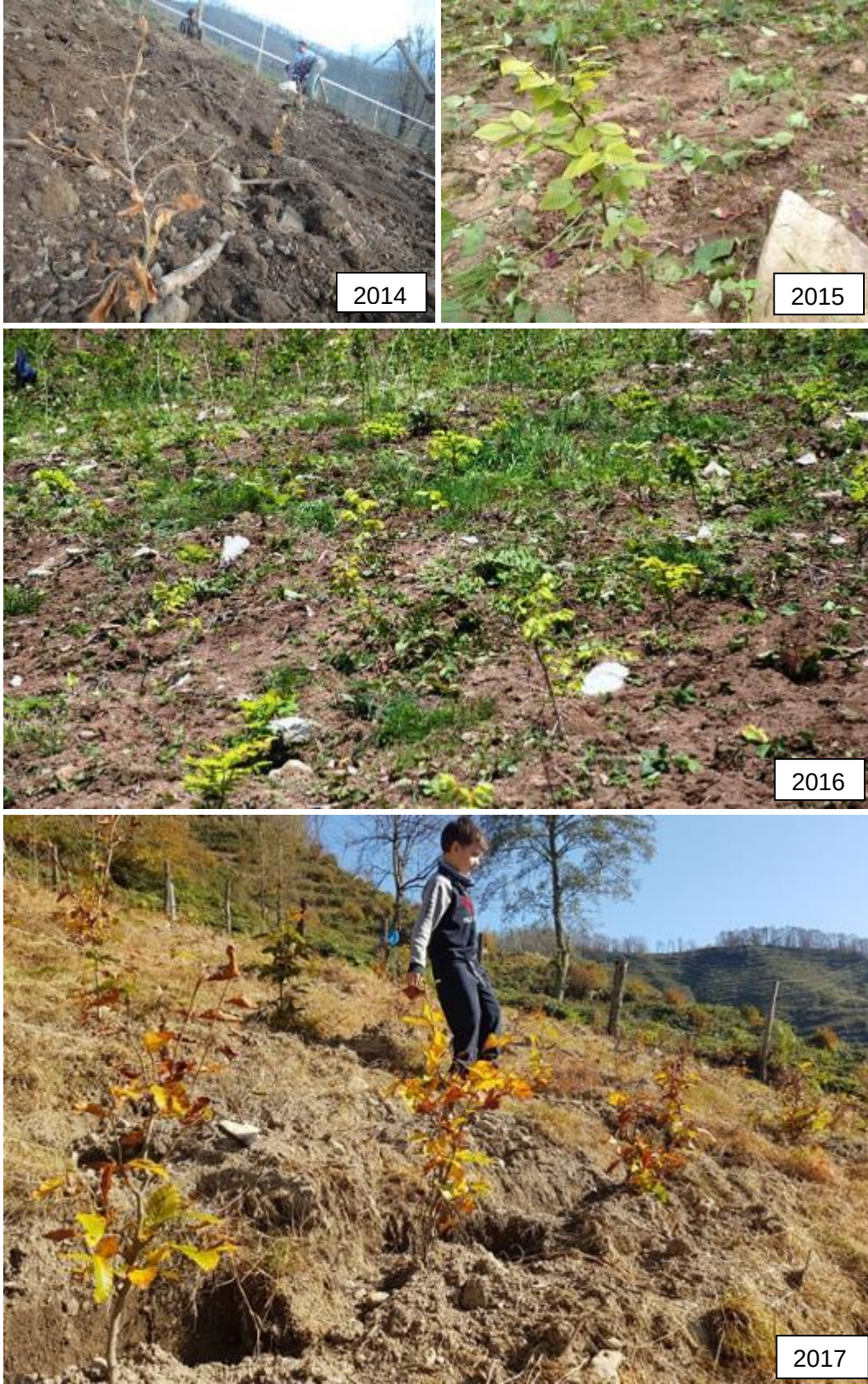
* Varyans homojen olduğu için ($\alpha > 0,05$) varyansın homojen olduğu durumlardaki istatistik kullanılmıştır. ** $\alpha < 0,05$



Şekil 18. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama FB artım farkları



Şekil 19. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama KBÇ artım farkları



Şekil 20. Saf olarak yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının gelişim süreci (2014-2017)

3.1.2 Biyokütle (Fidan Ağırlığı) Değişimi

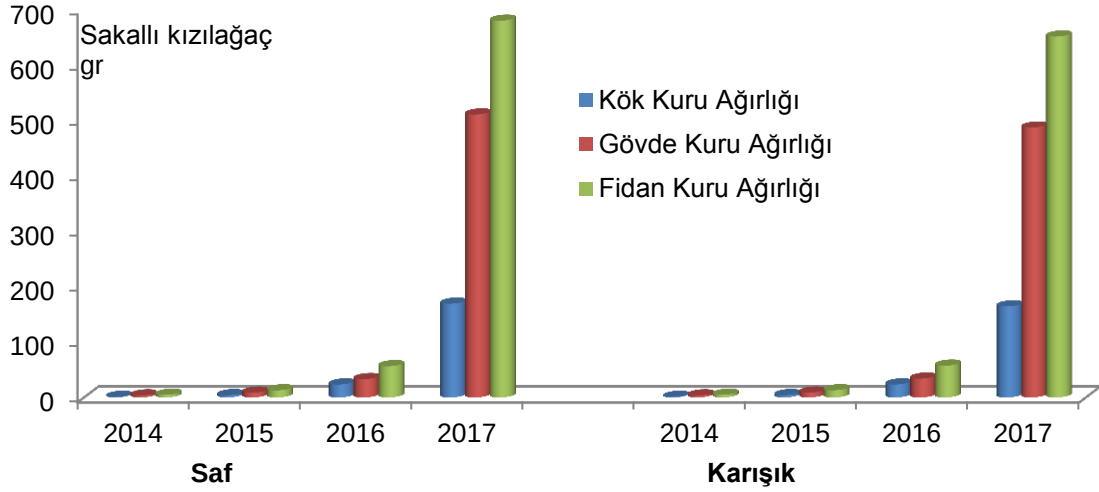
Saf ve karışık halde yetiştirilmiş olan Doğu kayını ve Sakallı kızılâğaç fidanlarının dikimden önce (2014) ve dikimden sonraki 2015, 2016 ve 2017 yıllarında ulaştığı ortalama biyokütle ((Kök taze ağırlığı (KTA), Gövde taze ağırlığı (GTA), Fidan taze ağırlığı (FTA), Kök kuru ağırlığı (KKA), Gövde kuru ağırlığı (GKA) ve Fidan kuru ağırlığı (FKA)) değerleri ölçülmüş ve elde edilen bulgular Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Fidan ağırlıkları (2014, 2015, 2016 ve 2017)

Türü	Gram	Örnek Sayısı	Saf Deneme Alanlarında (gr)				Karışık Deneme Alanlarında (gr)			
			2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
Sakallı kızılâğaç	KTA	30	3,48	8,03	58,45	262,21	3,48	8,07	59,56	246,91
	GTA	30	7,71	14,49	68,02	785,95	7,71	14,92	69,31	749,65
	FTA	30	11,19	22,52	126,47	1048,16	11,19	22,99	128,87	996,56
	KKA	30	1,15	4,19	23,40	169,28	1,15	4,22	23,47	164,38
	GKA	30	3,76	8,72	33,10	510,83	3,76	8,79	33,99	487,19
	FKA	30	4,91	12,9	56,50	680,11	4,91	13,01	57,46	651,58
Doğu kayını	KTA	30	10,48	11,15	39,62	65,22	10,48	11,14	40,95	67,33
	GTA	30	8,24	8,9	30,07	158,20	8,24	8,93	31,12	163,82
	FTA	30	18,72	20,05	69,69	232,42	18,72	20,07	72,07	231,15
	KKA	30	8,04	8,55	16,69	39,84	8,04	8,55	20,04	41,12
	GKA	30	6,17	6,64	13,94	104,39	6,17	6,66	14,55	109,80
	FKA	30	14,21	15,19	33,63	144,23	14,21	15,21	34,59	150,92

3.1.2.1 Sakallı Kızılâğaç Fidanları

Kuru ağırlıklar dikkate alındığında Sakallı kızılâğaç fidanları saf halde yetiştirildiklerinde 4 yaşında ortalama 169,28 gr kök kuru ağırlığına, 510, 83 gr gövde kuru ağırlığına toplamda 680,11 gr fidan kuru ağırlığına ulaşmışlardır. Sakallı kızılâğaç fidanları doğu kayını ile karışık halde yetiştirildiklerine ise saf halde yetiştirilmelerine oranla daha az bir ağırlık artımı yapmışlardır. Şöyle ki; doğu kayını fidanları ile birlikte yetiştirildiklerine 4 yaşında ortalama 164,38 gr kök kuru ağırlığına, 487,19 gr gövde kuru ağırlığına ve toplamda 651,58 gr fidan kuru ağırlığına ulaşmışlardır. Sakallı kızılâğaç fidanlarının saf ve karışık halde 2014 yılından itibaren 2017 yılına kadar kök, gövde ve fidan kuru ağırlıklarındaki gelişmeleri gösteren grafik Şekil 21'te verilmiştir.



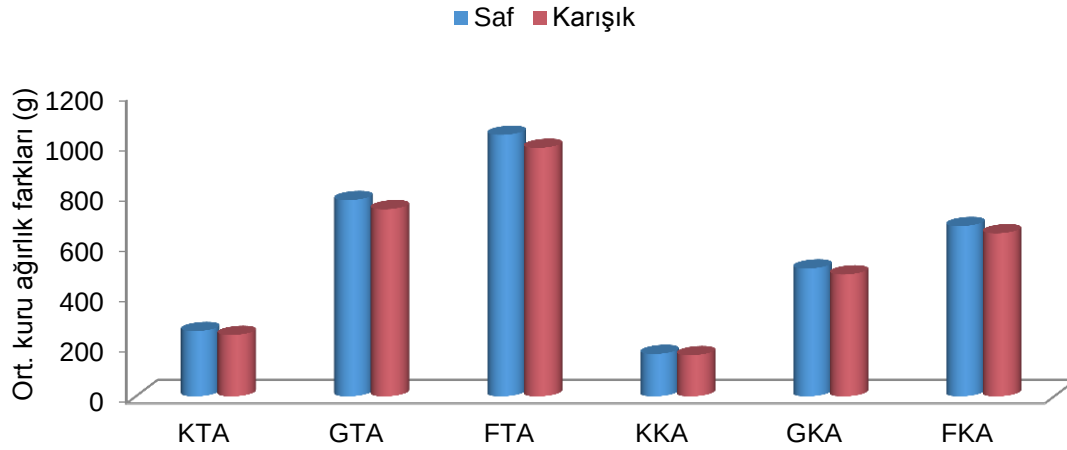
Şekil 21. Saf ve Doğu kayını fidanları ile birlikte yetiştirilen Sakallı kızılâğaçların kuru ağırlıkları (2014-2017)

2017 yılında ölçülen ağırlıklardan 2014 yılında ölçülen ağırlıkların çıkarılması ile elde edilen verilerin istatistiki analizinde saf Sakallı kızılâğaç fidanları lehine olan ağırlıkların önemli olmadığı ($\alpha > 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 7, Şekil 22).

Tablo 7. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılâğaç fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları istatistikleri

Ağırlık Farkları (2017-2014)	Levene Var. Testi		Ortalamaların Eşitliği T testi				
	F	Sig	T	Df	Sig. 2 tailed	Mean Diff.	Std. Err. Diff.
	Oranı						
Kök Kuru Ağırlığı	1,110	0,296*	0,374	58 35,081	0,710 _{ns} 0,710	4,897	13,08
Kök Kuru Ağırlığı	1,568	0,216*	1,604	58 52,355	0,114 _{ns} 0,115	23,638	14,74
Fidan Kuru Ağırlığı	0,000	0,998*	1,209	58 57,621	0,232 _{ns} 0,232	28,536	23,61

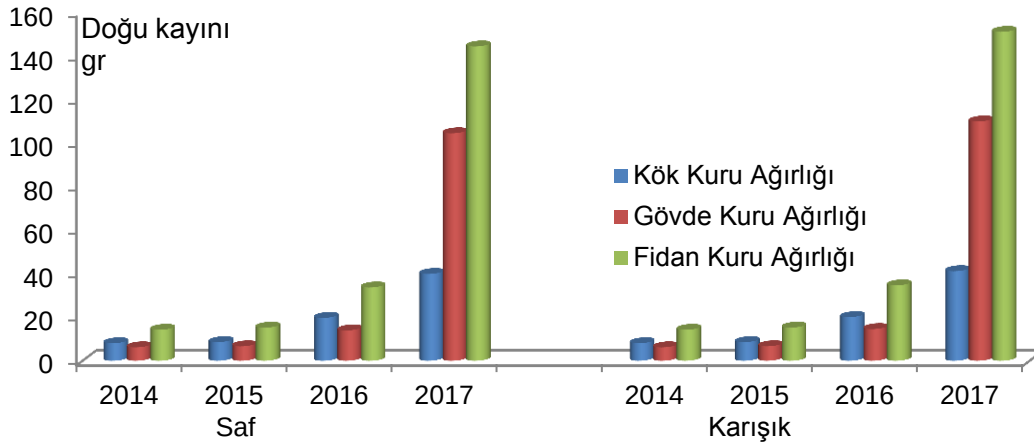
* Varyans homojen olduğu için ($\alpha > 0,05$) varyansın homojen olduğu durumlardaki istatistik kullanılmıştır. ns: $\alpha > 0,05$.



Şekil 22. Saf ve karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılâğaç fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları

3.1.2.2 Doğu Kayını Fidanları

Tablo 6'dan da görüleceği üzere kuru ağırlıklar dikkate alındığında Doğu kayını fidanları saf halde yetiştirildiklerinde 5 yaşında 39,84 gr kök kuru ağırlığına, 104,39 gr gövde kuru ağırlığına ve toplamda 144,23 gr fidan kuru ağırlığına ulaşmıştır. Doğu kayını fidanları Sakallı kızılâğaç fidanları ile karışık halde yetiştirildiklerine ise saf yetiştirilmelerine oranla daha fazla bir ağırlık artımı yapmışlardır. Şöyle ki; Sakallı kızılâğaç fidanları ile birlikte yetiştirildiklerine 5 yaşındaki Doğu kayını fidanları ortalama 41,12 gr kök kuru ağırlığı, 109,80 gr gövde kuru ağırlığı ve toplamda 150,92 gr fidan kuru ağırlığına ulaşmışlardır. Doğu kayını fidanlarının 2014 yılından itibaren 2017 yılına kadar kök, gövde ve fidan kuru ağırlıklarındaki gelişmeleri gösteren grafik Şekil 23'te verilmiştir.



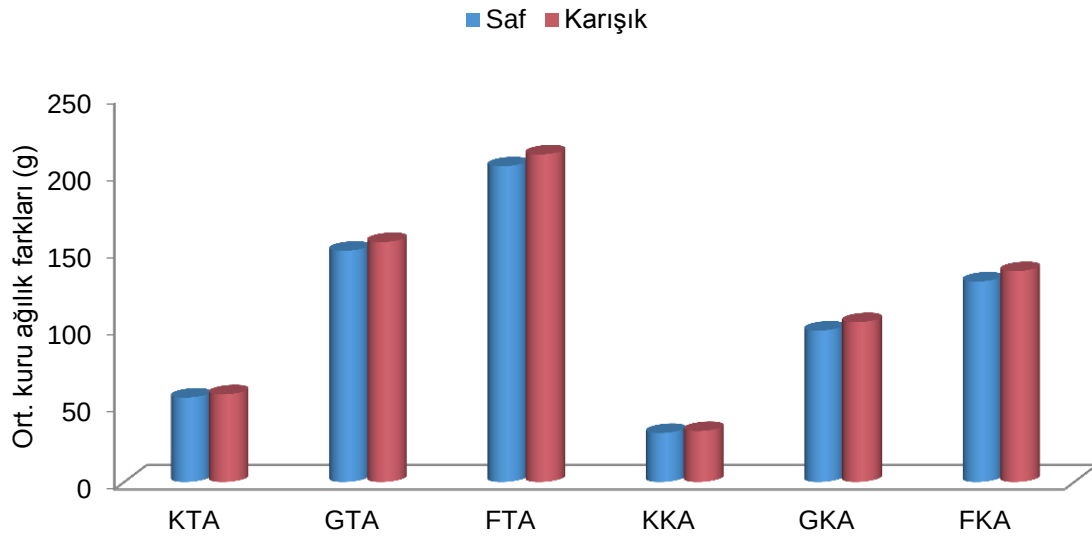
Şekil 23. Saf ve Sakallı kızılâğaç fidanları ile birlikte yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama kuru ağırlıkları (2014-2017)

2017 yılında ölçülen ağırlıklardan 2014 yılında ölçülen ağırlıkların çıkarılması ile elde edilen verilerin istatistiki analizinde karışık halde yetiştirilen doğu kayını fidanlarının saf halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarına göre kuru kök ağırlıkları, kuru gövde ağırlıkları ve kuru fidan ağırlıklarındaki farklılıkların istatistiksel anlamda önemli olduğu ($\alpha < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 8). Sakallı kızılâğaç ile birlikte karışık olarak yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ağırlıkları saf olarak yetiştirilen fidan ağırlıklarından daha fazladır (Şekil 24).

Tablo 8. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları istatistikleri

Ağırlık Farkları (2017-2014)	Levene Var. Testi		Ortalamaların Eşitliği T testi				
	F Oranı	Sig	T	Df	Sig. 2 tailed	Mean Diff.	Std. Er. Diff.
Kök Kuru Ağırlığı	1,236	0,271*	-3,772	58	0,000**	-1,280	13,08
				54,944	0,000		
Kök Kuru Ağırlığı	0,951	0,333*	-6,136	58	0,000**	-5,404	14,74
				55,346	0,000		
Fidan Kuru Ağırlığı	1,450	0,233*	-5,638	58	0,000**	-6,685	23,61
				54,774	0,000		

* Varyans homojen olduğu için ($\alpha > 0,05$) varyansın homojen olduğu durumlardaki istatistik kullanılmıştır. ** $\alpha < 0,00$.



Şekil 24. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama kuru ağırlık farkları

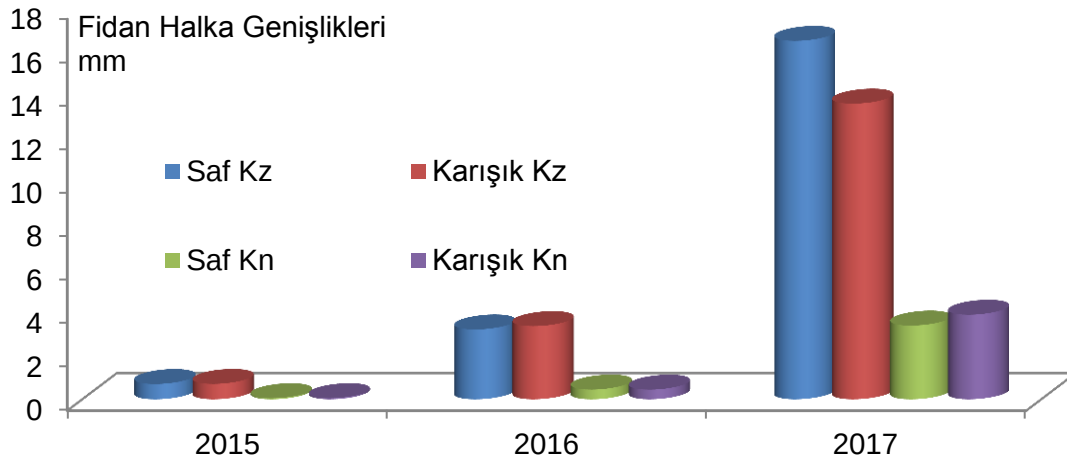
3.1.3 Fidan Halka Gelişimi

Saf ve karışık halde yetiştirilmiş olan Sakallı kızılgağaç ve Doğu kayını fidanlarının 2014 yılındaki dikimlerden sonra 2015, 2016 ve 2017 yılında ulaştıkları halka genişliklerinin ortalama, maximum ve minimum değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Fidan halka genişlikleri (mm)

Tür	Saf Krş	N	2015-2014			2016-2015			2017-2016			2017-2015
			Mm			mm			mm			Mm
			Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
Sakallı kızılgağaç	Saf	30	0,70	0,67	0,73	3,20	2,92	3,49	16,47	19,65	16,47	15,76
	Krş	30	0,71	0,66	0,75	3,36	2,97	3,80	13,59	10,67	17,40	12,88
Doğu kayını	Saf	30	0,05	0,04	0,06	0,45	0,43	0,47	3,39	2,46	4,24	3,34
	Krş	30	0,05	0,40	0,70	0,45	0,41	0,48	3,89	3,06	4,99	3,83

2015, 2016 ve 2017 yıllarında Sakallı kızılgağaç ve Doğu kayını fidanlarının yapmış oldukları halka genişlikleri karşılaştırmalı olarak gösteren grafik Şekil 25'de verilmiştir.



Şekil 25. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında ölçülen fidan halka genişlikleri

3.1.3.1 Sakallı Kızılağaçlarda Fidan Halka Gelişimi

Sakallı kızılğaç fidanları saf olarak yetiştirildiğinde; 2015 yılında ortalama 0,70 mm, 2016 yılında 3,20 mm, 2017 yılında 16,47 mm yıllık halka genişletmişlerdir. Dikimden sonra 2015 ile 2017 yılları arasındaki 3 yıllık halka genişlikleri toplamı ortalaması 15,76 mm olarak hesaplanmıştır. Doğu kayını fidanları ile karışık olarak yetiştirildiğinde ise sakallı kızılğaç fidanları 2015 yılında ortalama 0,71 mm, 2016 yılında 3,36 mm, 2017 yılında 13,59 mm yıllık halka genişletmişlerdir. Sakallı kızılğaç fidanlarının dikimden sonraki 2015 ile 2017 yılları arasındaki 3 yıllık halka genişlikleri toplam ortalaması 12,88 olarak hesaplanmıştır (Tablo 9).

Dikimden sonraki 3 yıllık halka genişlikleri toplamı ortalaması saf olarak dikilen kızılğaçlarda daha fazla bulunmuştur. T testi sonuçlarına göre saf olarak yetiştirilen Sakallı kızılğaç fidanları ile Doğu kayını ile karışık yetiştirilen sakallı kızılğaç fidanlarının halka genişlikleri arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemli olduğu ($\alpha < 0,05$) belirlenmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Saf ve Doğu kayını fidanları ile karışık halde yetiştirilen Sakallı kızılğaç fidanlarının ortalama fidan halka genişlikleri farkı istatistikleri

Toplan FHG (2017-2014)	Levene Var. Testi		Ortalamaların Eşitliği T testi				
	F Oranı	Sig	T	Df	Sig. 2 tailed	Mean Diff.	Std. Er. Diff.
Sakallı kızılğaç	0,800	0,778	6,700	58	0,000**	2,887	0,430
				57,840	0,000		

* Varyans homojen olduğu için ($\alpha > 0,05$) varyansın homojen olduğu durumlardaki istatistik kullanılmıştır. ** $\alpha < 0,00$.

3.1.3.2 Doğu Kayını Fidanlarının Halka Genişlikleri

Doğu kayını fidanları saf olarak yetiştirildiğinde 2015 yılında ortalama 0,05 mm, 2016 yılında 0,45 mm, 2017 yılında 3,39 mm yıllık halka genişletmişlerdir. Dikimden sonra 2015 ile 2017 yılları arasındaki 3 yıl içerisinde ortalama toplam 3,34 mm halka genişletmişlerdir. Karışık olarak yetiştirildiğinde 2015 yılında ortalama 0,05 mm, 2016 yılında 0,45 mm, 2017 yılında 3,89 mm yıllık halka genişletmişlerdir. Dikimden sonraki 2015 ile 2017 yılları arasındaki 3 yıllık halka genişlikleri toplamı ortalaması 3,83 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 9).

2015 ile 2017 yılları arasındaki halka genişlikleri toplamı ortalaması karışık olarak dikilen Doğu kayını fidanlarında daha fazla bulunmuştur. T testi sonuçlarına göre saf olarak yetiştirilen Doğu kayını fidanları ile karışık yetiştirilen Sakallı kızılğaç fidanlarının halka

genişlikleri arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemli olduğu ($\alpha < 0,05$) anlaşılmıştır (Tablo 11) .

Tablo 11. Saf ve karışık halde yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının ortalama fidan halka genişlikleri farkı istatistikleri

FHG (2017-2014)	Levene Var. Testi		Ortalamaların Eşitliği T testi				
	F Oranı	Sig	T	Df	Sig. 2 tailed	Mean Diff.	Std. Er. Diff.
Sakallı kızılgağaç	0,424	0,518*	-4,055	58 57,450	0,000** 0,000	-0,497	0,122

* Varyans homojen olduğu için ($\alpha > 0,05$) varyansın homojen olduğu durumlardaki istatistik kullanılmıştır. ** $\alpha < 0,00$.

3.2 Genel Toprak Özellikleri

2014 yılında arazi hazırlığı ve toprak işleme çalışmalarından sonra dikimlerden önce başlanılıp ve proje sonuna kadar üçer aylık sürelerde (kış mevsimi hariç) deneme alanlarından toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri üzerinde tekstür (%kum, %kil ve %toz), toprak reaksiyonu (pH), organik madde, makro besin elementleri (Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na)) analizleri yapılmıştır. Ayrıca topraklardaki tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi miktarları da takip edilmiştir.

3.2.1 Tekstür

Deneme alanlarının tamamının tekstürü kumlu balçıktır. 2014 yılında ilk alınan toprak örnekleri ile 2017 yılında alınan toprak örneklerinin analizinde genel anlamda toprak tekstürü değişmemiştir. Kum, kil ve toz yüzdeleri miktarlarında farklılıklar olmuştur. Bu farklılıkların nasıl olduğu aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir.

3.2.1.1 Kum

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılgağaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç” ve “kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen kum yüzdesi değerleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo verilerinden anlaşılacağı üzere; 0-5 cm derinlik kademesinde Doğu kayını alanlarında kum yüzdesi miktarlarında azalma görülürken diğerlerinde artma olmuştur. 5-10 cm derinlik kademesinde karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç alanlarındaki kum miktarında azalma, diğer alanlarda artma olmuştur. 10-30 cm derinlik kademesinde doğu kayını alanlarının kum miktarlarında azalma, diğer alanlarda artma olmuştur.

Deneme alanlarındaki toprakların kum yüzdesi miktarlarındaki artma ve azalmaların dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre kum yüzdesi değişiminin istatistiki anlamda farklı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 12), ($\alpha > 0,05$).

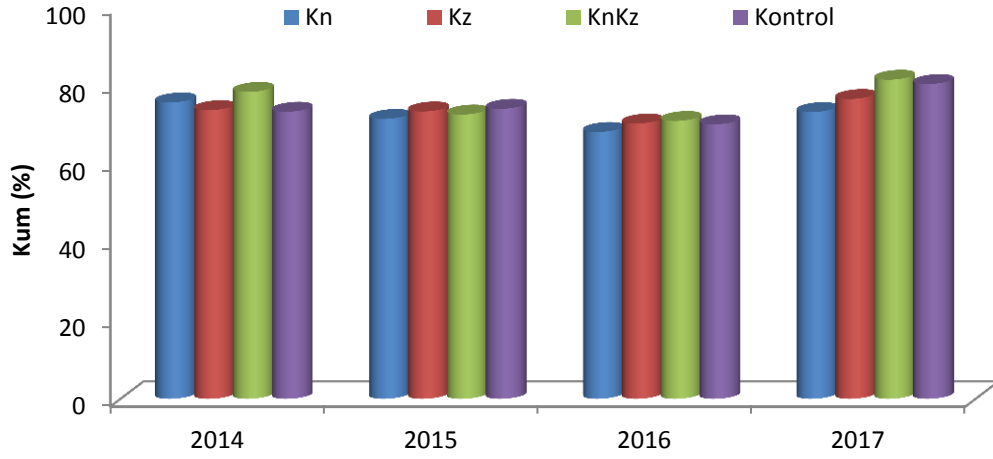
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde % kum oranındaki artma ve azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanlarının en az birinde farklılık olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 12’de verilmiştir. Doğu kayını, Karışık Doğu kayını- Sakallı kızılgağaç ve Kontrol deneme alanı gruplarında yıllara göre kum yüzdesinde değişim oranlarında anlamlı farklılıklar ($\alpha < 0,05$) bulunurken, Sakallı kızılgağaç deneme alanlarının her üç toprak derinlik kademesinde kum yüzdesindeki farklılıklar anlamlı bulunmamıştır ($\alpha > 0,05$).

Tablo 12. Kum (%) değerleri (2014-2017)

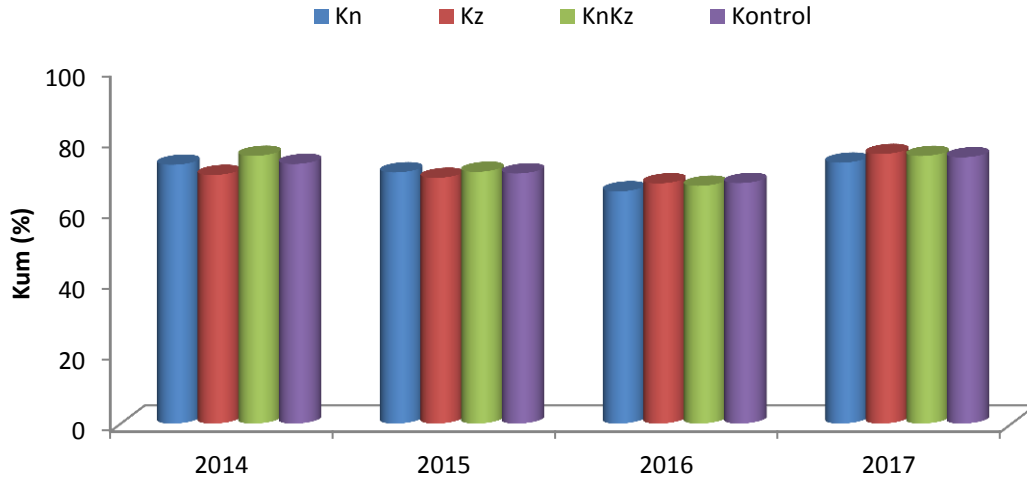
Yıllar	Derinlik Kademesi	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	75,64 ^{a1}	73,66 ^{a1}	78,32 ^{a1}	73,26 ^{a12}
2015	0-5 cm	71,42 ^{a12}	73,33 ^{a1}	72,55 ^{a1}	74,00 ^{a12}
2016	0-5 cm	68,10 ^{a12}	70,25 ^{a1}	70,91 ^{a1}	70,04 ^{a1}
2017	0-5 cm	73,17 ^{a2}	76,51 ^{a1}	81,43 ^{a2}	80,33 ^{a2}
2014	5-10 cm	72,91 ^{a1}	70,03 ^{a1}	75,40 ^{a1}	73,14 ^{a1}
2015	5-10 cm	70,76 ^{a12}	69,21 ^{a1}	70,91 ^{a12}	70,47 ^{a12}
2016	5-10 cm	65,41 ^{a2}	67,66 ^{a1}	66,97 ^{a1}	67,75 ^{a2}
2017	5-10 cm	73,49 ^{a1}	75,94 ^{a1}	75,37 ^{a2}	75,00 ^{a1}
2014	10-30 cm	74,53 ^{a1}	74,16 ^{a1}	77,38 ^{a1}	73,68 ^{a12}
2015	10-30 cm	70,46 ^{a1}	71,23 ^{a1}	71,99 ^{a12}	71,16 ^{a12}
2016	10-30 cm	64,94 ^{a2}	68,53 ^{a1}	66,74 ^{a2}	66,35 ^{a2}
2017	10-30 cm	70,06 ^{a1}	75,94 ^{a1}	78,11 ^{a1}	76,87 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar) (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar) (sütunlar)

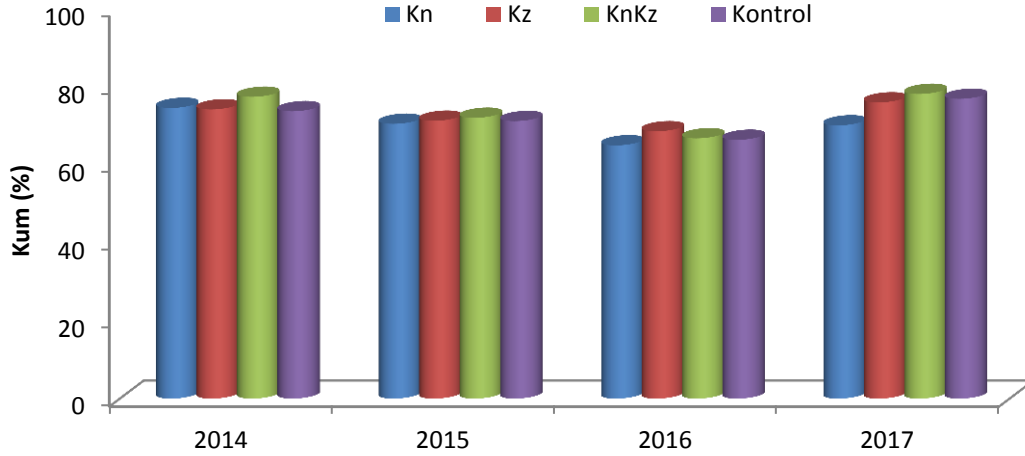
Deneme alanlarındaki kum yüzdelерinin değışimlerini gösteren grafikler Şekil 26, Şekil 27 ve Şekil 28.'te verilmiştir.



Şekil 26. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kum (%) değeri değışimi



Şekil 27. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kum (%) değeri değışimi



Şekil 28. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kum (%) değerleri değişimi

3.2.1.2 Kil

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen kil yüzdeleri Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; kil yüzdeleri 0-5 cm derinlik kademesinde; doğu kayını alanlarında bir miktar artma, sakallı kızılâğaç, karışık doğu kayını-sakallı kızılâğaç ve kontrol sahalarında ciddi miktarlarda azalmalar göstermiştir. 5-10 cm derinlik kademesinde; doğu kayını ve sakallı kızılâğaç alanlarında azalma, karışık doğu kayını-sakallı kızılâğaç ve kontrol sahalarında kil miktarında artmalar olmuştur. 10-30 cm derinlik kademesinde ise doğu kayını sahalarında artma, sakallı kızılâğaç, karışık doğu kayını-sakallı kızılâğaç ve kontrol sahalarında ise azalmalar olmuştur.

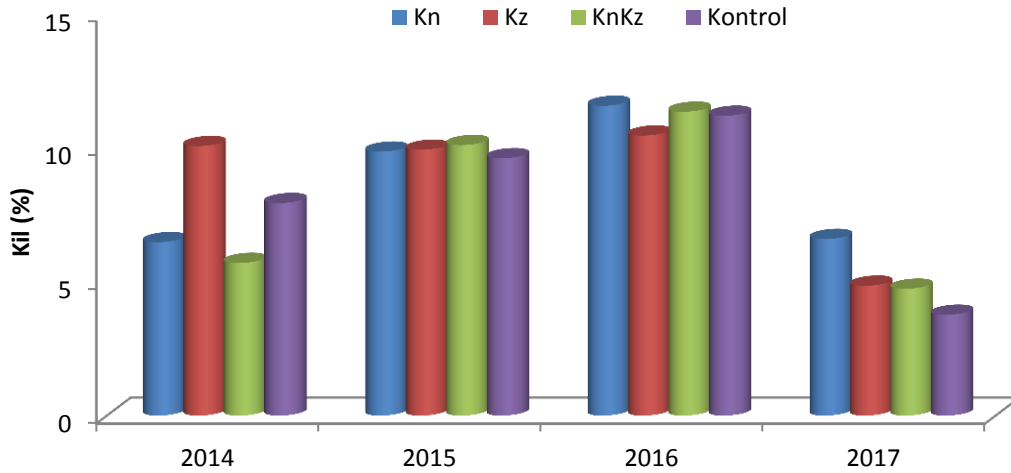
Deneme alanlarındaki toprakların kil yüzdelesindeki artma ve azalmaların dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre kil yüzdeleri değişiminin istatistiki anlamda farklı olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 13), ($\alpha > 0,05$).

Tablo 13. Kil (%) değerleri (2014-2017)

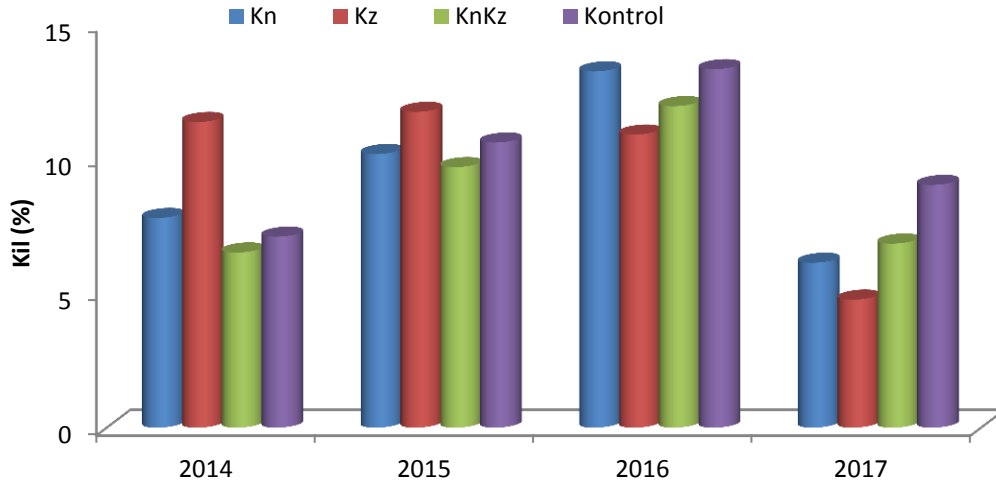
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	6,47 ^{a1}	10,06 ^{a12}	5,70 ^{a12}	7,93 ^{a1}
2015	0-5 cm	9,85 ^{a12}	9,92 ^{a12}	10,09 ^{a23}	9,60 ^{a1}
2016	0-5 cm	11,56 ^{a2}	10,45 ^{a1}	11,34 ^{a3}	11,19 ^{a1}
2017	0-5 cm	6,59 ^{a1}	4,85 ^{a2}	4,73 ^{a1}	3,76 ^{a1}
2014	5-10 cm	7,80 ^{a12}	11,37 ^{a12}	6,51 ^{a1}	7,10 ^{a1}
2015	5-10 cm	10,18 ^{a12}	11,74 ^{a1}	9,69 ^{a1}	10,60 ^{a1}
2016	5-10 cm	13,25 ^{a1}	10,90 ^{a12}	11,96 ^{a1}	13,33 ^{a1}
2017	5-10 cm	6,13 ^{a2}	4,76 ^{a2}	6,85 ^{a1}	9,03 ^{a1}
2014	10-30 cm	7,30 ^{a1}	9,45 ^{a12}	7,24 ^{a1}	9,11 ^{a12}
2015	10-30 cm	11,33 ^{a12}	10,81 ^{a12}	9,96 ^{a12}	10,11 ^{a12}
2016	10-30 cm	13,46 ^{a2}	12,45 ^{a1}	12,57 ^{a2}	13,78 ^{a2}
2017	10-30 cm	9,07 ^{a12}	5,13 ^{a2}	5,56 ^{a1}	4,56 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

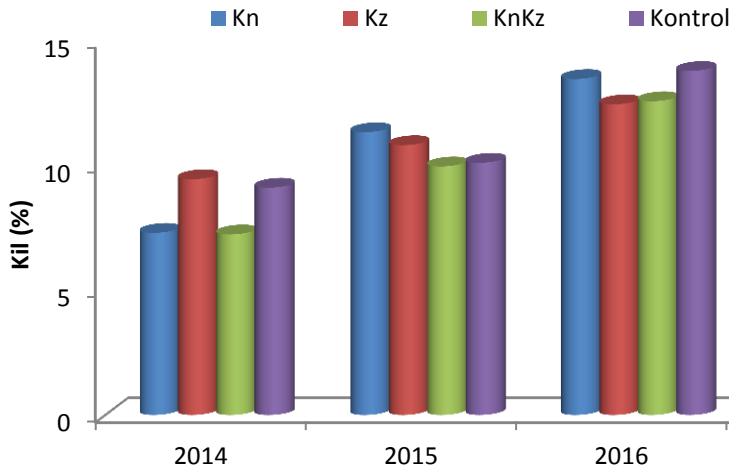
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde kil yüzdesi oranındaki artma ve azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 13’de verilmiştir. Yıllara göre kil yüzdesi miktarındaki farklılıklar bütün deneme alanı gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($\alpha < 0,05$). Deneme alanlarındaki kil yüzdesi değişimlerini gösteren grafikler Şekil 29, Şekil 30 ve Şekil 31’de verilmiştir.



Şekil 29. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kil (%) değerleri değişimi



Şekil 30. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kil (%) değerleri değişimi



Şekil 31. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kil (%) değerleri değişimi

3.2.1.3 Toz

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen toz yüzdesi değerleri Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; toz yüzdesi miktarlarında 0-5 cm derinlik kademesinde; Doğu kayını ve Sakallı kızılâğaç alanlarında bir miktar artma, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç ve Kontrol deneme alanlarında azalmalar olmuştur. 5-10 cm derinlik kademesinde; de benzer şekilde Doğu kayını ve Sakallı kızılâğaç alanlarında bir miktar

artma, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç ve Kontrol sahalarında azalmalar olmuştur. 10-30 cm derinlik kademesinde ise deneme alanları gruplarının tamamında bütün derinlik kademelerinde artmalar olmuştur.

Deneme alanlarındaki toprakların toz yüzdesi miktarındaki artma ve azalmaların dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre toz yüzdeleri değişiminin istatistiki anlamda farklı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 14), ($\alpha > 0,05$).

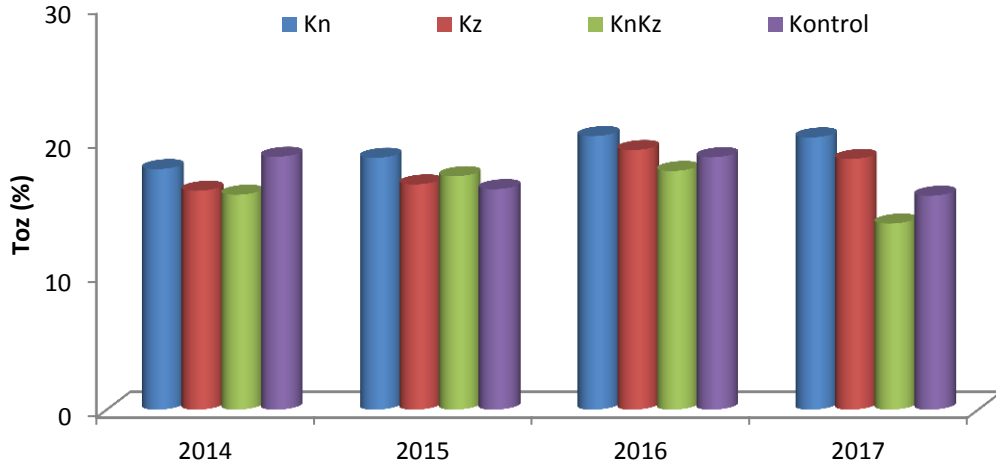
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde toz yüzdesi oranındaki artma ve azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 14'te verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç deneme alanlarının 10-30 cm derinlik kademesinde toz yüzdesi miktarı değişiminde anlamlı farklılıklar ($\alpha < 0,05$) bulunurken diğer deneme alanlarının bütün derinlik kademelerinde ve zaman aralıklarında istatistiki anlamda fark olmadığı anlaşılmıştır ($\alpha > 0,05$).

Tablo 14. Toz (%) değerleri (2014-2017)

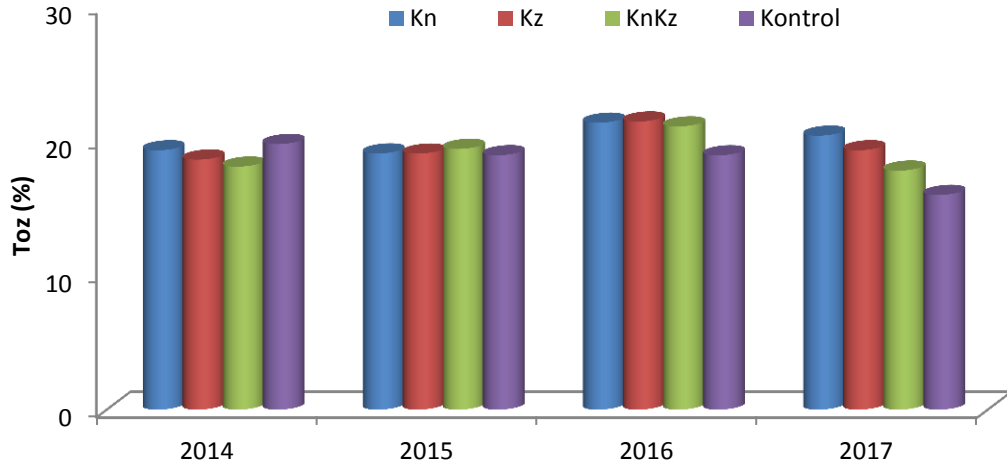
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	17,9 ^{a1}	16,3 ^{a1}	16,0 ^{a1}	18,8 ^{a1}
2015	0-5 cm	18,7 ^{a1}	16,8 ^{a1}	17,4 ^{a1}	16,4 ^{a1}
2016	0-5 cm	20,3 ^{a1}	19,3 ^{a1}	17,8 ^{a1}	18,8 ^{a1}
2017	0-5 cm	20,2 ^{a1}	18,6 ^{a1}	13,8 ^{a1}	15,9 ^{a1}
2014	5-10 cm	19,3 ^{a1}	18,6 ^{a1}	18,1 ^{a1}	19,8 ^{a1}
2015	5-10 cm	19,1 ^{a1}	19,0 ^{a1}	19,4 ^{a1}	18,9 ^{a1}
2016	5-10 cm	21,3 ^{a1}	21,4 ^{a1}	21,1 ^{a1}	18,9 ^{a1}
2017	5-10 cm	20,4 ^{a1}	19,3 ^{a1}	17,8 ^{a1}	16,0 ^{a1}
2014	10-30 cm	18,2 ^{a1}	16,4 ^{a1}	15,4 ^{a1}	17,2 ^{a1}
2015	10-30 cm	18,2 ^{a1}	18,0 ^{a1}	18,1 ^{a12}	18,7 ^{a1}
2016	10-30 cm	21,6 ^{a1}	19,0 ^{a1}	20,7 ^{a2}	19,9 ^{a1}
2017	10-30 cm	20,9 ^{a1}	18,9 ^{a1}	16,3 ^{a12}	18,6 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

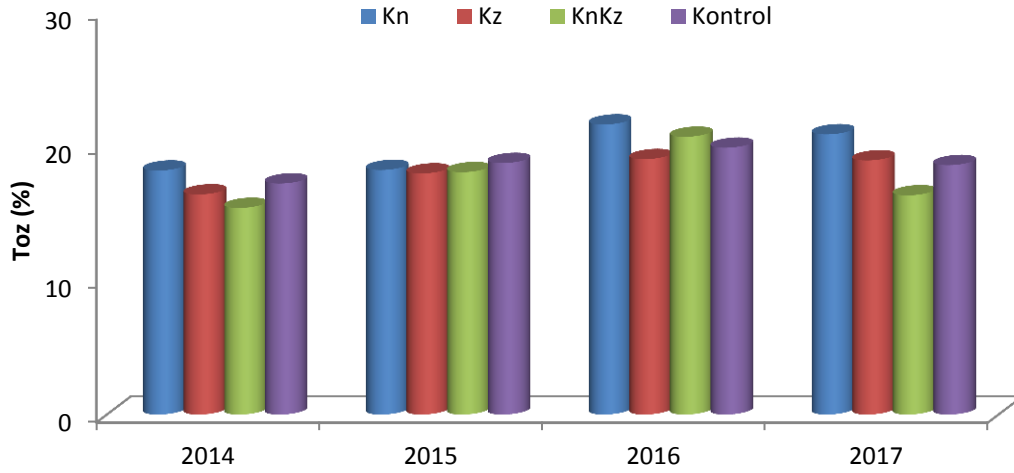
Deneme alanlarındaki toz yüzdelерinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 32, Şekil 33 ve Şekil 34'da verilmiştir.



Şekil 32. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toz (%) değerleri değişimi



Şekil 33. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toz (%) değerleri değişimi



Şekil 34. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toz (%) değerleri değişimi

3.2.2 Toprak Reaksiyonu (pH)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen toprak reaksiyonu (pH) değerleri Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; toprak reaksiyonu (pH) değerleri her üç derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10 cm, 10-30 cm) doğu kayını ve sakallı kızılâğaç, karışık doğu kayını-sakallı kızılâğaç ve kontrol alanlarında artmıştır.

Deneme alanlarındaki toprakların toprak reaksiyonu (pH) miktarındaki artmaların dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre toprak reaksiyonu (pH) değerleri değişiminin istatistiki anlamda farklı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 15), ($\alpha > 0,05$).

Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde toprak reaksiyonu (pH) oranındaki artmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 15’te verilmiştir. Tablo verilerinden anlaşılabacağı üzere 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademesinde toprak reaksiyonu değerleri bütün deneme alanı gruplarında anlamlı bir şekilde artmıştır. 10-30 cm derinlik kademesinde kontrol alanlarındaki artışların istatistiki olarak

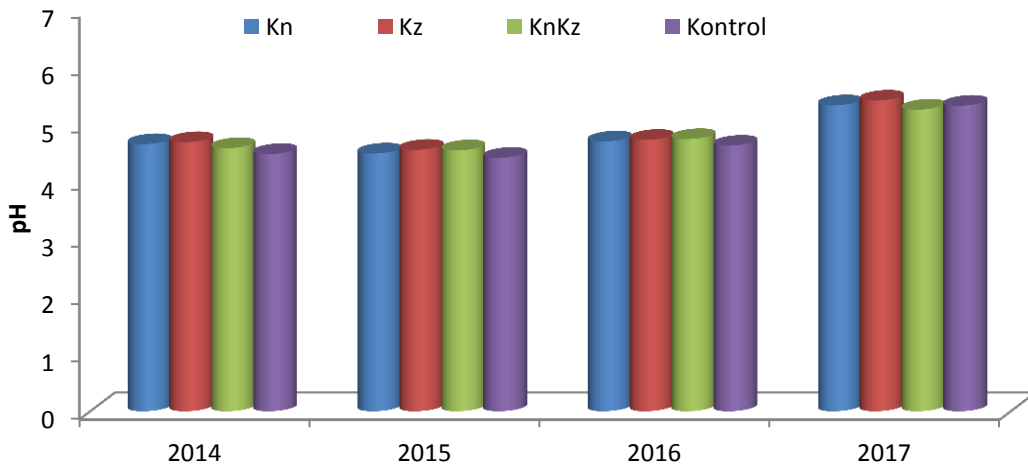
önemli artış göstermediği ($\alpha>0,05$) diğer deneme alanlarındaki artışın ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($\alpha<0,05$).

Tablo 15. Toprak reaksiyonu (pH) değerleri (2014-2017)

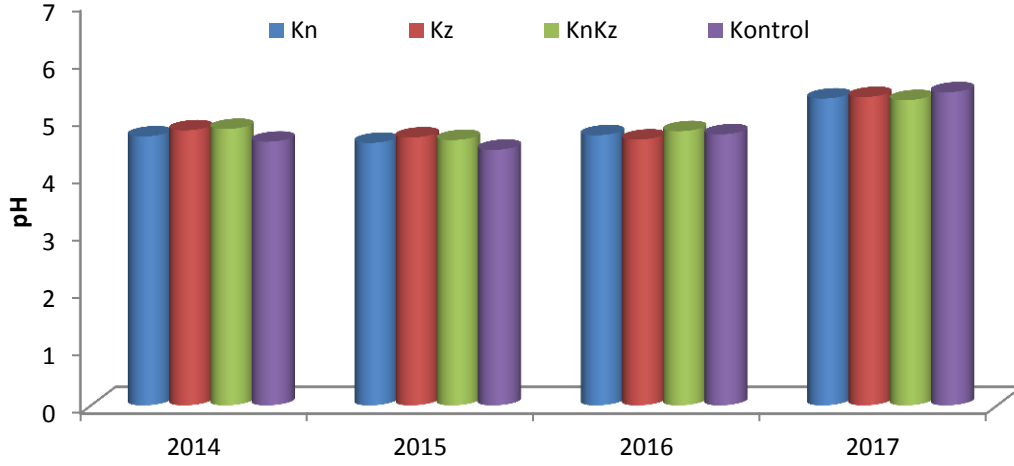
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	4,65 ^{a1}	4,69 ^{a1}	4,58 ^{a1}	4,48 ^{a1}
2015	0-5 cm	4,49 ^{a1}	4,55 ^{a1}	4,54 ^{a1}	4,41 ^{a1}
2016	0-5 cm	4,70 ^{a1}	4,73 ^{a1}	4,74 ^{a1}	4,62 ^{a12}
2017	0-5 cm	5,33 ^{a2}	5,41 ^{a2}	5,25 ^{a2}	5,32 ^{a2}
2014	5-10 cm	4,68 ^{a1}	4,78 ^{a1}	4,81 ^{a1}	4,59 ^{a1}
2015	5-10 cm	4,57 ^{a1}	4,66 ^{a1}	4,62 ^{a1}	4,45 ^{a1}
2016	5-10 cm	4,70 ^{a1}	4,62 ^{a1}	4,77 ^{a1}	4,71 ^{a1}
2017	5-10 cm	5,34 ^{a2}	5,36 ^{a2}	5,31 ^{a2}	5,45 ^{a2}
2014	10-30 cm	4,84 ^{a1}	5,02 ^{a12}	4,78 ^{a1}	5,21 ^{a1}
2015	10-30 cm	4,68 ^{a1}	4,71 ^{a1}	4,72 ^{a1}	4,55 ^{a1}
2016	10-30 cm	4,79 ^{a1}	4,87 ^{a1}	4,89 ^{a1}	4,77 ^{a1}
2017	10-30 cm	5,44 ^{a2}	5,46 ^{a2}	5,38 ^{a2}	5,64 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

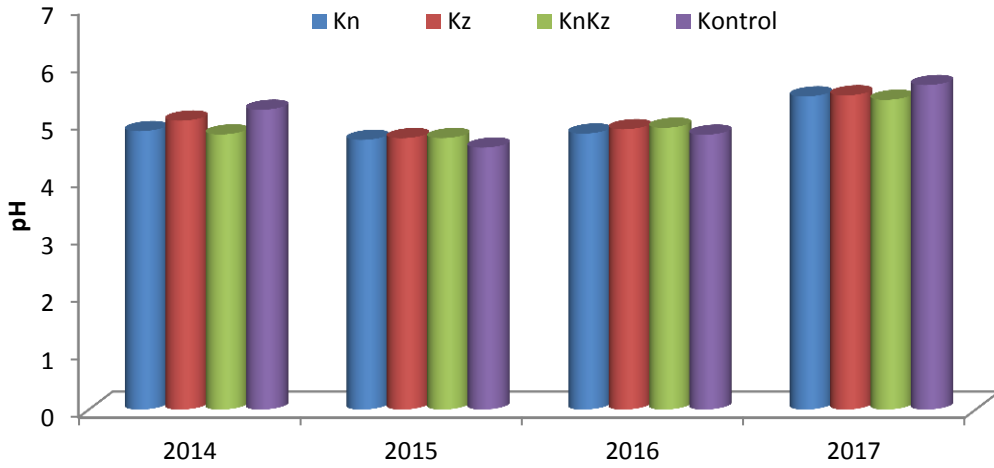
Deneme alanlarındaki toprak reaksiyonu (pH) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 35, Şekil 36 ve Şekil 37’te verilmiştir.



Şekil 35. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama pH değerleri değişimi



Şekil 36. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama pH değerleri değişimi



Şekil 37. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama pH değerleri değişimi

3.2.3 Organik Madde

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen organik madde yüzdesi Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; organik madde yüzdeleri her üç derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10 cm, 10-30 cm) ve bütün deneme alanları gruplarında (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) 2015 yılında azalmış, 2016 yılında artmış ve 2017 yılında yeniden ciddi

miktarda azalmıştır. Genel olarak bütün deneme alanı gruplarındaki organik madde yüzdesi 2014 ile 2017 yıllarında azalmıştır.

Deneme alanlarındaki toprakların organik madde yüzdelerindeki azalmasının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre organik madde yüzdesi değişiminin istatistiki anlamda farklı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 16), ($\alpha > 0,05$).

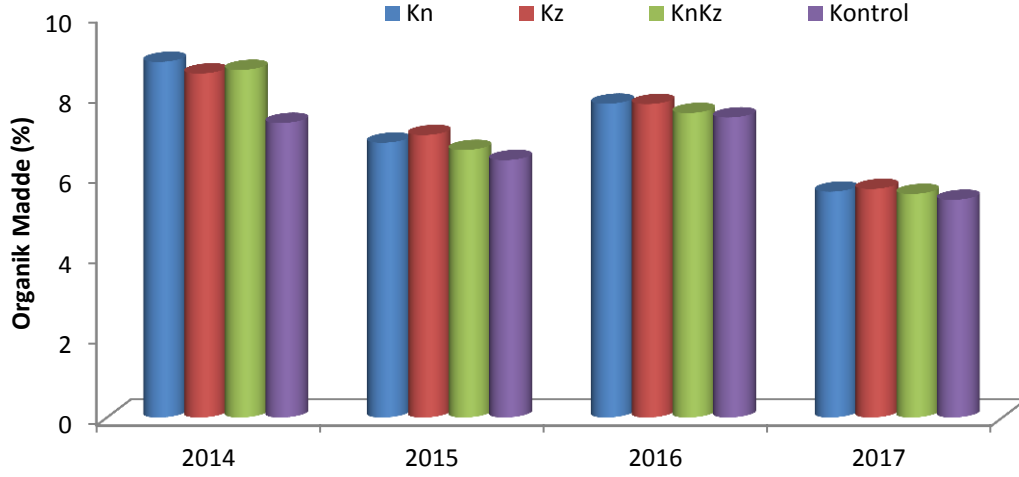
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde organik madde oranındaki azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 16’ da verilmiştir. Tablo verilerinden anlaşılabileceği üzere 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol sahalarındaki organik madde yüzdesindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ($\alpha > 0,05$), diğer deneme alanı gruplarındaki azalmalar anlamlı olmuştur ($\alpha < 0,05$). 5-10 cm derinlik kademesinde organik madde yüzdeleri bütün deneme alanı gruplarında anlamlı bir şekilde azalmıştır ($\alpha < 0,05$). 10-30 cm derinlik kademesinde ise karışık Doğu kayını- Sakallı kızılcağaç deneme alanlarındaki organik madde oranındaki azalma yüzdeleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ($\alpha > 0,05$), diğer deneme alanı gruplarındaki azalmalar ise anlamlıdır ($\alpha < 0,05$).

Tablo 16. Organik madde (%) değerleri (2014-2017)

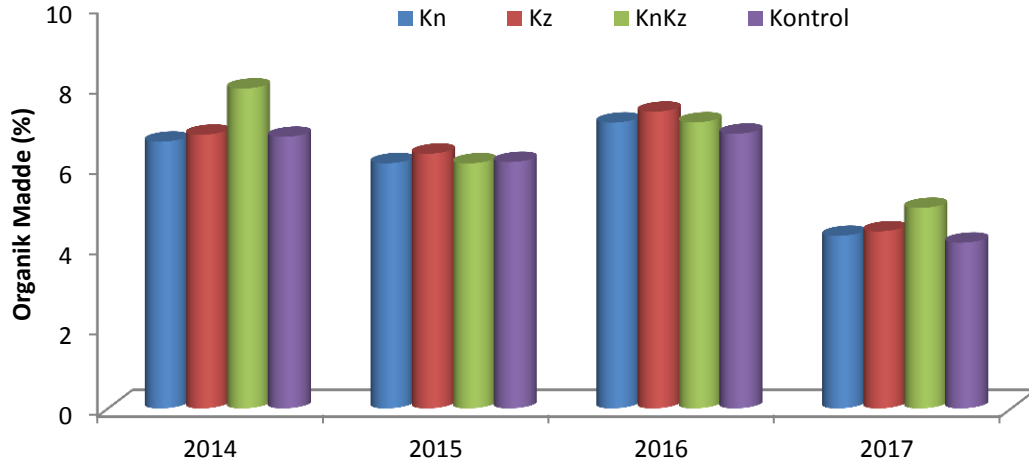
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	8,83 ^{a1}	8,54 ^{a1}	8,63 ^{a1}	7,31 ^{a1}
2015	0-5 cm	6,82 ^{a23}	7,01 ^{a12}	6,64 ^{a12}	6,39 ^{a1}
2016	0-5 cm	7,79 ^{a12}	7,78 ^{a1}	7,56 ^{a12}	7,45 ^{a1}
2017	0-5 cm	5,61 ^{a3}	5,67 ^{a2}	5,55 ^{a2}	5,40 ^{a1}
2014	5-10 cm	6,63 ^{a1}	6,80 ^{a12}	7,95 ^{a1}	6,75 ^{a1}
2015	5-10 cm	6,09 ^{a12}	6,33 ^{a12}	6,09 ^{a12}	6,12 ^{a12}
2016	5-10 cm	7,10 ^{a1}	7,37 ^{a1}	7,10 ^{a1}	6,82 ^{a1}
2017	5-10 cm	4,29 ^{a2}	4,40 ^{a2}	4,98 ^{a2}	4,12 ^{a2}
2014	10-30 cm	5,97 ^{a1}	5,77 ^{a1}	6,71 ^{a1}	5,02 ^{a12}
2015	10-30 cm	5,52 ^{a1}	5,34 ^{a12}	5,96 ^{a1}	5,38 ^{a12}
2016	10-30 cm	6,17 ^{a1}	6,51 ^{a1}	6,41 ^{a1}	6,13 ^{a1}
2017	10-30 cm	2,70 ^{a2}	3,14 ^{a2}	3,86 ^{a1}	3,12 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

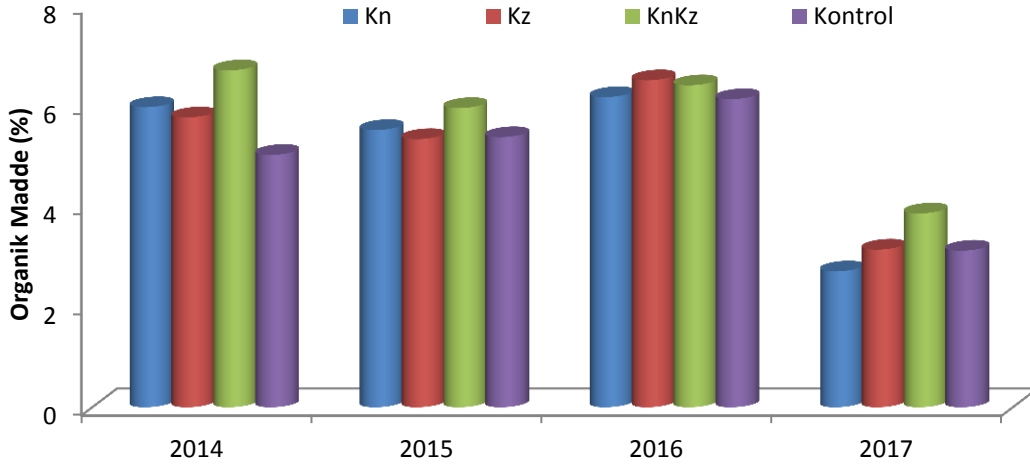
Deneme alanlarındaki organik madde yüzde değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 38, Şekil 39 ve Şekil 40'de verilmiştir.



Şekil 38. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama organik madde (%) değerleri değişimi



Şekil 39. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama organik madde (%) değerleri değişimi



Şekil 40. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama organik madde (%) değerleri değişimi

3.2.4 Bitki Besin Elementleri

3.2.4.1 Azot (N)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm, 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen azot yüzdeleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; azot yüzdesi 0-5 cm toprak derinlik kademesinde kontrol alanlarında artmış, diğer deneme alanı gruplarında azalmıştır. 5-10 cm ve 10-30 cm toprak derinlik kademelerinde bütün deneme alanları gruplarında azalmıştır. Deneme alanlarında en yüksek azot yüzdesi Sakallı kızılâğaç alanlarında belirlenmiştir. 2017 yılı itibarıyla toplam azot değeri 5-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılâğaç alanlarında en fazla tespit edilmiştir. Özellikle karışık Doğu kayını- Sakallı kızılâğaç alanlarındaki toplam azot değerleri diğer deneme alanlarına oranla daha fazla bulunmuştur.

Deneme alanlarındaki toprakların azot yüzdesi değişikliklerinin dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre azot yüzdesi değişiminin istatistiki farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır. Farklılıkların test edildiği Tukey Testine göre 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki 2016 yılındaki azot yüzdesi miktarları Sakallı kızılâğaç, karışık Doğu kayını- Sakallı kızılâğaç ve kontrol deneme alanlarında farklılık göstermişlerdir. 2015 yılında Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında 10-30

toprak derinlik kademesindeki azot yüzdesi, kayın, kayın-kızlağaç ve kontrol alanlarındaki azot yüzdelere göre anlamlı bulunmuştur (Tablo 17), ($\alpha>0,05$).

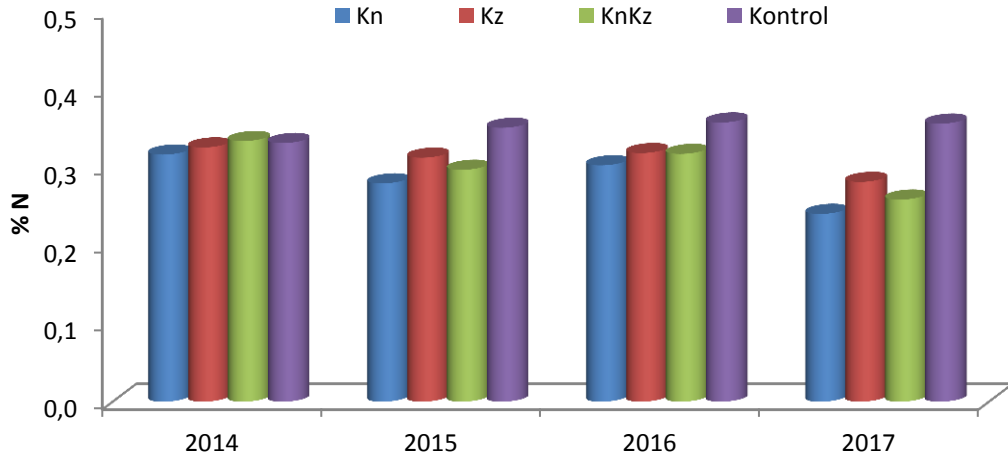
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde azot yüzdesi oranındaki azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 17’de verilmiştir. Tablo verilerinden anlaşılabileceği üzere 0-5 cm derinlik kademesinde Doğu kayını sahalarındaki azot yüzdesi diğer deneme alanlarına göre anlamlı bir şekilde daha azdır. 10-30 cm toprak derinlik kademesinde ise 2017 yılındaki bütün deneme alanı gruplarındaki azot yüzdesindeki azalma yüzdesi önceki yıllara göre anlamlı bulunmuştur ($\alpha>0,05$).

Tablo 17. Azot (N) (%) değerleri (2014-2017)

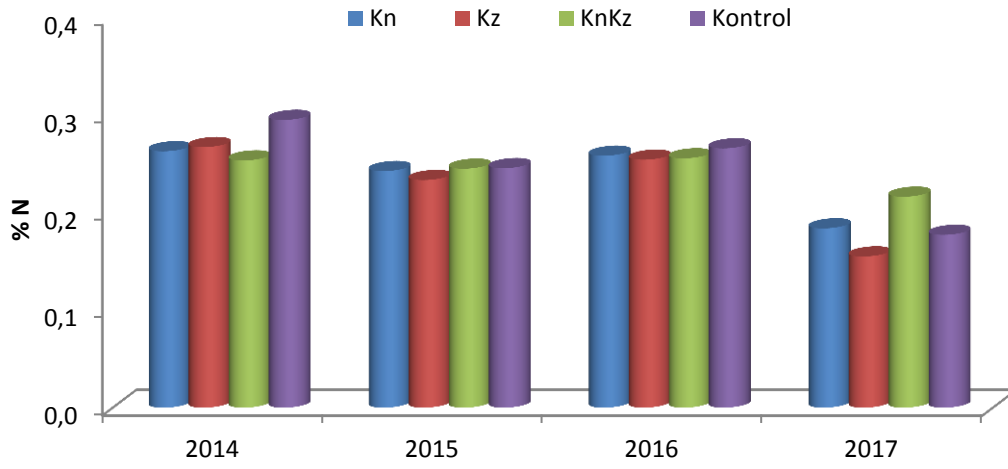
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	0,32 ^{a1}	0,33 ^{a1}	0,33 ^{a1}	0,33 ^{a1}
2015	0-5 cm	0,28 ^{a12}	0,31 ^{a1}	0,30 ^{a1}	0,35 ^{b1}
2016	0-5 cm	0,30 ^{a1}	0,32 ^{ab1}	0,32 ^{ab1}	0,36 ^{b1}
2017	0-5 cm	0,24 ^{a2}	0,28 ^{a1}	0,26 ^{a1}	0,36 ^{a1}
2014	5-10 cm	0,26 ^{a1}	0,27 ^{a1}	0,25 ^{a1}	0,29 ^{a1}
2015	5-10 cm	0,24 ^{a1}	0,23 ^{a1}	0,24 ^{a1}	0,25 ^{a1}
2016	5-10 cm	0,26 ^{a1}	0,25 ^{a1}	0,26 ^{a1}	0,27 ^{a1}
2017	5-10 cm	0,18 ^{a2}	0,16 ^{a2}	0,22 ^{a1}	0,18 ^{a1}
2014	10-30 cm	0,23 ^{a1}	0,20 ^{a1}	0,23 ^{a1}	0,20 ^{a1}
2015	10-30 cm	0,22 ^{a1}	0,18 ^{b1}	0,22 ^{a1}	0,22 ^{a1}
2016	10-30 cm	0,23 ^{a1}	0,20 ^{a1}	0,23 ^{a1}	0,22 ^{a1}
2017	10-30 cm	0,11 ^{a2}	0,11 ^{a2}	0,15 ^{a2}	0,13 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

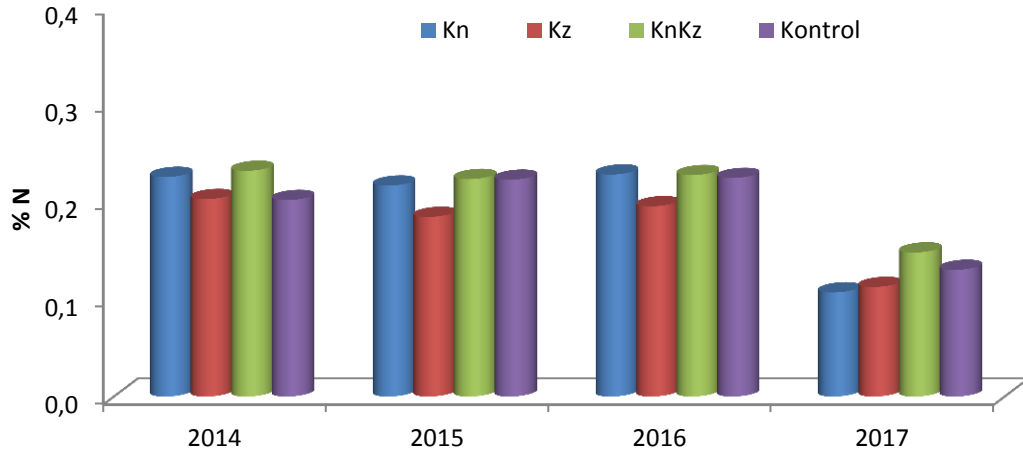
Deneme alanlarındaki azot yüzdesi değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 41, Şekil 42 ve Şekil 43’da verilmiştir.



Şekil 41. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam azot yüzdesi değerleri



Şekil 42. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam azot yüzdesi değerleri



Şekil 43. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam azot yüzdesi değerleri

3.2.4.2 Fosfor (P)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılağaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılağaç” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen fosfor miktarları (ppm) Tablo 18’de verilmiştir

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; fosfor miktarı (ppm) 0-5 cm toprak derinlik kademesinde Doğu kayını ve karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarında artmış, kontrol ve Sakallı kızılağaç deneme alanlarında azalmıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde ise bütün deneme alanları gruplarında azalmıştır. En yüksek fosfor miktarları yine kayını ve karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarında görülmüştür. Deneme alanlarındaki toprakların fosfor miktarındaki (ppm) değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre fosfor miktarı değişiminin istatistiki anlamda farklı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 18), ($\alpha > 0,05$).

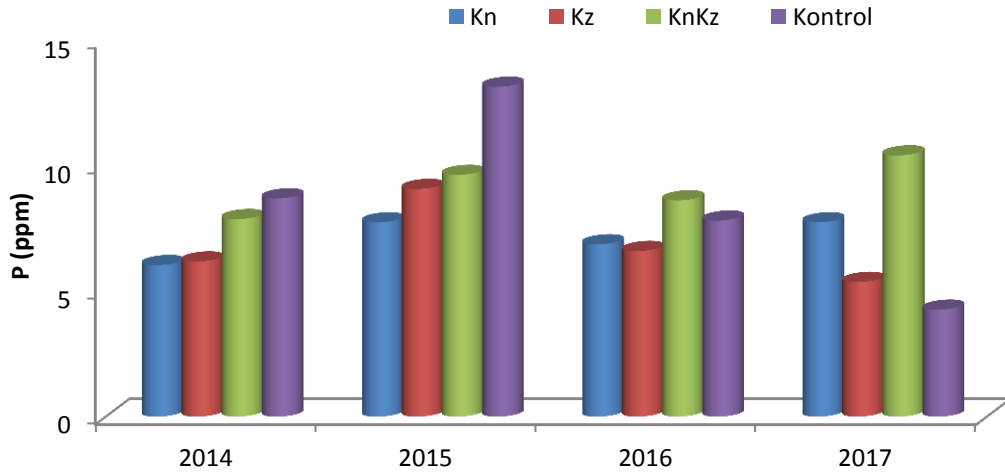
Yıllara göre **fosfor** miktarındaki (ppm) değişim oranlarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 16’ de verilmiştir. Tablo verilerinden anlaşılabileceği üzere 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol sahalarındaki fosfor miktarındaki değişim oranları istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($\alpha < 0,05$), diğer deneme alanı gruplarındaki değişim oranları anlamlı bulunmamıştır ($\alpha > 0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde fosfor miktarındaki yıllara göre azalma oranları doğu kayını deneme alanında diğer deneme alanı gruplarına göre anlamlı bulunmuştur ($\alpha < 0,05$).

Tablo 18. Fosfor (P) (ppm) değerleri (2014-2017)

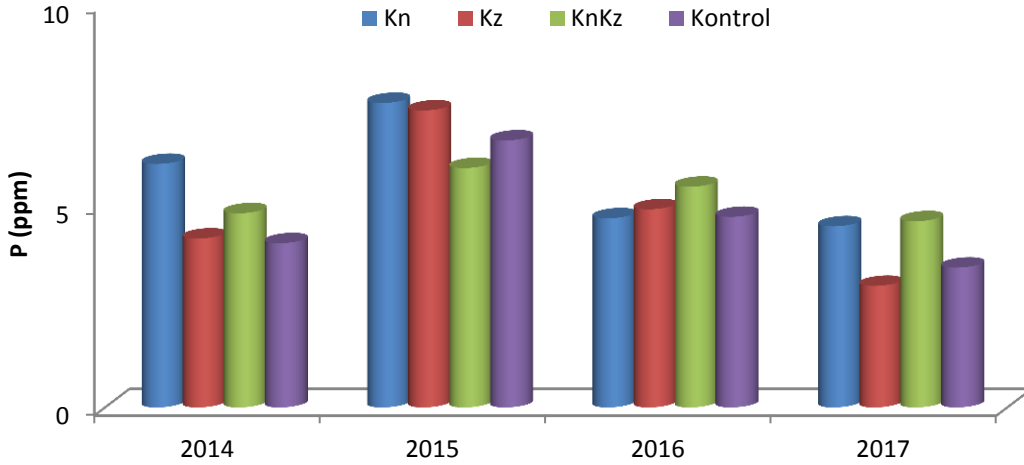
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	6,04 ^{a1}	6,19 ^{a1}	7,88 ^{a1}	8,70 ^{a12}
2015	0-5 cm	7,75 ^{a1}	9,08 ^{a1}	9,64 ^{a1}	13,15 ^{a1}
2016	0-5 cm	6,87 ^{a1}	6,60 ^{a1}	8,62 ^{a1}	7,82 ^{a12}
2017	0-5 cm	7,75 ^{ab1}	5,37 ^{ab1}	10,42 ^{a1}	4,26 ^{b2}
2014	5-10 cm	6,05 ^{a12}	4,20 ^{a1}	4,83 ^{a1}	4,08 ^{a1}
2015	5-10 cm	7,57 ^{a1}	7,38 ^{a1}	5,95 ^{a1}	6,63 ^{a1}
2016	5-10 cm	4,70 ^{a2}	4,92 ^{a1}	5,48 ^{a1}	4,73 ^{a1}
2017	5-10 cm	4,50 ^{a2}	3,02 ^{a1}	4,63 ^{a1}	3,47 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki fosfor (ppm) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 44 ve Şekil 45’de verilmiştir.



Şekil 44. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama fosfor (ppm) değerleri değişimi



Şekil 45. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama fosfor (ppm) değerleri değişimi

3.2.4.3 Potasyum (K)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılbaş”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen potasyum miktarları (ppm) Tablo 19’da verilmiştir

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; potasyum miktarı (ppm) 0-5 cm toprak derinlik kademesinde Doğu kayını ve Sakallı kızılbaş deneme alanlarında azalmış, karışık Doğu

kayını-Sakallı kızılağaç deneme alanlarında aynı kalmış ve Kontrol alanlarında artmıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde ise bütün deneme alanları gruplarında azalmıştır. En yüksek potasyum miktarları her iki toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarında görülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların potasyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçlarında potasyum miktarı değişiminde anlamlı farklılıklar olduğu anlaşılmıştır (Tablo 19), ($\alpha < 0,05$). Tukey HSD testine göre yapılan analiz, potasyum oranındaki değişim farklılığının 0-5 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarında olduğunu göstermiştir ($\alpha < 0,05$). 5-10 cm derinlik kademesindeki potasyum oranındaki değişiklikler istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ($\alpha > 0,05$).

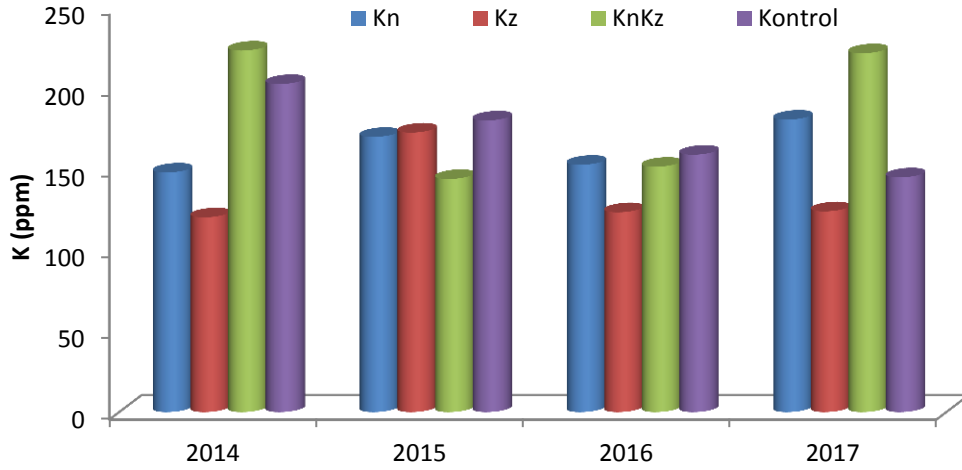
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde potasyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre bütün deneme alanları gruplarındaki potasyum miktarındaki değişim oranlarının yıllara göre anlamlı farklılıklar oluşturmadığı anlaşılmıştır ($\alpha > 0,05$).

Tablo 19. Potasyum (K) (ppm) değerleri (2014-2017)

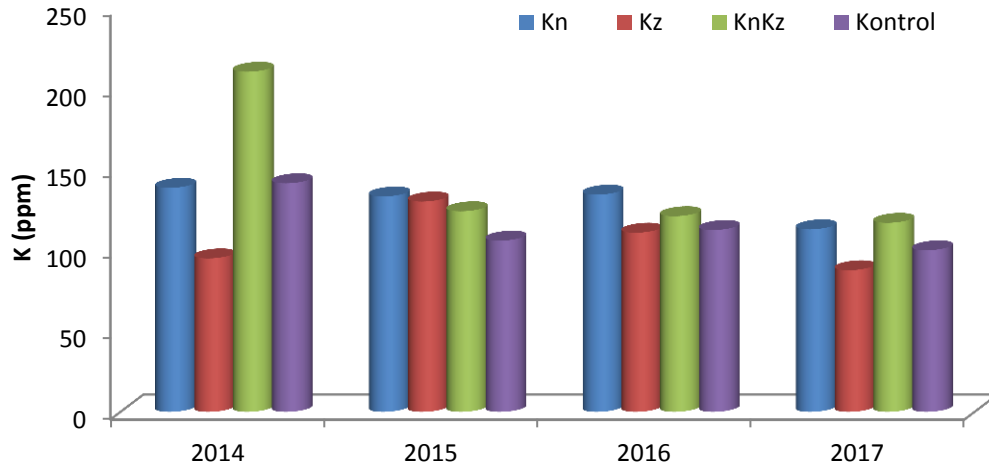
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	148 ^{a1}	120 ^{a1}	223 ^{a1}	203 ^{a1}
2015	0-5 cm	170 ^{a1}	173 ^{a1}	144 ^{a1}	180 ^{a1}
2016	0-5 cm	153 ^{a1}	123 ^{a1}	152 ^{a1}	159 ^{a1}
2017	0-5 cm	181 ^{ab1}	124 ^{a1}	222 ^{b1}	145 ^{ab1}
2014	5-10 cm	139 ^{a1}	95 ^{a1}	211 ^{a1}	142 ^{a1}
2015	5-10 cm	133 ^{a1}	130 ^{a1}	124 ^{a1}	106 ^{a1}
2016	5-10 cm	134 ^{a1}	111 ^{a1}	121 ^{a1}	113 ^{a1}
2017	5-10 cm	113 ^{a1}	88 ^{a1}	117 ^{a1}	100 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki potasyum (ppm) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 46 ve Şekil 47’te verilmiştir.



Şekil 46. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama potasyum (ppm) değerleri değişimi



Şekil 47. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama potasyum (ppm) değerleri değişimi

3.2.4.4 Kalsiyum (Ca)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen kalsiyum miktarları (ppm) Tablo 20’de verilmiştir

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; kalsiyum miktarı (ppm) 0-5 cm toprak derinlik kademesinde Kontrol alanlarında azalırken diğer Doğu kayını, Sakallı kızılâğaç ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında artmıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde ise bütün deneme alanlarında artmıştır. En yüksek kalsiyum miktarları 0-5 cm

toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde kontrol alanlarında görülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların kalsiyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçlarında kalsiyum miktarı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 20), ($\alpha>0,05$).

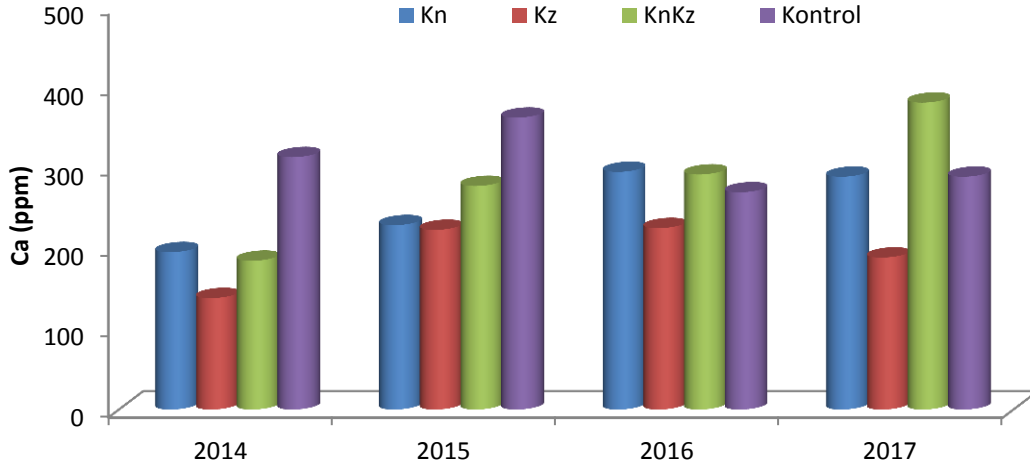
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde kalsiyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre de bütün deneme alanları gruplarındaki kalsiyum miktarındaki değişim oranlarının yıllara göre anlamlı farklılıklar oluşturmadığı anlaşılmıştır ($\alpha>0,05$).

Tablo 20. Kalsiyum (Ca) (ppm) değerleri (2014-2017)

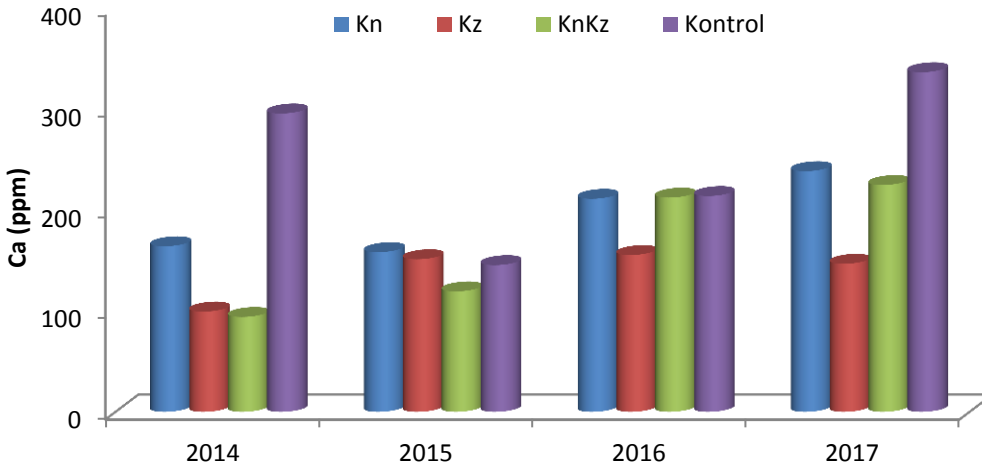
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	195 ^{a1}	138 ^{a1}	185 ^{a1}	313 ^{a1}
2015	0-5 cm	229 ^{a1}	223 ^{a1}	278 ^{a1}	362 ^{a1}
2016	0-5 cm	295 ^{a1}	225 ^{a1}	292 ^{a1}	270 ^{a1}
2017	0-5 cm	289 ^{a1}	189 ^{a1}	381 ^{a1}	289 ^{a1}
2014	5-10 cm	164 ^{a1}	99 ^{a1}	94 ^{a1}	296 ^{a1}
2015	5-10 cm	158 ^{a1}	151 ^{a1}	119 ^{a1}	145 ^{a1}
2016	5-10 cm	211 ^{a1}	155 ^{a1}	212 ^{a1}	214 ^{a1}
2017	5-10 cm	238 ^{a1}	147 ^{a1}	225 ^{a1}	336 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki kalsiyum (ppm) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 48 ve Şekil 49'te verilmiştir.



Şekil 48. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kalsiyum (ppm) değerleri değişimi



Şekil 49. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama kalsiyum (ppm) değerleri değişimi

3.2.4.5 Magnezyum (Mg)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen magnezyum miktarları (ppm) Tablo 21’de verilmiştir

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; magnezyum miktarı (ppm) 0-5 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında artmış, diğer deneme alanı gruplarında azalmıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde kontrol alanlarında artmış diğer deneme alanı gruplarında azalmıştır. En yüksek magnezyum miktarları 0-5 cm toprak

derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise Doğu kayını alanlarında görülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların magnezyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçlarında magnezyum miktarı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 21), ($\alpha>0,05$).

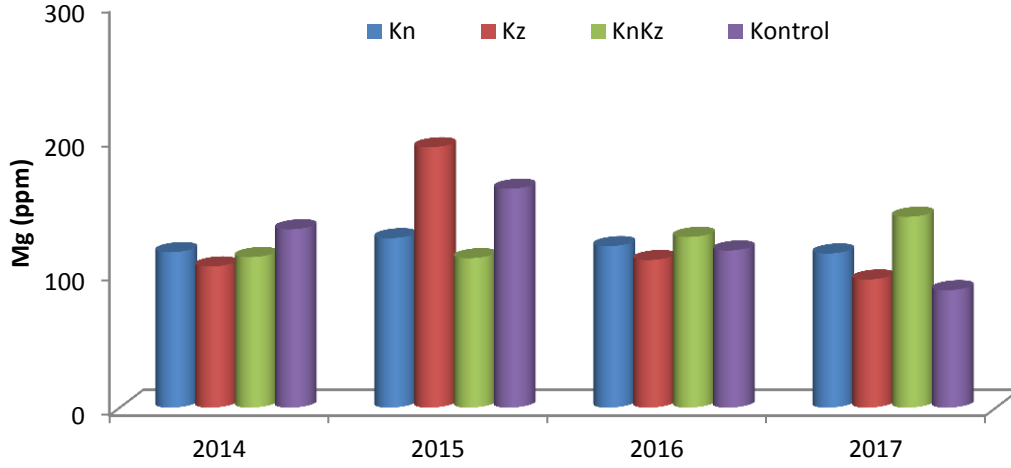
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde magnezyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre de bütün deneme alanları gruplarındaki magnezyum miktarındaki değişim oranlarının yıllara göre anlamlı farklılıklar oluşturmadığı anlaşılmıştır ($\alpha>0,05$).

Tablo 21. Magnezyum Mg (ppm) değerleri (2014-2017)

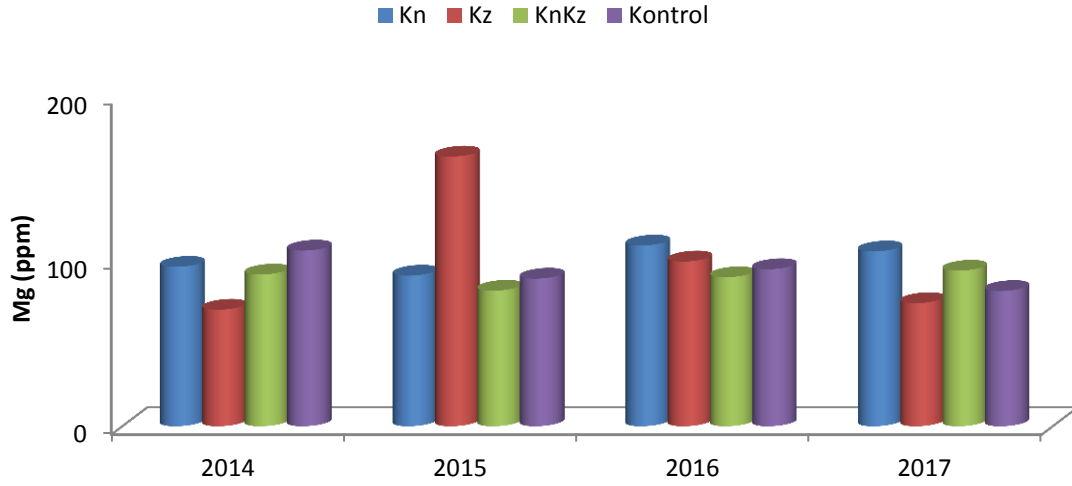
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	116 ^{a1}	105 ^{a1}	112 ^{a1}	133 ^{a1}
2015	0-5 cm	126 ^{a1}	194 ^{a1}	111 ^{a1}	163 ^{a1}
2016	0-5 cm	120 ^{a1}	110 ^{a1}	127 ^{a1}	117 ^{a1}
2017	0-5 cm	115 ^{a1}	95 ^{a1}	142 ^{a1}	87 ^{a1}
2014	5-10 cm	97 ^{a1}	71 ^{a1}	92 ^{a1}	107 ^{a1}
2015	5-10 cm	91 ^{a1}	164 ^{a1}	82 ^{a1}	90 ^{a1}
2016	5-10 cm	110 ^{a1}	100 ^{a1}	90 ^{a1}	95 ^{a1}
2017	5-10 cm	106 ^{a1}	75 ^{a1}	94 ^{a1}	82 ^{a1}

^{a,b,c} : Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3} : yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki magnezyum (ppm) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 50 ve Şekil 51’de verilmiştir.



Şekil 50. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama magnezyum (ppm) değerleri değişimi



Şekil 51. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama magnezyum (ppm) değerleri değişimi

3.2.4.6 Sodyum (Na)

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen sodyum miktarları (ppm) Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; sodyum miktarı (ppm) 0-5 cm toprak derinlik kademesinde Kontrol ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında artmış,

Sakallı kızılğaç ve Doğu kayını deneme alanı gruplarında azalmıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde kontrol alanlarında artmış diğer deneme alanı gruplarında azalmıştır. En yüksek sodyum miktarları 0-5 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılğaç deneme alanlarında, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise Kontrol alanlarında görülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların sodyum miktarındaki (ppm) değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçlarında sodyum miktarı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı olduğu ($\alpha < 0,05$), anlamlı farklılığın sadece 5-10 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılğaç deneme alanlarında olduğu anlaşılmıştır (Tablo 22).

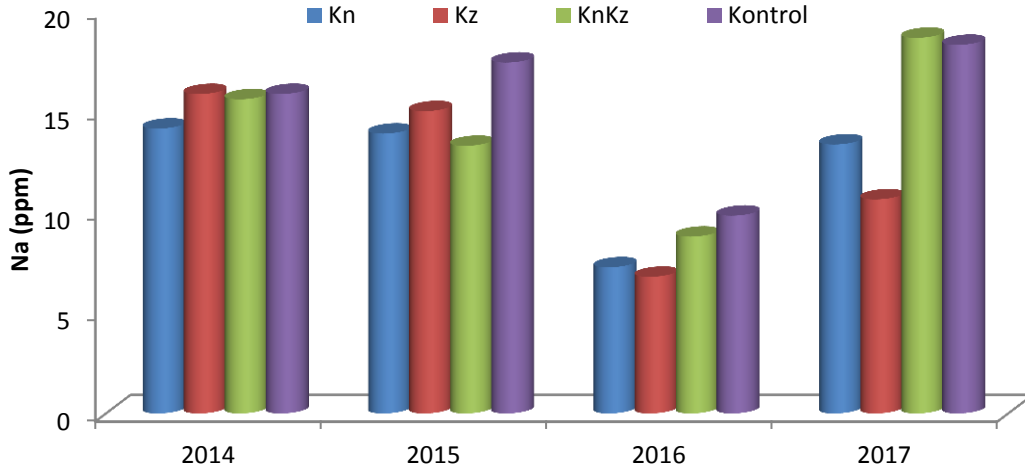
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde sodyum oranındaki azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 22’ de verilmiştir. Tablo verilerinden anlaşılabileceği üzere 0-5 cm derinlik kademesinde sodyum miktarında 0-5 cm toprak derinliğinde Doğu kayını ve Sakallı kızılğaç deneme alanlarında 2016 yılındaki azalma dikkat çekmektedir ve istatistiki olarak bu azalmalar anlamlıdır ($\alpha < 0,05$). 5-10 cm toprak derinlik kademesinde yıllara göre Doğu kayını ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç deneme alanlarında anlamlı bir değişiklik olmamıştır ($\alpha > 0,05$) Sakallı kızılğaç ve Kontrol alanlarındaki yıllara göre değişim oranlarında bulunan farklılıklar istatistiki olarak anlamlıdır ($\alpha < 0,05$).

Tablo 22. Sodyum (Na) (ppm) değerleri

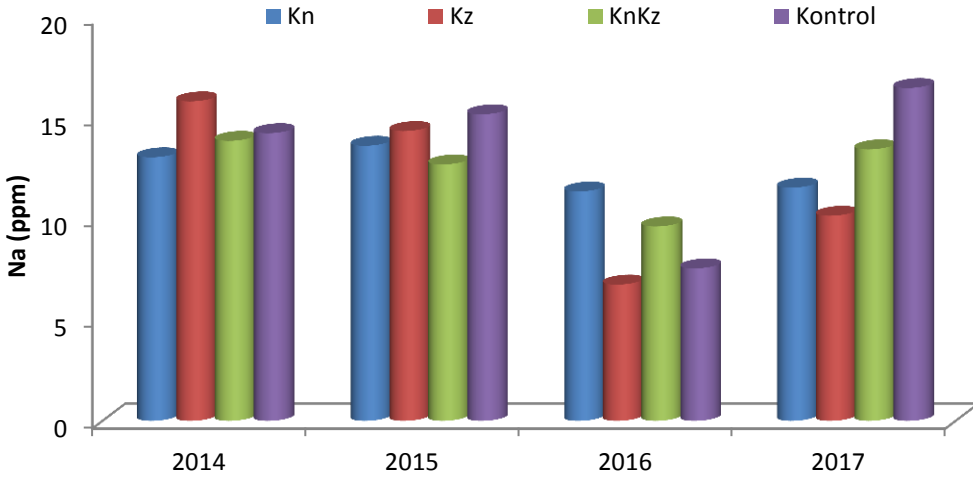
Yıllar	Derinlik	Deneme Alanları			
		Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0-5 cm	14,2 ^{a1}	15,9 ^{a1}	15,6 ^{a1}	15,9 ^{a12}
2015	0-5 cm	13,9 ^{a1}	15,0 ^{a12}	13,3 ^{a1}	17,4 ^{a2}
2016	0-5 cm	7,3 ^{a2}	6,8 ^{a3}	8,8 ^{a1}	9,8 ^{a1}
2017	0-5 cm	13,4 ^{a1}	10,6 ^{a23}	18,7 ^{a1}	18,3 ^{a2}
2014	5-10 cm	13,1 ^{a1}	15,8 ^{a1}	13,9 ^{a1}	14,2 ^{a1}
2015	5-10 cm	13,6 ^{a1}	14,4 ^{a12}	12,7 ^{a1}	15,2 ^{a1}
2016	5-10 cm	11,4 ^{a1}	6,7 ^{a3}	9,6 ^{a1}	7,5 ^{a2}
2017	5-10 cm	11,5 ^{a1}	10,2 ^{a23}	13,4 ^{ab1}	16,5 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki sodyum (ppm) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 52 ve Şekil 53’da verilmiştir.



Şekil 52. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama sodyum (ppm) değerleri değişimi



Şekil 53. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama sodyum (ppm) değerleri değişimi

3.2.5 Tarla Kapasitesi

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılbaş”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş” ve “Kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm ve 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen tarla kapasitesi yüzdeleri Tablo 23’te verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; tarla kapasitesi yüzdesi bütün derinlik ve deneme alanı gurularında azalmıştır. 2017 yılı itibarıyla en fazla tarla kapasitesi yüzdesi 0-5 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılbaş deneme alanlarında, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde kontrol alanlarında, 10-30 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılbaş deneme alanlarında ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların tarla kapasitesi yüzdesi değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçları Tablo 23'te verilmiştir. Bütün deneme alanı gruplarındaki tarla kapasitesi yüzdesindeki değişim oranlarının istatistiki olarak önemsizdir. Özetle proje alanında saf Sakallı kızılbaş, saf Doğu kayını ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş yetiştirmenin topraklardaki tarla kapasitesi yüzdesine anlamlı bir etkisi olmamıştır ($\alpha > 0,05$).

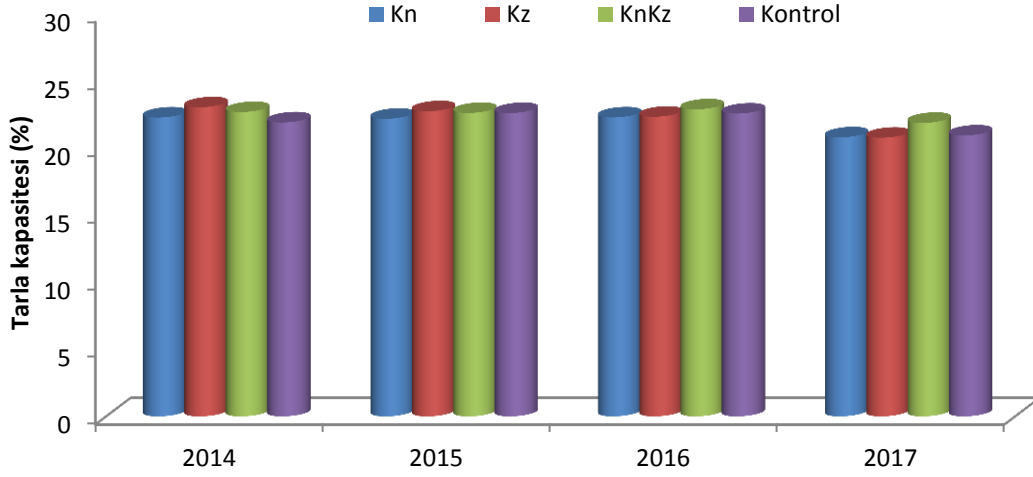
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde tarla kapasitesi yüzdesindeki değişimler bakımından deneme alanları gruplarında farklılıklar bulunmuştur ($\alpha < 0,05$). Farklılıkların nerelerden kaynaklandığının test edildiği Tukey HSD testine göre; her üç toprak derinlik kademesinde de saf Sakallı kızılbaş alanlarındaki tarla kapasitesi yüzdesinin 2014 ile 2017 yıllarındaki azalma oranının diğer deneme alanı gruplarına göre anlamlı ($\alpha < 0,05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 23).

Tablo 23. Tarla kapasitesi (%) değerleri (2014-2017)

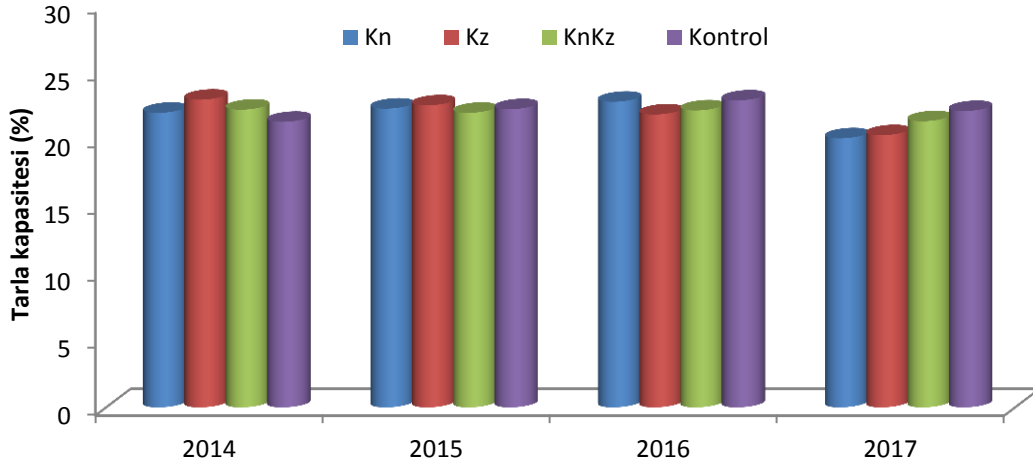
Bitki Örtüsü	Derinlik	Deneme Alanları			
		2014	2015	2016	2017
Kn	0-5 cm	22,29 ^{a1}	22,19 ^{a1}	22,29 ^{a1}	20,81 ^{a1}
Kz	0-5 cm	23,05 ^{a1}	22,75 ^{a1}	22,34 ^{a12}	20,78 ^{a2}
KnKz	0-5 cm	22,69 ^{a1}	22,63 ^{a1}	22,90 ^{a1}	21,89 ^{a1}
Kontrol	0-5 cm	21,92 ^{a1}	22,62 ^{a1}	22,58 ^{a1}	20,95 ^{a1}
Kn	5-10 cm	21,97 ^{a1}	22,28 ^{a1}	22,79 ^{a1}	20,07 ^{a1}
Kz	5-10 cm	22,94 ^{a1}	22,52 ^{a1}	21,84 ^{a12}	20,30 ^{a2}
KnKz	5-10 cm	22,20 ^{a1}	21,97 ^{a1}	22,14 ^{a1}	21,34 ^{a1}
Kontrol	5-10 cm	21,29 ^{a1}	22,24 ^{a1}	22,89 ^{a1}	22,10 ^{a1}
Kn	10-30 cm	21,64 ^{a1}	22,53 ^{a1}	22,27 ^{a1}	20,87 ^{a1}
Kz	10-30 cm	22,89 ^{a1}	22,40 ^{a12}	22,69 ^{a1}	20,05 ^{a2}
KnKz	10-30 cm	22,56 ^{a1}	22,25 ^{a1}	22,28 ^{a1}	20,91 ^{a1}
Kontrol	10-30 cm	22,05 ^{a1}	22,04 ^{a1}	22,66 ^{a1}	19,82 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (sütunlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (satırlar)

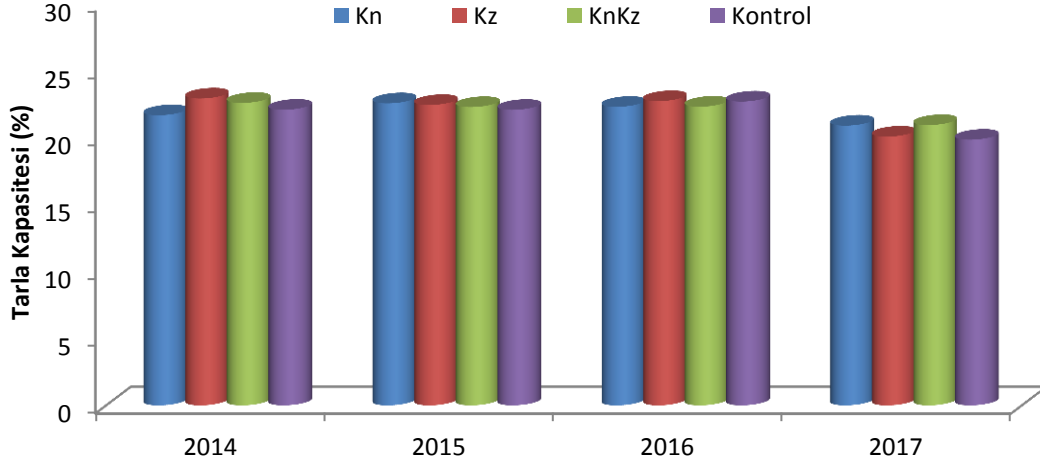
Deneme alanlarındaki tarla kapasitesi yüzdesi değişimlerini gösteren grafikler Şekil 54, Şekil 55 ve Şekil 56'de verilmiştir.



Şekil 54. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki yüzde tarla kapasitesi yüzdeleri değişimi



Şekil 55. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki yüzde tarla kapasitesi yüzdeleri değişimi



Şekil 56. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki yüzde tarla kapasitesi yüzdeleri değişimi

3.2.6 Solma Noktası

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm ve 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen solma noktası yüzdeleri Tablo 24’te verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; solma noktası yüzdesi 0-5 cm ve 10-30 cm toprak derinlik kademelerinde bütün deneme alanı gruplarında azalmış, sadece 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki kontrol alanlarında artmıştır. 2017 yılı itibarıyla en fazla solma noktası yüzdesi karışık 5-10 cm toprak derinlik kademesinde kontrol alanlarında ölçülmüştür.

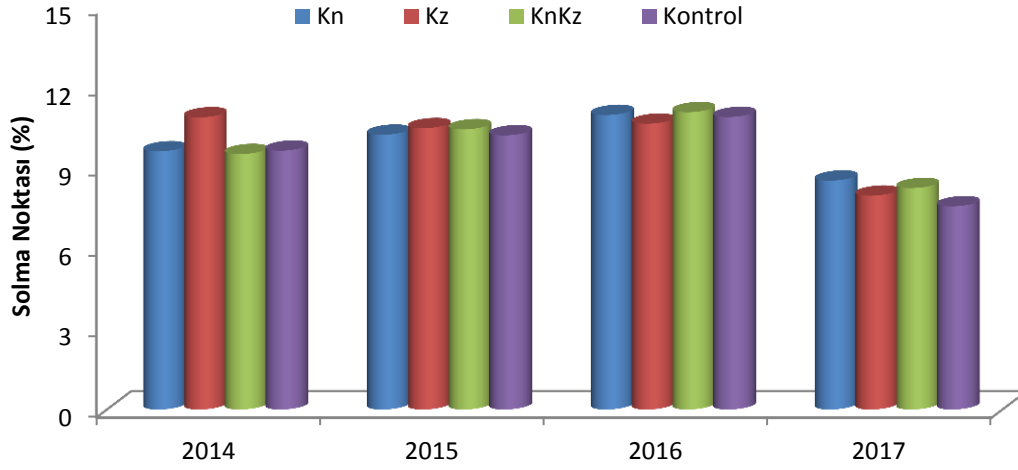
Deneme alanlarındaki toprakların solma noktası yüzdesi değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçları Tablo 24’te verilmiştir. Tablo verilerini yorumlanması ile birlikte bütün deneme alanı gruplarında solma noktası yüzdesindeki değişim oranlarının istatistiki olarak önemli olmadığı anlaşılmıştır. Özetle proje alanında saf Sakallı kızılâğaç, saf Doğu kayını ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç yetiştirmenin topraklardaki solma noktası yüzdelerine anlamlı bir etkisi olmamıştır ($\alpha > 0,05$).

Tablo 24. Solma noktası (%) değerleri (2014-2017)

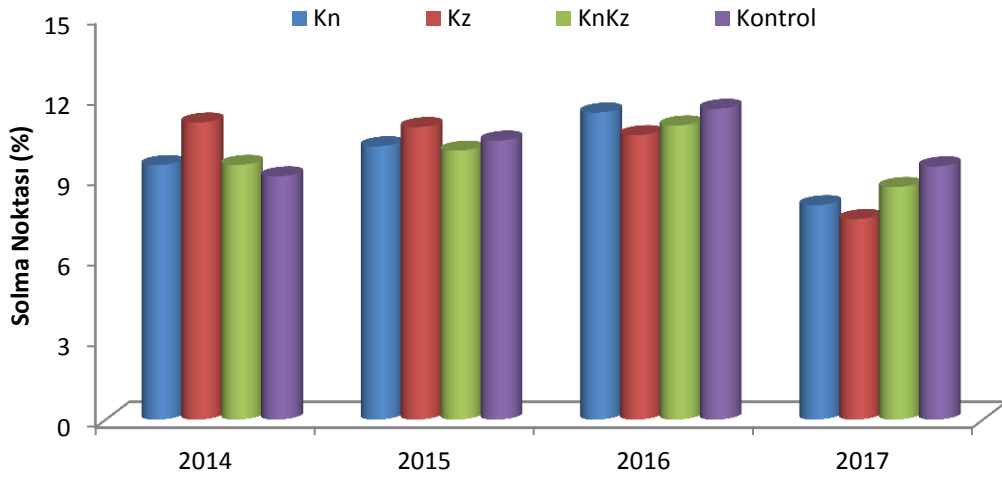
Bitki Örtüsü	Derinlik	Deneme Alanları			
		2014	2015	2016	2017
Kn	0-5 cm	9,61 ^{a12}	10,23 ^{a1}	10,97 ^{a1}	8,52 ^{a2}
Kz	0-5 cm	10,88 ^{a1}	10,48 ^{a1}	10,64 ^{a1}	7,96 ^{a2}
KnKz	0-5 cm	9,51 ^{a12}	10,44 ^{a1}	11,07 ^{a1}	8,25 ^{a2}
Kontrol	0-5 cm	9,64 ^{a1}	10,21 ^{a1}	10,89 ^{a1}	7,57 ^{a1}
Kn	5-10 cm	9,47 ^{a12}	10,17 ^{a12}	11,42 ^{a1}	7,97 ^{a2}
Kz	5-10 cm	11,05 ^{a1}	10,88 ^{a1}	10,58 ^{a1}	7,46 ^{a2}
KnKz	5-10 cm	9,47 ^{a12}	10,00 ^{a12}	10,94 ^{a1}	8,65 ^{a2}
Kontrol	5-10 cm	9,05 ^{a1}	10,37 ^{a1}	11,56 ^{a1}	9,42 ^{a1}
Kn	10-30 cm	9,10 ^{a1}	10,60 ^{a1}	11,31 ^{a1}	8,85 ^{a1}
Kz	10-30 cm	10,23 ^{a1}	10,35 ^{a1}	11,18 ^{a1}	7,30 ^{a2}
KnKz	10-30 cm	9,54 ^{a12}	10,14 ^{a1}	11,06 ^{a1}	7,83 ^{a2}
Kontrol	10-30 cm	9,61 ^{a12}	10,02 ^{a1}	11,51 ^{a1}	6,99 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (sütunlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (satırlar)

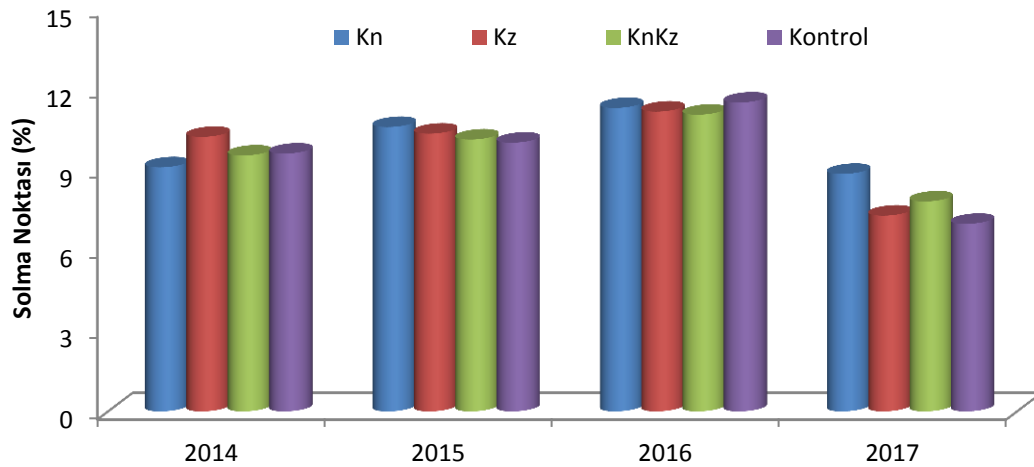
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde solma noktası yüzdesindeki değişimlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar bulunmuştur ($\alpha < 0,05$). Farklılıkların nerelerden kaynaklandığının test edildiği Tukey HSD testine göre; her üç toprak derinlik kademesinde de saf Kızılağaç alanları, saf Doğu kayını alanları ve karışık Doğu kayını- Sakallı kızılğaç alanlarındaki 2014 ile 2017 yıllarındaki solma noktası yüzdesi değişiminin kontrol alanlarındaki değişime oranla anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Özetle Saf Sakallı kızılğaç, Saf Doğu kayını, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç alanlarının ayrı ayrı topraklarındaki solma noktası yüzdeslerini 2014 ile 2017 yılı arasında kontrol alanlarına oranla artırmıştır (Tablo 24). Deneme alanlarındaki solma noktası yüzdesi değişimlerini gösteren grafikler Şekil 57, Şekil 58 ve Şekil 59'te verilmiştir.



Şekil 57. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama solma noktası yüzdeleri değişimi



Şekil 58. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama solma noktası yüzdeleri değişimi



Şekil 59. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama solma noktası yüzdeleri değişimi

3.2.7 Faydalı Su Kapasitesi

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılağaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılağaç” ve “Kontrol” alanlarının üç farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm ve 10-30 cm) analiz edilen topraklardan elde edilen faydalı su kapasite yüzdeleri Tablo 25’te verilmiştir.

Faydalı su kapasite yüzdesi 0-5 cm toprak derinlik kademesinde Doğu kayını deneme alanlarında bir miktar artmış, diğer deneme alanı gruplarında azalmıştır. 5-10 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarında bir miktar azalmış diğer deneme alanı gruplarında artmıştır. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki Doğu kayını deneme alanlarında azalmış diğer deneme alanı gruplarında artmıştır. 2017 yılı itibarıyla en fazla faydalı su kapasite yüzdesi karışık 0-5 cm derinlik kademesinde karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarına ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların faydalı su kapasite yüzdesi değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçları Tablo 25’te verilmiştir. Tablo verilerinin yorumlanması sonrasında bütün deneme alanı gruplarının benzer olduğu, istatistiki olarak herhangi bir farklılık bulunmadığı anlaşılmıştır. Özetle proje alanında Sakallı kızılağaç, Doğu kayını ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılağaç yetiştirmenin topraklardaki faydalı su kapasite yüzdelerine anlamlı bir etkisi olmamıştır ($\alpha > 0,05$).

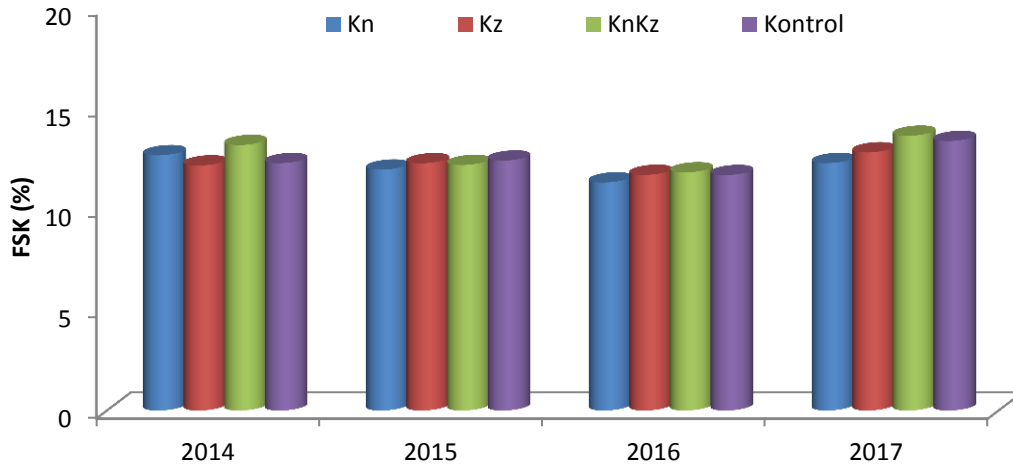
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde faydalı su kapasite yüzdesindeki değişimlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre ise deneme alanları gruplarında farklılıklar bulunmaktadır ($\alpha > 0,05$). Yıllar arasında 0-5 cm derinlik kademelerinde Sakallı kızılağaç hariç diğer deneme alanı gruplarının tamamında, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde ise sadece Sakallı kızılağaç deneme alanlarında oluşan farklılıklar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. 10-30 cm toprak derinlik kademesinde ise kontrol ve Sakallı kızılağaç deneme alanlarındaki farklılıklar anlamıdır. Özetle Sakallı kızılağaç, Doğu kayını, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılağaç alanlarının ayrı ayrı topraklarında 2014 ile 2017 yılı arasında faydalı su kapasite yüzdesi miktarlarında hem kontrol alanlarına göre hem de kendi aralarına anlamlı değişiklikler olmuştur (Tablo 25).

Tablo 25. Faydalı su kapasitesi (%) değerleri (2014-2017)

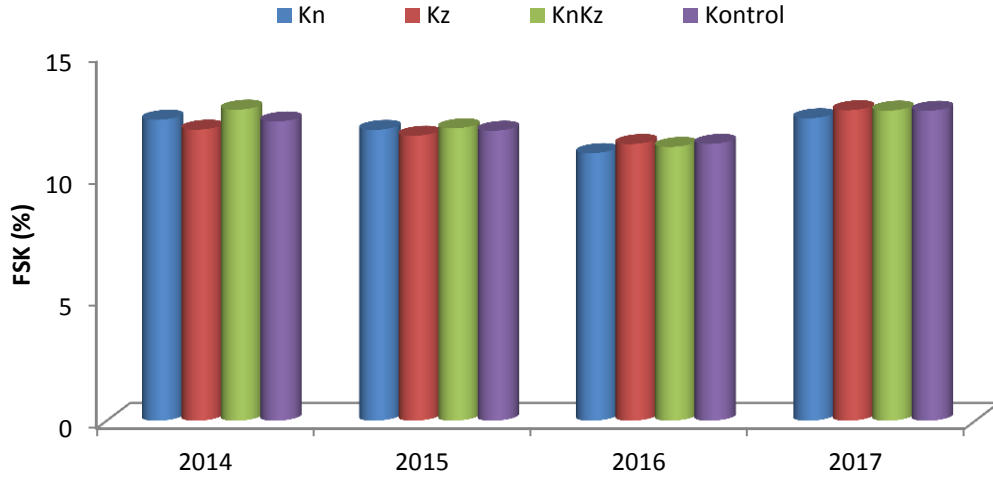
Bitki Örtüsü	Derinlik	Deneme Alanları			
		2014	2015	2016	2017
Kn	0-5 cm	12,67 ^{a1}	11,96 ^{a12}	11,33 ^{a2}	12,28 ^{a12}
Kz	0-5 cm	12,17 ^{a1}	12,28 ^{a1}	11,70 ^{a1}	12,82 ^{a1}
KnKz	0-5 cm	13,18 ^{a23}	12,19 ^{a12}	11,82 ^{a1}	13,64 ^{a3}
Kontrol	0-5 cm	12,28 ^{a12}	12,41 ^{a12}	11,69 ^{a1}	13,38 ^{a2}
Kn	5-10 cm	12,31 ^{a1}	11,90 ^{a12}	10,95 ^{a2}	12,37 ^{a1}
Kz	5-10 cm	11,91 ^{a12}	11,66 ^{a12}	11,32 ^{a1}	12,70 ^{a2}
KnKz	5-10 cm	12,73 ^{a1}	11,96 ^{a12}	11,20 ^{a2}	12,69 ^{a1}
Kontrol	5-10 cm	12,24 ^{a1}	11,86 ^{a1}	11,33 ^{a1}	12,68 ^{a1}
Kn	10-30 cm	12,54 ^{a1}	11,93 ^{a1}	10,96 ^{a2}	12,01 ^{a1}
Kz	10-30 cm	12,66 ^{a12}	12,05 ^{a12}	11,52 ^{a1}	12,75 ^{a2}
KnKz	10-30 cm	13,02 ^{a1}	12,12 ^{a12}	11,22 ^{a2}	13,08 ^{a1}
Kontrol	10-30 cm	12,44 ^{a12}	12,02 ^{a12}	11,15 ^{a1}	12,82 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (sütunlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (satırlar)

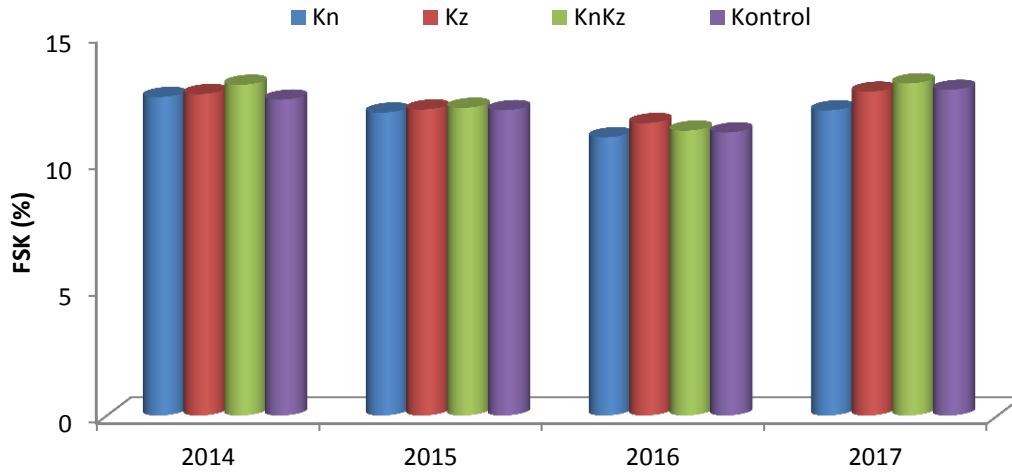
Deneme alanlarındaki solma noktası yüzdesi değişimlerini gösteren grafikler Şekil 60, Şekil 61 ve Şekil 62'de verilmiştir.



Şekil 60. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama faydalı su kapasitesi yüzdeleri değişimi



Şekil 61. 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama faydalı su kapasitesi yüzdeleri değişimi



Şekil 62. 10-30 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama faydalı su kapasitesi yüzdeleri değişimi

3.3 Toprak Solunumu

Toprak solunumu ölçümleri yapılırken toprakların sıcaklığı ve toprak nem değerleri de ölçülmüştür. Toprak solunumu başlığı “toprak solunumu değerleri”, “toprak nemi” ve “toprak sıcaklığı” başlıkları altında incelenmiştir.

3.3.1 Toprak Solunumu Değerleri

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç” ve “Kontrol” alanlarının topraklarında ölçülen toprak solunumu değerleri Tablo 26’da verilmiştir.

2014 yılındaki toprak işlemenin hemen ardından yapılan ilk ölçümlere göre geçen zamanla beraber toprak solunumu değerleri bütün deneme alanı gruplarında artmıştır. En fazla toprak solunumu değerleri 2017 yılında karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç deneme alanı grubunda ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprak solunumu değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 26’da verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere 2017 yılında karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç deneme alanları diğer alanlara göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmıştır. Kontrol alanlarındaki toprak solunumu değerleri diğer alanlara göre anlamlı bir şekilde daha az olmuştur. Karışık yetiştirilen Doğu kayını ve Sakallı kızılğaç alanlarındaki toprak solunumundaki artım en fazla olmuştur. Kontrol alanlarındaki toprak solunumundaki artışlara ise alana gelen diri örtünün katkı sağladığı düşünülmektedir.

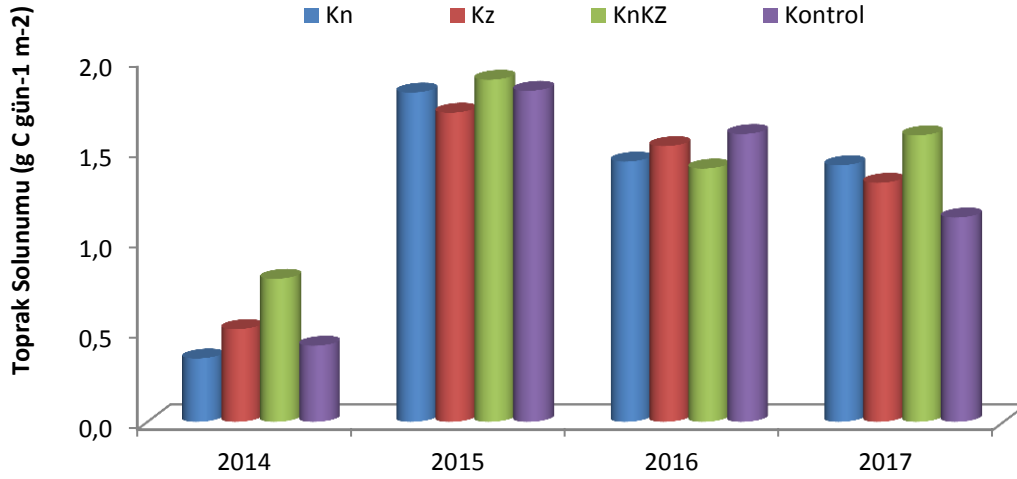
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde toprak solunumu değerleri artışlarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre de anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($\alpha > 0,05$). Bütün deneme alanları gruplarında 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki toprak solunum değerleri ile 2014 yılında ölçülen değerler arasında artan anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Tablo 26 Toprak solunumu ($\text{g C gün}^{-1}\text{m}^{-2}$) değerleri (2014-2017)

Yıllar	Deneme Alanları			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0,35 ^{a1}	0,51 ^{ab1}	0,79 ^{b1}	0,42 ^{ab1}
2015	1,81 ^{a2}	1,70 ^{a2}	1,89 ^{a2}	1,82 ^{a2}
2016	1,43 ^{a3}	1,52 ^{a2}	1,40 ^{a2}	1,59 ^{a2}
2017	1,41 ^{ab3}	1,32 ^{ab2}	1,58 ^{a2}	1,13 ^{b3}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar); ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki toprak solunumu değerlerinin değişimlerini gösteren grafik Şekil 63’da verilmiştir.



Şekil 63. Ortalama toprak solunumu ($\text{g C gün}^{-1}\text{m}^{-2}$) değerleri değişimi

3.3.2 Toprak Nemi

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılgağaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç” ve “Kontrol” alanlarının topraklarında ölçülen toprak nemi yüzdeleri Tablo 27’de verilmiştir.

2014 yılındaki dikimlerden önce belirlenen toprak nemi yüzdeleri, yıllar geçtikçe bütün deneme alanı gruplarında azalan bir eğilim göstermiştir. 2017 yılındaki ölçüm ortalamalarına göre en fazla nem yüzdesi karışık Doğu kayını- Sakallı kızılgağaç denem alanlarında ölçülürken en az nem yüzdesi ise Sakallı kızılgağaç deneme alanlarına ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprak nemi yüzdelerinin dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçları Tablo 27’de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere 2016 yılında karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç deneme alanları diğer alanlara göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalmıştır. Diğer zamanlardaki toprak nemindeki değişimler anlamlı değildir. Özetle proje alanında Sakallı kızılgağaç, Doğu kayını ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç yetiştirmek topraklardaki nem ilk azaltmıştır. Ancak bu azalma sadece karışık Doğu kayını-Sakallı kızılgağaç deneme alanlarında anlamlıdır.

Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde toprak nemi yüzdeleri azalmalarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre de anlamlı farklılıklar

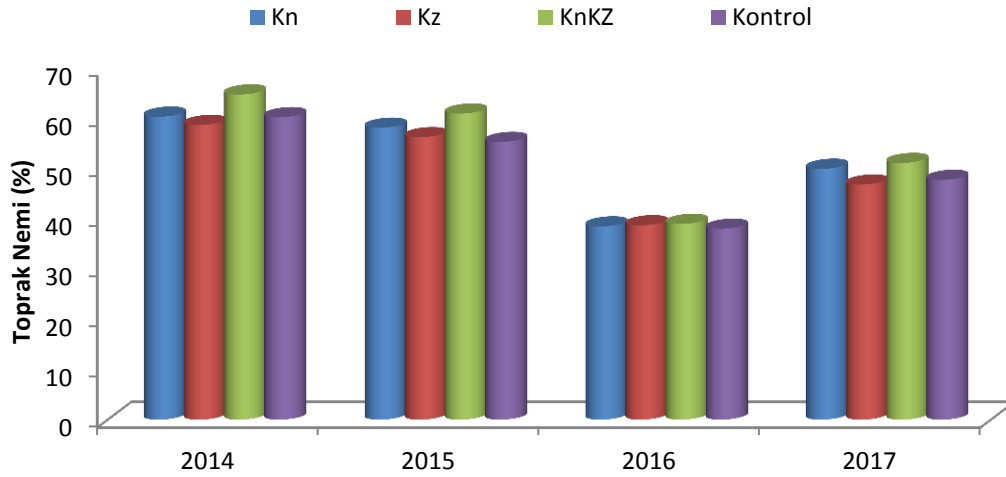
bulunmaktadır ($\alpha>0,05$). Bütün deneme alanları gruplarında 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki toprak nemi yüzdeleri ile 2014 yılında ölçülen yüzde değerler arasında anlamlı azalan bir fark bulunmaktadır.

Tablo 27. Toprak nem (%) değerleri (2014-2017)

Yıllar	Deneme Alanları			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	60,38 ^{a1}	58,72 ^{a1}	64,80 ^{a1}	60,27 ^{a1}
2015	58,16 ^{ab1}	56,29 ^{ab1}	60,99 ^{b1}	55,32 ^{a12}
2016	38,50 ^{a2}	38,74 ^{a2}	39,00 ^{a2}	38,03 ^{a3}
2017	49,99 ^{a3}	46,84 ^{a3}	51,15 ^{a3}	47,78 ^{a12}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar); ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki toprak nemi yüzdeleri değerlerinin değişimlerini gösteren grafik Şekil 64'ta verilmiştir.



Şekil 64. Ortalama toprak nemi yüzdeleri değişimi

3.3.3 Toprak Sıcaklığı

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılbaş”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş” ve “Kontrol” alanlarının topraklarında ölçülen toprak sıcaklığı (°C) değerleri Tablo 28’de verilmiştir.

2014 yılındaki dikimlerden önce belirlenen toprak sıcaklığı değerleri ortalamaları, 2015 ve 2016 yıllarında yıllar artan bir eğilim gösterirken 2017 yılında toprak ortalama sıcaklığı değerleri azalmıştır.

Deneme alanlarındaki ortalama toprak sıcaklığı değerlerinin dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçları Tablo 28’de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere 2015 yılında bütün deneme alanlarının sıcaklık değerleri anlamlı bir şekilde farklılık göstermektedirler. Diğer yıllardaki ortalama toprak sıcaklık değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. 2017 yılı dikkate alındığında proje alanında 2014-2017 yılları arasında Doğu kayını, Sakallı kızılbaş, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş yetiştirmek toprak sıcaklığını değiştirmemiştir.

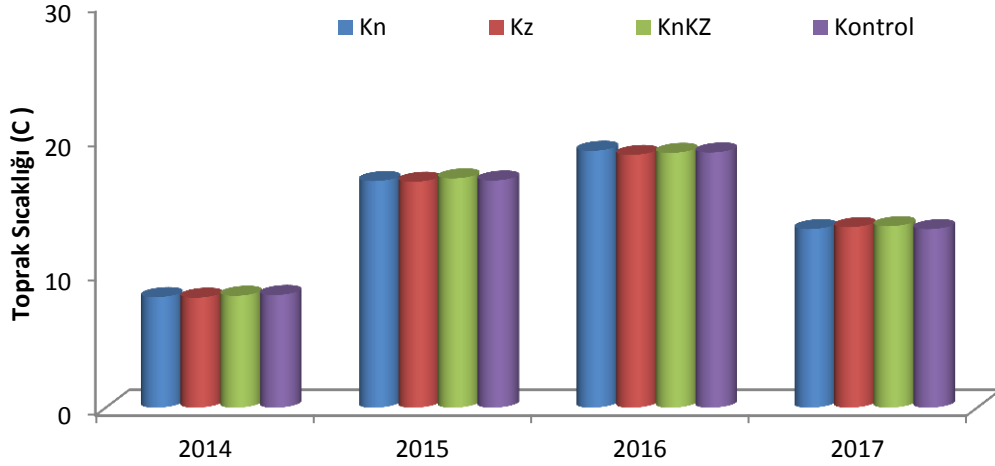
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde ortalama sıcaklık değerleri değişimlerinin anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre de anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($\alpha < 0,05$). Bütün deneme alanları gruplarında ve yıllar arasında 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki toprak sıcaklıkları değerlerinde anlamlı değişimler tespit edilmiştir.

Tablo 28. Toprak sıcaklık (°C) değerleri (2014-2017)

Yıllar	Deneme Alanları			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	8,2 ^{a1}	8,2 ^{a1}	8,3 ^{a1}	8,4 ^{a1}
2015	16,9 ^{ab2}	16,8 ^{a2}	17,1 ^{c2}	16,9 ^{bc2}
2016	19,1 ^{a3}	18,8 ^{a3}	19,0 ^{a3}	19,0 ^{a3}
2017	13,3 ^{a4}	13,4 ^{a4}	13,5 ^{a4}	13,3 ^{a4}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki toprak nemi yüzdeleri değerlerinin değişimlerini gösteren grafik Şekil 65’de verilmiştir.



Şekil 65. Ortalama toprak sıcaklığı (°C) değerleri değişimi

3.4 Mikrobiyal Solunum

2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılağaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılağaç” ve “Kontrol” alanlarının topraklarında ölçülen mikrobiyal solunum ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ toprak h^{-1}) değerleri Tablo 29’da verilmiştir.

2014 yılındaki toprak işlemenin hemen ardından yapılan ilk ölçümlere göre geçen zamanla beraber topraklardaki mikrobiyal solunum değerleri bütün deneme alanı gruplarında azalmıştır. En fazla mikrobiyal solunum değerleri 2017 yılında Doğu kayını deneme alanı gurubunda ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki mikrobiyal solunum değişim oranlarının dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine sonuçları Tablo 29’da verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere 2016 yılında kayın ve kızılağaç deneme alanlarındaki mikrobiyal solunum değerleri kontrol alanına göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değişmiştir. Karışık Doğu kayını- Sakallı kızılağaç deneme alanlarındaki mikrobiyal solunum değerleri kontrol alanlarına göre anlamlı farklılık göstermemektedir. Bütün deneme alanlarında 2014- 2017 yıllarında topraklardaki mikrobiyal solunum ilk yıl artmış, sonraki yıllarda azalan bir eğilim göstermiştir.

Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde mikrobiyal solunum değerleri artışlarının anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre de anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($\alpha>0,05$). Bütün deneme alanları gruplarında 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki toprak solunum değerleri ile 2014 yılında ölçülen değerler arasında artan anlamlı

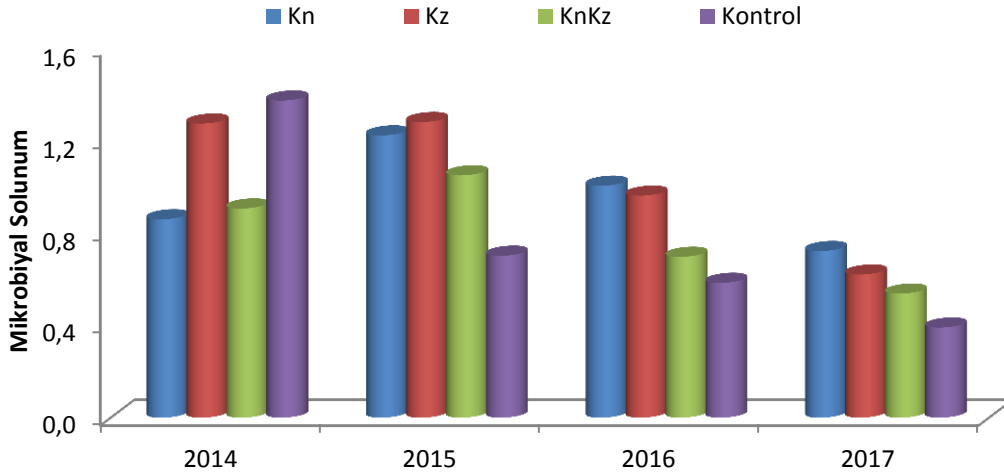
bir fark bulunmaktadır. Özetle Doğu kayını, Sakallı kızılâğaç ve karışık Doğu kayını- Sakallı kızılâğaç dikimi yapılan alanların mikrobiyal solunum dikim öncesi 2014 yılı ölçümlerine göre sonraki yıllarda istatistiki olarak anlamlı bir şekilde değişmiştir ($\alpha < 0,05$).

Tablo 29. Mikrobiyal solunum ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ toprak h^{-1}) değerleri

Yıllar	Deneme Alanları			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
2014	0,86 ^{a12}	1,27 ^{a1}	0,91 ^{a12}	1,37 ^{a1}
2015	1,22 ^{a1}	1,28 ^{a1}	1,05 ^{ab1}	0,70 ^{b12}
2016	1,00 ^{a12}	0,96 ^{ab1}	0,70 ^{bc12}	0,58 ^{c2}
2017	0,72 ^{a2}	0,62 ^{a2}	0,54 ^{a2}	0,39 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar); ^{1,2,3}: Yıllara göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki mikrobiyal solunum değerlerinin değişimlerini gösteren grafik Şekil 66'de verilmiştir.



Şekil 66. Ortalama mikrobiyal solunum ($\mu\text{g CO}_2\text{-C g}^{-1}$ toprak h^{-1}) değerleri değişimi

3.5 Azot Mineralleşmesi

3.5.1 Amonyum (NH_4)

2014 ile 2016 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen amonyum (NH_4) miktarları Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; amonyum (NH_4) değerleri 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde deneme alanı gruplarının tamamında azalmıştır. 2016 yılı sonu itibarı ile en yüksek amonyum her iki derinlik kademesinde de Sakallı kızılğaç alanlarında ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların amonyum (NH_4) miktarındaki değişikliklerin dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre amonyum (NH_4) değerlerinin istatistiki farklılıklar göstermediği anlaşılmıştır (Tablo 30), ($\alpha > 0,05$).

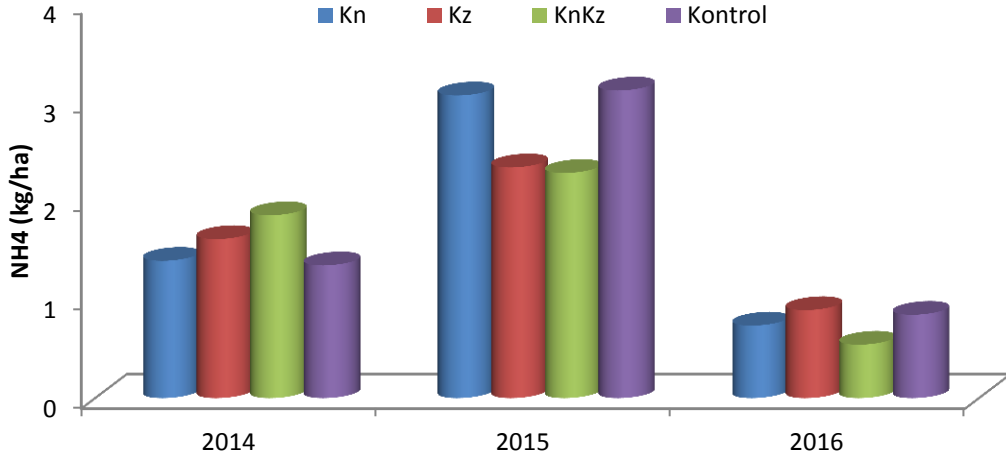
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde amonyum (NH_4) oranındaki azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 30'da verilmiştir. 2016 yılı son verilerine göre 0-5 cm toprak derinlik kademesinde Sakallı kızılğaç ve karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç alanlarında, 5-10 cm toprak derinlik kademesinde kontrol alanları hariç bütün deneme alanı gruplarında zamana göre azalmada anlamlı farklılıklar olmuştur ($\alpha < 0,05$).

Tablo 30. Mineral amonyum (NH_4 (kg/ha)) değerleri (0-24 ay)

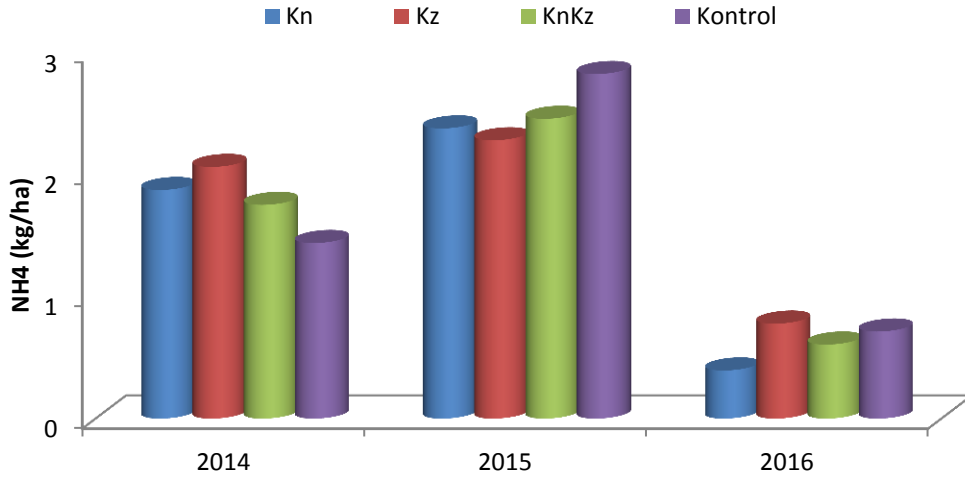
Ölçüm zamanı	0-5 cm derinlik kademesi				5-10 cm derinlik kademesi			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
Başlangıç	1,39 ^{a1}	1,61 ^{a12}	1,85 ^{a1}	1,35 ^{a1}	1,87 ^{a1}	2,06 ^{a1}	1,75 ^{a1}	1,44 ^{a1}
1-12 Ay	3,07 ^{a2}	2,34 ^{a1}	2,28 ^{a1}	3,12 ^{a1}	2,38 ^{a1}	2,28 ^{a1}	2,46 ^{a1}	2,82 ^{a2}
13-24 Ay	0,74 ^{a1}	0,89 ^{a2}	0,54 ^{a2}	0,84 ^{a1}	0,39 ^{a2}	0,78 ^{a2}	0,61 ^{a2}	0,71 ^{a1}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Ölçüm zamanına göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki amonyum (NH_4) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 67 ve Şekil 68' te verilmiştir.



Şekil 67. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama mineral amonyum (kg/ha) değerleri değişimi



Şekil 68. 5-10 cm derinlik kademesinde ortalama mineral amonyum (kg/ha) değerleri değişimi

3.5.2 Nitrat (NO₃)

2014 ile 2016 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılbaş”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen nitrat (NO₃) miktarları Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; nitrat (NO₃) değerleri 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde deneme alanı gruplarının tamamında artmıştır. 2016 yılı sonu itibarı ile en yüksek nitrat (NO₃) değerleri 0-5 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını -

Sakallı kızılbaş deneme alanlarında, 5-10 cm derinlik kademesinde Doğu kayını deneme alanlarına ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların nitrat (NO_3) miktarındaki değişikliklerin dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre nitrat (NO_3) değerlerinin istatistiki anlamda farklılıklar göstermediği anlaşılmıştır (Tablo 31), ($\alpha > 0,05$).

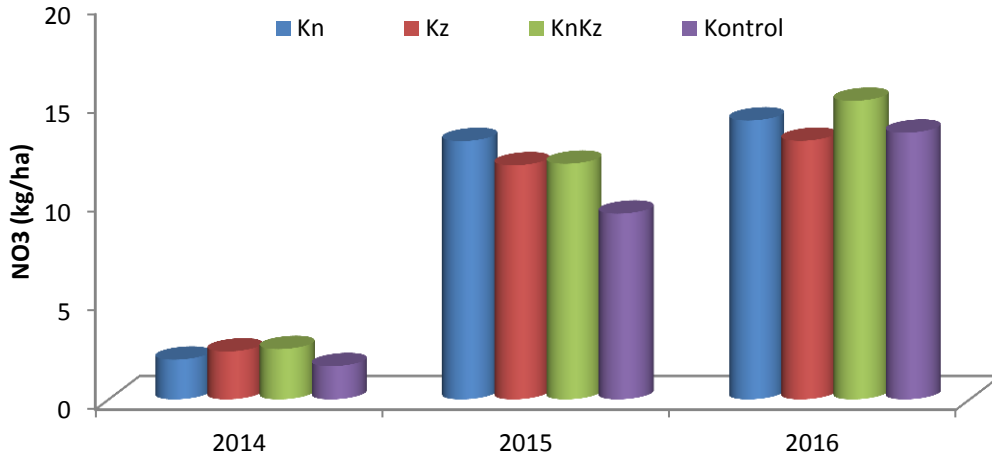
Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde nitrat (NO_3) oranındaki azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD testine göre oluşan farklılıklar Tablo 31'de verilmiştir. 2016 yılı sonu verilerine göre her iki derinlik kademesinde de bütün deneme alanlarında başlangıç değerlerinde oranla topraklardaki nitrat miktarında anlamlı artmalar olmuştur ($\alpha < 0,05$).

Tablo 31. Mineral nitrat (NO_3 (kg/ha)) değerleri (0-24 ay)

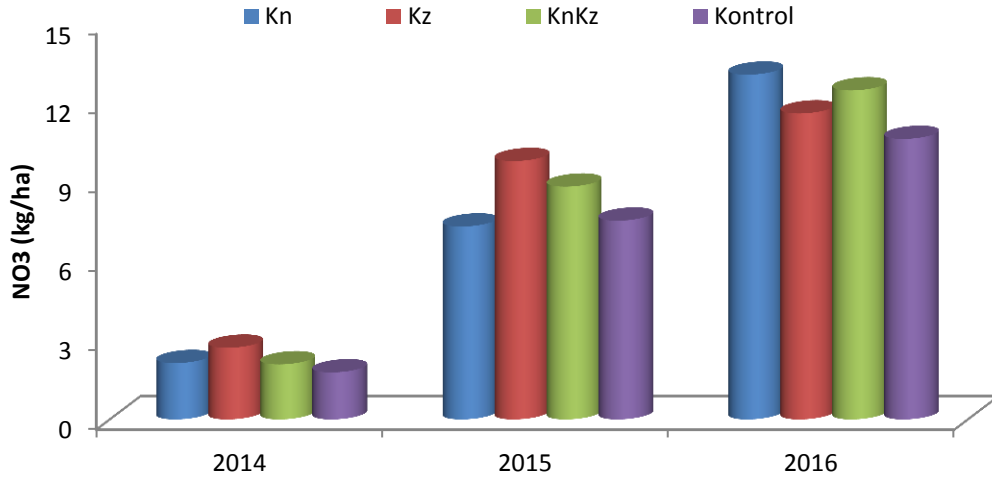
Ölçüm zamanı	0-5 cm derinlik kademesi				5-10 cm derinlik kademesi			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
Başlangıç	2,01 ^{a1}	2,42 ^{a1}	2,54 ^{a1}	1,68 ^{a1}	2,13 ^{a1}	2,72 ^{a1}	2,09 ^{a1}	1,78 ^{a1}
1-12 Ay	13,06 ^{a2}	11,83 ^{a2}	11,91 ^{a2}	9,39 ^{a2}	7,31 ^{a2}	9,79 ^{a2}	8,83 ^{a2}	7,54 ^{a2}
13-24 Ay	14,10 ^{a2}	13,07 ^{a2}	15,09 ^{a2}	13,48 ^{a3}	13,07 ^{a3}	11,60 ^{a2}	12,47 ^{a3}	10,63 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Ölçüm zamanına göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki nitrat (NO_3) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 69 ve Şekil 70'te verilmiştir.



Şekil 69. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama mineral nitrat (kg/ha) değerleri değişimi



Şekil 70. 5-10 cm derinlik kademesinde ortalama mineral nitrat (kg/ha) değerleri değişimi

3.5.3 Mineralleşme (NH_4+NO_3)

2014 ile 2016 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılâğaç”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılâğaç” ve “Kontrol” alanlarının iki farklı toprak derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-10cm) analiz edilen topraklardan elde edilen toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) miktarları Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo verilerinden de görüleceği üzere; toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) değerleri 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinlik kademelerinde deneme alanı gruplarının tamamında artmıştır. 2016 yılı sonu itibarı ile en yüksek azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) değerleri 0-5 cm toprak derinlik kademesinde karışık Doğu kayını - Sakallı kızılâğaç deneme alanlarında, 5-10 cm derinlik kademesinde Doğu kayını deneme alanlarına ölçülmüştür.

Deneme alanlarındaki toprakların toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) miktarındaki değişikliklerin dikim şekline göre (Kz, Kn, KzKn ve Kontrol) anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizine göre toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) değerlerinin istatistiki anlamda farklılıklar göstermediği anlaşılmıştır (Tablo 32), ($\alpha>0,05$).

Yıllara göre deneme alanları grupları içerisinde toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) oranındaki azalmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme alanları gruplarında farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Tukey HSD

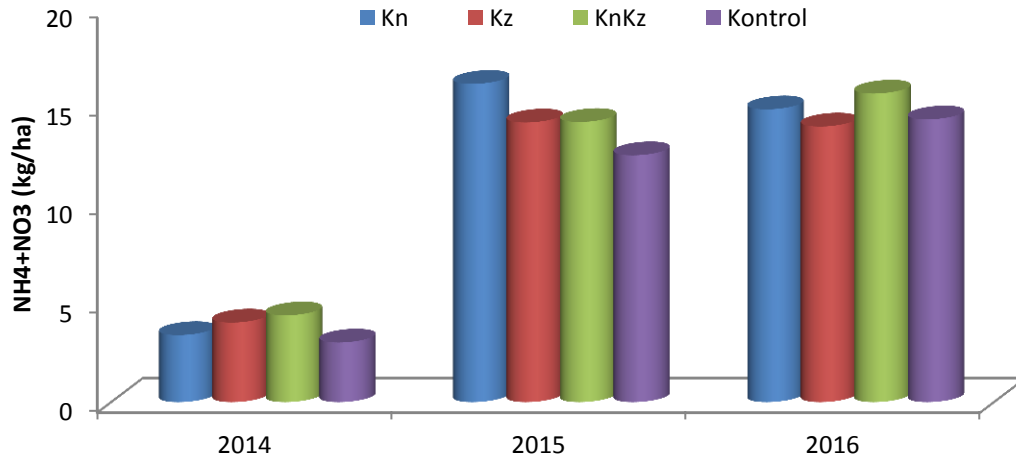
testine göre oluşan farklılıklar Tablo 32’de verilmiştir. 2016 yılı sonu verilerine göre her iki derinlik kademesinde de bütün deneme alanlarında başlangıç değerlerinde oranla topraklardaki toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) miktarında anlamlı artmalar olmuştur ($\alpha<0,05$).

Tablo 32. Mineral azot (NH_4+NO_3 (kg/ha)) değerleri (0-24 ay)

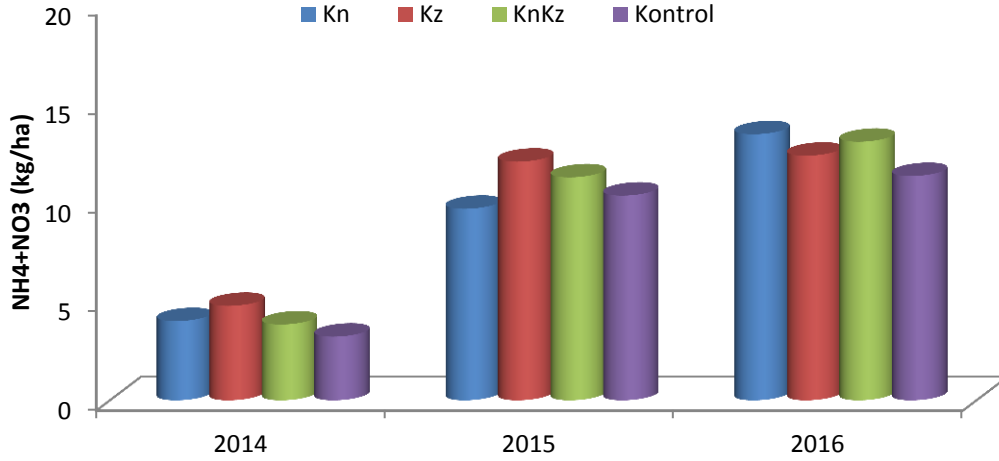
Ölçüm zamanı	0-5 cm derinlik kademesi				5-10 cm derinlik kademesi			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
Başlangıç	3,40 ^{a1}	4,03 ^{a1}	4,40 ^{a1}	3,02 ^{a1}	4,01 ^{a1}	4,78 ^{a1}	3,84 ^{a1}	3,22 ^{a1}
1-12 Ay	16,13 ^{a2}	14,17 ^{a2}	14,20 ^{a2}	12,51 ^{a2}	9,69 ^{a2}	12,07 ^{a2}	11,28 ^{a2}	10,36 ^{a2}
13-24 Ay	14,84 ^{a2}	13,97 ^{a2}	15,64 ^{a2}	14,33 ^{a2}	13,46 ^{a2}	12,38 ^{a2}	13,08 ^{a2}	11,35 ^{a2}

^{a,b,c}: Dikim alanlarına göre homojen gruplar (satırlar), ^{1,2,3}: Ölçüm zamanına göre homojen gruplar (sütunlar)

Deneme alanlarındaki azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) değerlerinin değişimlerini gösteren grafikler Şekil 71 ve Şekil 72’de verilmiştir.



Şekil 71. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama toplam azot mineralleşmesi (kg/ha) değerleri değişimi



Şekil 72. 5-10 cm derinlik kademesinde ortalama toplam azot mineralleşmesi (kg/ha) değerleri değişimi

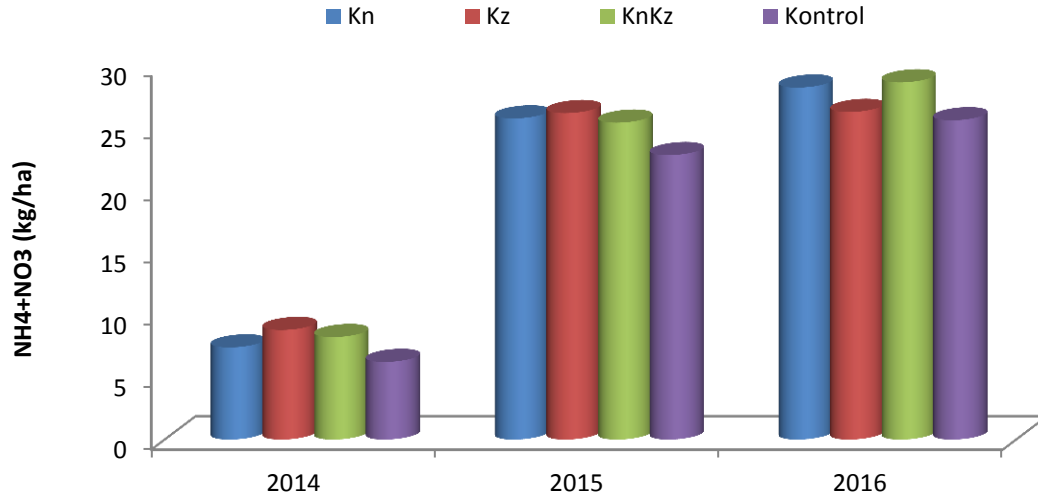
2014 ile 2017 yılları arasında; “Doğu kayını”, “Sakallı kızılbaş”, “Karışık Doğu kayını-Sakallı kızılbaş” ve “Kontrol” alanlarının Toplam (0-10 cm) mineralleşme değerleri Tablo 33’de verilmiştir.

Toplam mineralleşme verileri değerlendirildiğinde dikimle birlikte mineralleşme miktarlarında ciddi artışlar görülmüştür. En fazla mineralleşme miktarı karışık doğu kayını – sakallı kızılbaş deneme alanlarında tespit edilmiştir.

Tablo 33. Dikim sahalarındaki 24 aylık dönemde 0-10 cm toprak derinlik kademesindeki ortalama toplam mineral azot değerleri

Ölçüm Zamanı	Deneme Alanları			
	Kn	Kz	KnKz	Kontrol
Başlangıç	7,41	8,81	8,24	6,24
1-12 Ay	25,82	26,25	25,48	22,87
13-24 Ay	28,3	26,34	28,72	25,67

Deneme alanlarındaki toplam azot mineralleşmesi (NH_4+NO_3) değerlerinin değişimlerini gösteren grafik Şekil 73’de verilmiştir.



Şekil 73. 0-10 cm derinlik kademesinde ortalama toplam azot mineralleşmesi (kg/ha) değerleri değişimi

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kızılağaçlar hızlı gelişen endüstriyel orman ağaçlarındandır (Batu ve Kapucu, 1995). Hızlı gelişmesinin yanında azot bağlayan bakterilere sahip olması (*actinorhizal bitki*) kızılağaçları daha da önemli kılmaktadır. Köklerinde bulunan *Frankia* bakterileri ile simbiyotik ilişki kuran kızılağaçlar bu bakterilerin desteği ile havanın azotunu bitkilerin kullanabileceği hale dönüştürmektedirler. Bu şekilde kızılağaçlar hem kendi azot ihtiyacını karşılamakta ve hem de bulunduğu topraklara azot katkısı yapmaktadırlar (Cole ve Newton, 1986, 1987; Figueiredo ve ark. 2010; Orczewska ve ark. 2012). Aynı zamanda birarada bulundukları diğer türlerin gelişimine de katkı sağlamaktadırlar. Nitekim Japon Melezleri (*Larix kaempferi* L) (Moffat, 2000), Douglas Göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), (Binkley ve ark, 1984; Binkley 2003), kavaklar (Kanneh ve ark, 2015) ve Saplı meşeler (*Quercus robur* L) (Battipaglia ve ark, 2017) ile kızılağaçların birlikte yetiştirilmelerinde saf halde yetiştirilmelerine oranla daha iyi artım yaptıkları bildirilmiştir.

İki veya çok sayıda farklı türün bir arada bulunması durumunda fidan gelişiminde farklı yetiştirme ortamı şartlarının yanı sıra türler arası rekabetin de önemli etkisi olduğu bilinmektedir (Miller ve ark., 2005). Işığa ve kıt olan besin kaynaklarına ulaşma stresinden dolayı sık veya karışık yetiştirilen türler daha fazla gelişme gösterebilmektedirler. Nitekim azot bağlayan bakterilere sahip bitkilerle yapılan bazı önemli araştırmalarda azot bağlayan bakterilerin katkısından daha ziyade karışık yetiştirilen türlerin rekabete dayalı olarak daha fazla artım yapma eğiliminde olduğu görülmüştür (Binkley ve ark. 1984; Miller ve ark., 2005; Comeau ve ark., 2007).

Bu projede, Sakallı kızılağaçlarla birlikte yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının gelişmesine Sakallı kızılağaçların etkisinin olup olmayacağının belirlenmesi amaçlanmıştır. 2014 yılında saf halde Doğu kayını, saf halde Sakallı kızılağaç ve karışık halde Sakallı kızılağaç ve Doğu kayını fidanları 1 m x 1 m aralık mesafe dikilmiştir. Dikimlerden sonra üç yıl geçmiştir. Geline durumda saf doğu kayını alanlarında henüz rekabet şartlarının başlamadığı, saf Sakallı kızılağaç meşcerelerinde hem toprakta hem de havada rekabetin başladığı, karışık Sakallı kızılağaç-doğu kayını meşcerelerinde ise rekabetin sadece havada başladığı düşünülmektedir.

Saf ve karışık yetiştirilen fidanların gelişimlerinin üç yıllık kısa dönem sonuçları değerlendirildiğinde; Sakallı kızılağaçlarla birlikte karışık yetiştirilen Doğu kayını fidanlarının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha fazla kök boğazı çapı, fidan boyu, kök kuru

ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, fidan ağırlığı ve fidan halka genişliği yaptıkları görülmüştür. Sakallı kızılâğaç fidanları da Doğu kayını fidanları ile karışık olarak yetiştirildiklerinde saf olanlara oranla daha fazla kök boğazı çapı ve fidan halka genişliği yapmışlardır.

Doğu kayını fidanlarının karışık halde yetiştirilmesi sonrasında daha fazla gelişmesinin Sakallı kızılâğaçların köklerinde bulunan *Frankia* bakterilerinden kaynaklandığını şimdiden iddia etmek doğru olmayabilir. İlk yıllarda görülen bu artım farklılıklarının Sakallı kızılâğaçların bağladıkları azot desteğiyle mi, yetiştirme ortamının özelliklerindeki farklılıkları ile mi, dikim aralık mesafesi ile ilgili mi, yoksa türler arası rekabete mi dayalı olduğu şimdilik tartışma konusudur. İlerleyen zamanlarda rekabet etkisinin de artmasıyla birlikte daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabileceği beklenmektedir.

Ağaçlandırma çalışmalarında dikimlerden sonra zamanla fidanların büyümesi ile birlikte toprak özelliklerinde de anlamlı değişikliklerin olması beklenmektedir. Yapılan araştırmalara göre toprak tekstürünün önemli bileşenlerinde olan kum miktarlarının önemli oranlarda azaldığı görülmüştür (Özel, 2008; Çepel, 1985; Tolay ve ark., 1982; Kantarcı, 1982; Korkanç, 2014). Kil miktar oranlarının arttığı ve toz miktar oranlarının değişmediği bildirilmiştir (Özel, 2008; Özalp ve ark, 2015; Yüksek ve Ark. 2010). Ağaçlandırmaların genellikle toprak reaksiyonunu pH değerini artırdığı (asitliği azalttığı) yapılan önemli çalışmalar ile ortaya konmuştur (Özel, 2008; Özalp ve ark 2015; Boucher ve ark, 2007; Korkanç, 2014). Yine ağaçlandırmalarla makineli toprak işlemesi yapılan alanların toprağında ilk dönemlerde azalan organik madde miktarlarının uzun dönemde arttığı bildirilmektedir (Özel, 2008; Çepel, 1995; Ayık ve ark,1985; Sutinen ve ark, 2006).

Bu projeden elde edilen bulgulara göre dikimlerden sonraki üç yıl içerisinde yıllara göre kum yüzdeleri saf yetiştirilen Sakallı kızılâğaçlar hariç diğer deneme alanlarının değişik derinlik kademelerinde anlamlı olarak değişmiştir. Kil yüzdeleri karışık Sakallı kızılâğaç - Doğu kayını alanlarının 5-10 cm derinlik kademelerinden başka bütün deneme alanlarında anlamlı olarak değişmiştir. Yıllara göre toz yüzdeleri ise sadece karışık Sakallı kızılâğaç - Doğu kayını deneme alanlarının 10-30 cm derinlik kademesinde anlamlı farklılık göstermiştir.

pH değerleri kontrol alanlarının 10-30 cm derinlik kademesi hariç diğer bütün deneme alanlarında bütün derinlik kademelerinde beklendiği şekilde 2017 yılında anlamlı bir şekilde artmıştır.

Organik madde oranı ise kontrol alanlarının 0-5 cm ve karışık Sakallı kızılâğaç - Doğu kayını deneme alanlarının 10-30 cm derinlik kademeleri hariç diğer bütün deneme alanlarının derinlik kademelerinde gurup içlerinde yıllara göre anlamlı değişkenlik göstermişlerdir.

Yıllara göre her bir gurup içinde tekstür, pH ve organik madde miktarlarında olan anlamlı değişiklikler gruplar arasına yansımamıştır. Sakallı kızılâğaçların saf olarak yetiştirilmesi, Doğu kayınlarının saf olarak yetiştirilmesi veya her iki türün karışık halde yetiştirilmesi ve arazinin boş bırakılması (kontrol) toprakların tekstür, pH ve organik madde oranlarında henüz anlamlı bir değişiklik göstermemiştir. Bunların nedenlerinin dikimlerden sonra henüz yeterli sürenin geçmemiş olması, fidanların ilk yıllarda yaşadıkları dikim şoku veya uyum sağlama sürecinin gecikmesi gibi faktörlerin olabileceği düşünülmektedir. Gelecek yıllarda guruplar arasında da kum, kil toz, pH ve organik madde yapısında anlamlı değişiklikler olacağı beklenmektedir.

Toprak özelliklerini yanında ağaçlandırma ile birlikte bitkilerin toprakları sömürmesi, topraktaki besin maddesi oranlarını azaltması beklenmektedir. Hatta hızlı büyüyen tür olan kızılâğaç sahalarında topraklardaki besin elementlerinin daha fazla alınması beklenen bir durumdur.

Proje alanında yıllara göre değişen azot miktarları dikkate alındığında Saf Sakallı kızılâğaç alanlarının 0-5 cm derinlik kademesinde, karışık Sakallı kızılâğaç-Doğu kayını ve kontrol alanlarının 0-5 cm ve 5-10 cm derinlik kademeleri hariç diğer deneme alanlarının bütün derinlik kademelerinde anlamlı azalmalar olmuştur. Azot miktarı başlangıçta bütün deneme alanlarında oldukça yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni toprak işlemesi sırasında alanda bulunan yoğun diri örtünün toprağa karışıp ayrışması sonucu olduğu düşünülmektedir. Nitekim organik madde yüzdesi oranları da ilk yıllarda yüksek miktardadır. Üç yıl içerisindeki azot oranındaki azalmalar değerlendirildiğinde saf Doğu kayını alanlarında daha fazladır. Buna karşılık Sakallı kızılâğaç ve Sakallı kızılâğaçla birlikte yetiştirilen Doğu kayını alanlarında azot miktarındaki azalma seyrinin daha yavaş olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin değerlendirmenin henüz erken olmasına rağmen kızılâğaçların köklerindeki azot bağlayan bakteriler olabileceği düşünülmektedir. Dikim şekline göre oluşan guruplar arasındaki farklılıklar dikkate alındığında da azot miktarlarındaki azalma seyrinin hemen bütün alanlarda benzer olduğu görülmüştür. Kontrol alanlarında 2015 yılındaki 0-5 cm derinlik kademesindeki azot miktarındaki değişim oranı diğer deneme alanlarına göre anlamlı şekilde artmıştır. Azot değerleri 2016 yılında 0-5 cm derinlik kademesinde saf Doğu kayını deneme alanlarında azalma, diğerlerinde anlamlı bir şekilde artmıştır. Kontrol alanlarındaki

2015 ve 2016 yıllarındaki azot değerlerindeki artma eğiliminin diri örtü temizliği ile toprağa karışmış olan organik maddeden üretilen azotun dikim yapılmadığı için kullanılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 2016 yılındaki doğu kayını miktarlarındaki azalmanın fidanların topraktaki biriken azotu aktif olarak kullanmalarından kaynaklandığı, Sakallı kızılâğaçların bulunduğu alanlardaki azot oranındaki artma eğiliminin yine henüz erken olmasına rağmen köklerdeki bakterilerin ürettiği azot miktarı nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Fosfor miktarları bütün deneme alanları guruplarında 2015 yılında artmış, daha sonraki yıllarda ise azalma eğilimi göstermiştir. Bunun nedeninin toprak işleme ile birlikte toprağa karışan organik maddede bulunan fosforun 2015 yılında ayrışması olabileceği, 2016 ve 2017 yıllarında ise dikilmiş olan fidanların fosforu etkin bir şekilde kullandığı veya yağın aşırı yağışlarla yıkıldığı düşünülmektedir. Yıllara göre kontrol gurubunda 0-5 cm derinlik kademesinde ve saf yetiştirilen Doğu kayını gurubunda 5-10 cm derinlik kademesinde 2015 yılındaki artma, 2016 ve 2017 yıllarında azalma istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki kontrol alanlarındaki 2015 yılındaki miktarın fazla olması azot miktarlarında olduğu gibi diri örtü temizliği ile toprağa karışmış olan organik maddeden üretilen fosforun alanlarda fidan bulunmadığı için kullanılmamasından kaynaklandığı, daha sonraki yıllardaki azalmasının ise yıkanmadan olabileceği düşünülmektedir. Dikim şekline göre oluşan guruplar arasındaki farklılıklar dikkate alındığında da topraklardaki fosfor miktarlarındaki artma ve azalma seyrinin 0-5 cm toprak derinlik kademesindeki kontrol alanlarında farklı, diğer bütün alanlarda benzer olduğu görülmüştür. Dikim alanları arasında tür farklılığının fosfor miktarları üzerinde önemli düzeyde olmamasının fidanların henüz gelişimini sağlayamaması ve topraklara yeterli miktarda organik madde katkısının olmamasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yıllara göre deneme alanları gurupları içerisindeki potasyum miktarlarının değişim oranları anlamlı bulunmamıştır. Deneme alanları gurupları arasında ise 0-5 cm toprak derinlik kademesinde saf sakallı kızılâğaç alanlarındaki potasyum miktarı diğer deneme alanlarına göre anlamlı bir şekilde daha az bulunmuştur. Hızlı büyüyen ve yetiştirme ortamını sömüren bir tür olan Sakallı kızılâğaçların potasyumu diğer alanlara göre daha fazla kullandığı düşünülmektedir. .

Kalsiyum ve Magnezyum değerleri yıllara göre her bir gurup içerisinde benzer şekilde değişim göstermişlerdir. Yine deneme alanı gurupları arasında topraklardaki kalsiyum ve magnezyum miktarları arasında anlamlı bir değişiklik görülmemiştir.

Gurup içerisinde yıllara göre sodyum değerleri bakımından değerlendirildiğinde 5-10 cm toprak derinlik kademesindeki saf Doğu kayını ve saf Sakallı kızılağaç guruplarındaki 2016 yılındaki anlamlı azalmalar dikkat çekicidir. Karışık Sakallı kızılağaç- Doğu kayını alanlarında benzer bulgu olmamasından dolayı şimdilik nedenleri konusunda fikir yürütülememektedir. Deneme alanı gurupları arasında topraklardaki sodyum miktarları arasındaki değişim miktarları benzer olmuştur. Anlamlı bir değişiklik görülmemiştir.

Tarla kapasitesi yüzdeleri saf kızılağaç deneme alanlarında 2016 ve 2017 yıllarında anlamlı bir şekilde azalmıştır. Solma noktası yüzdeleri kontrol alanları hariç diğer deneme alanlarında zamana göre anlamlı değişimler göstermiştir. Faydalı su kapasitesi ise 0-5 cm derinlik kademesindeki Saf kızılağaç deneme alanları hariç diğer deneme alanlarında yıllara göre her bir işlem gurubu içerisinde anlamlı olarak değişmiştir. Ancak işlemler arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Toprakların tekstür değerlerinde fark oluşmadığı gibi farklı dikimlerin yapıldığı deneme alanlarının topraklarında da tarla kapasitesi, solma noktası ve faydalı su kapasitesi yüzdeleri açısından herhangi bir fark oluşmamıştır.

Toprak verimliliğinin bir göstergesi olan toprak solunumu değerleri değerlendirildiğinde, 2014 yılında yapılan dikimlerden sonra 2017 yılına kadar her bir deneme alanı gurubundaki toprak solunum değerleri anlamlı bir şekilde değişmiştir. Deneme alanları gurupları arasında ise karışık yetiştirilen Doğu kayını-Sakallı kızılağaç deneme alanlarında toprak solunumu değerleri diğer deneme alanlarına göre daha fazla bulunmuştur. Mikrobiyal solunum değerlerinde de hem deneme alanı gurupları arasında hem de yıllara göre önemli düzeyde farklılıklar bulunmuştur. Beklenti *Franki alnus*'tan kaynaklı olarak saf Sakallı kızılağaç deneme alanlarında hem toprak solunum değerlerinin hem de mikrobiyal solunum değerlerinin diğer alanlara göre daha fazla olmasıdır. İlk elde edilen toprak ve mikrobiyal solunumu değerlerine göre 2015 yılındaki fazlalığında diri örtü temizliği sırasında toprağa karışan organik madde miktarlarının etkili olduğu düşünülmektedir. Henüz deneme alanlarında *Frankia* bakterisinin etkisini görülmediği anlaşılmaktadır. Gelecek yıllarda Sakallı kızılağacın köklerinde bulunan *Franki alnus*'un saf ve karışık yetiştirildiği alanlarda toprak solunumuna daha fazla katkı sağlayacağı beklenmektedir.

Mineralleşme sonuçları değerlendirildiğinde amonyum, nitrat ve toplam azot mineralleşme verimleri üzerinde Sakallı kızılağaç ve Doğu kayını fidanlarının saf veya karışık olarak yetiştirilmesinin henüz istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Her bir gurup için amonyum, nitrat ve azot mineralleşme potansiyelinin değişiminde zamanın önemli etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Toprak sıcaklığı ve nemi amonyum ve nitrat oluşumunu

etkilyen en önemli faktörlerdendir (Küçük,2013). Bu bağlamda zamana göre anlamlı değişen mineralleşme miktarlarında mevsimsel sıcaklık ve nem değerlerinin etkisinin olduğu düşünülmektedir. *Frankia alnus* topraklarda azot mineralleşme potansiyelini artırmaktadır (Dawson ve Hanse,1983, Binkley ve ark,1992, Roethe ve ark 2002, Meyer ve ark. 2014). Toprak solunumu ve mikrobiyal solunumda olduğu gibi gelecek yıllarda Sakallı kızılbaşacın saf ve karışık olarak yetiştirildiği deneme alanlarında daha fazla olacağı beklenmektedir.

5. ÖNERİLER

Azot, doğada en fazla bulunan element olmasına rağmen bitki beslenmesinde en fazla eksikliği görülen elementtir. Daha çok tarım sektöründe kısmen de ormancılık sektöründe ihtiyaç duyulan azot, yüksek enerji maliyetleri ödenerek endüstriyel gübre olarak üretilmektedir.

Köklerinde azot bağlayan bakterilere sahip olan kıızılağaçlar; bulundukları alanlarda hem azot bakımından toprağı zenginleştirmekte hem de bitkilerin besin alımlarını kolaylaştırmaktadırlar. Birçok ülkede bu özelliklerinden dolayı tarım sektöründe yapay gübrelerin yerine kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda hızlı büyüyen tür plantasyonlarında türlerin gelişimini desteklemek amacıyla da kullanılmaktadırlar.

Doğu karadeniz bölgesinde doğal olarak yayılış gösteren sakallı kıızılağaç ta azot bağlayıcı özelliğinden dolayı yöre de özellikle fakir toprakların azot bakımından zenginleştirilmesi ve bu alanlarda diğer türlerle yapılacak dikim çalışmalarında gelişimlerini desteklemesi noktasında önem taşımaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar kayın fidanlarının daha iyi gelişim yapabilmesi için kıızılağaç fidanları ile birlikte dikilebileceklerini göstermektedir. Yapılan bu çalışma diğer önemli asli türlerimiz için de tekrarlanabilir niteliktedir. Ancak gelişim üzerine etkisinin değerlendirilmesi noktasında daha uzun vadeli sonuçların ele alınması yararlı olacaktır. Çünkü kıızılağaçlar hızlı büyüdüğünden bitkilerin gelişimi üzerindeki olumlu etkisi zamanla baskı ve rekabetin artmasıyla birlikte azalabilmekte ve hatta olumsuz etki yapabilmektedir. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği süreç içerisinde sakallı kıızılağaçların kayın fidanları üzerine herhangi bir olumsuz etkisi gözlenmemiştir. Ancak ilerleyen yıllarda bu etkinin ortaya çıkması muhtemeldir. Bu nedenle deneme alanlarının kurulduğu bu sahalar devamlı deneme alanı olarak muhafaza edilmeli ve uzun vadeli sonuçların alınmasına olanak sağlanmalıdır.

Sakallı kıızılağacın bu çalışmada kayın fidanlarının gelişimi ve toprak özellikler üzerine olumlu etkilerine dayanarak, rehabilitasyon ve restorasyon sahalarında toprağı ıslah etmesi amacıyla ve azot eksikliğinin görüldüğü orman alanlarında da destekleyici tür olarak kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Aber, J. D., Nadelhoffer, K. J., Steudler, P., Melillo, J. M., 1989. "Nitrogen saturation in northern forest ecosystems". *BioScience*, 39 (6). 378-286.
- Alef, K., 1995. "Soil respiration", In: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. eds. K. Alef and P Nannipieri, Academic Press, London, pp. 214–218
- Algan, F.T.K., Bilen, S. 2005. "Toprak Kirlenmesi ve Biyolojik Çevre" *Journal of the Faculty of Agriculture*, 36 (1) 83-88.
- Anonim, 2010. "Arhavi Merkez Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı", Arhavi- Artvin.
- Anşın, R ve Özkan, Z.C. 1997. "Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar", KTÜ Orman Fak., Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No:19, 513 S., Trabzon.
- Ayan, S., Sivacioğlu, A. 2006. "Review of the Fast Growing Tree Species in Turkey". *Biol. Inf CEDEU* 2 , 57-71.
- Ayık, C., Yılmaz, H., Zoralioğlu., T., 1985. "Ağaçlandırma sahalarında kullanılan diri örtü temizliği ve toprak işleme ekipmanlarının toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına etkileri". In: *Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği I. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 8-12 Temmuz 1985, Bolu, 279-298.
- Barker, A.V., Pilbeam, D.J. (Eds.), 2015. "Handbook of plant nutrition". CRC press. 726 s. (Nitrogen; 17-64 s)
- Batista-Santos, P., Duro, N., Rodrigues, A. P., 2015. "Is salt stress tolerance in *Casuarina glauca* sieb. ex spreng. associated with its nitrogen-fixing root-nodule symbiosis? An analysis at the photosynthetic level". *Plant Physiol Biochem* 9 (6), 97-109
- Battipaglia, G., Pelleri, F., Lombardi, F., Altieri, S., Vitone, A., Conte, E., Tognetti, R., 2017. "Effects of associating *Quercus robur* L., *Alnus cordata* Loisel. on plantation productivity and water use efficiency". *Forest Ecology and Management*, 39 (1), 106-114.
- Batu, F., Kapucu, F., 1995. Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağac Mescerelerinde Bonitet Endeksi ve Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildirileri, 349-362.
- Benson, D.R., Silvester, W.B. 1993. "Biology of Frankia strains, actinomycete symbionts of actinorhizal plants". *Microbiol Rev* 5 (7), 293–319.
- Berry, A. M., McIntyre, L., McCully, M. E. 1986. "Fine structure of root hair infection leading to nodulation in the Frankia–*Alnus* symbiosis". *Canadian Journal of Botany*, 64 (2). 292-305.
- Binkley, D. 2003. "Seven decades of stand development in mixed and pure stands of conifers and nitrogen-fixing red alder". *Canadian Journal of Forest Research*, 33(11). 2274-2279.
- Binkley, D., Bell, R., Pollins, S., 1992. "Soil nitrogen transformations in adjacent conifer and alder/conifer stands". *Canadian journal of forest*. In press.

- Binkley, D., Lousier, J.D., Cromack, K. 1984. "Ecosystem effects of Sitka alder in a Douglas-fir plantation", *Forest Sci.*, 30 (1). 26-35.
- Bottomley, P. J., Myrold, D. D. 2014. "Biological N inputs", *Soil microbiology, ecology and biochemistry*, 3, 365-388.
- Boucher, J.F, Bernier PY, Margolis HA, Munson AD 2007. "Growth and physiological response of eastern white pine seedlings to partial cutting and site preparation". *Forest Ecology and Management* 240, 151-164.
- Bremner, J., M., and Keeney, D., R., 1965. "Steam Distillation Methods for Determination of Ammonium, Nitrate and Nitrite". *Analalytica Chemica Acta*, 32, 485-495
- Brockley, R.P., Sanborn, P., 2003. "Effects of Sitka alder on the growth and foliar nutrition of young lodgepole pine in the central interior of British Columbia", *Can. J. For. Res.* 33: 1761–1771
- Cameron, K. C., Di, H. J., Moir, J. L. 2013. "Nitrogen losses from the soil/plant system: a review". *Annals of Applied Biology*, 1622. 145-173.
- Cherkasov, N., Ibhadon, A. O., Fitzpatrick, P. 2015. "A review of the existing and alternative methods for greener nitrogen fixation". *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 90, 24-33.
- Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, P., Rondeux, J. 2010. "A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices". *Forestry*, 83 2. 163-175.
- Cole, E.C., Newton, M., 1986. "Nutrient, moisture, and light relations in 5-year-old Douglas-fir plantations under variable conditions". *Can. J. For. Res.* 16, 727–732.
- Cole, E.C., Newton, M., 1987. "5th year responses of Douglas-Fir to crowding and nonconiferous competition". *Can. J. For. Res.* 17, 181–186.
- Comeau, P., Fielder, P., Harper, G., and Thomas, K. 2007. "Assessing the competitive effects of red alder on coastal conifer plantations". 91:12-13.
- Çakmakçı, R. 2005. "Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı", *Journal of the Faculty of Agriculture*, 361. 97-107.
- Çepel, N., 1978. "Orman Ekolojisi", İ.Ü. Or. Fak. Yayın No, 257. İstanbul, 534 s.
- Çepel, N., 1988. "Orman Ekolojisi", İ.Ü. Or. Fak. Yayın No, 389. İstanbul, 157 s.
- Çepel, N., 1985. "Ağaçlandırma çalışmalarında uygulanan toprak işlemesine ilişkin mekanizasyonun ekolojik sonuçları". *Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği I. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 8-12 Temmuz 1985, Bolu, 250-278.
- Çepel, N., 1995. "Orman Ekolojisi". İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Matbaası, No: 426, İstanbul.
- Dale, M. E. 1963. "Interplant alder to increase growth in strip-mine plantations". *USDA Forest Serv. Res. Note CS-14*, 4 p.

Dalgaard, T., Hansen, B., Hasler, B., Hertel, O., Hutchings, N. J., Jacobsen, B. H., Jensen, L.S., Krovang, B. Olesen, E.J Kristensen, I. S. 2014. "Policies for agricultural nitrogen management—trends, challenges and prospects for improved efficiency in Denmark". *Environmental Research Letters*, 9(11): 115002.

Dawson JO, 2007. "Ecology of actinorhizal plants. In *Nitrogen-fixing actinorhizal symbioses*", Springer Netherlands, pp. 199-234.

DeBell, D. S., and Radwan, M. A., 1979. "Growth and nitrogen relations of coppiced black cottonwood and red alder in pure and mixed plantations". *Bot. Gaz.* 140: \$97-S101.

Delgado, J. 2017. "Effect of management on nitrogen budgets and implications for air, soil, and water quality" In *Western Nutrient Management Conference Proceedings* pp. 1-9.

Diagne, N., Arumugam, K., Ngom, M., Nambiar-Veetil, M., Franche, C., Narayanan, K. K., Laplace, L. 2013. "Use of *Frankia* and actinorhizal plants for degraded lands reclamation". *BioMed research international*, 2013.

Dos Santos, P. C., Fang, Z., Mason, S. W., Setubal, J. C., Dixon, R. 2012. "Distribution of nitrogen fixation and nitrogenase-like sequences amongst microbial genomes". *BMC genomics*, 13: 131-162.

Elser, J. J., Bracken, M. E. S., Cleland, E. E., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., Smith, J. E. 2007. "Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems". *Ecology Letters*, 10, 1135-1142.

Erinç, S. 1996. "Klimatoloji ve Metodlari (Climatology and Methods)". Alfa Basım Yayım IV. Baskı, İstanbul. 334 s.

Figueiredo, M., Seldin L., de Araujo F. F., Mariano, R, 2010. "Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications". In *Plant growth and health promoting bacteria* Springer, Berlin Heidelberg, pp. 21-43.

Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S., Sheppard, L. J. Jenkins, A Grizzetti, B, Galloway, J. N., Vitousek, P., Leach, A., Bouwman, A.F., Bahl, K.B., Dentener, F., Stevenson, D., Amann, M., Voss, M. 2013. "The global nitrogen cycle in the twenty-first century". *Phil. Trans R. Soc. B* 368: 20130164, 1-13.

Galloway, J. N., Townsend, A. R., Erisman, J. W., Bekunda, M., Cai, Z., Freney, J. R., Martinelli L. A. Seitzinger, S. P. Sutton, M. A. 2008. "Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions". *Science*, 320, 889-892.

Genç, M., 2004. "Silvikültürün Temel Esasları", SDÜ Orman Fak., Yayın No:44, 341 s, Isparta.

Gerlach, A. 1973. "Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoffnetto-mineralisation". *Scripta Geobotanica*, Bd., 5, Göttingen, Goltze.

Green, L. C., Wagner, D. A., Glogowski, J., Skipper, P. L., Wishnok, J. S., Tannenbaum, S. R. 1982. "Analysis of nitrate, nitrite, and [15N] nitrate in biological fluids". *Analytical biochemistry*, 126(1), 131-138.

Gruber, N., and Galloway, J. N. 2008. "An Earth-system perspective of the global nitrogen cycle". *Nature*, 451(7) 176. 293.

- Gupta, A, Gopal, M, Tilak, K.V. 2000. "Mechanism of plant growth promotion by rhizobacteria". Indian J Exp Biol. 38:856–862
- Gülçur, F., 1974. "Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Yöntemleri". İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, O.F Yayın No, 201, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, S. 225.
- Güleryüz, G., 1992. "Uludağ Alpin Zonu Bazı Bitki Topluluklarında Besin Maddesi Dolaşımı ve Verimlilik Üzerinde Araştırmalar", Doktora Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
- Hamsa, N., Yogesh, G. S., Koushik, U., Patil, L. 2017. "Nitrogen Transformation in Soil: Effect of Heavy Metals". Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 6 (5), 816-832.
- Haynes R.J., Cameron K.C., Goh K.M., Sherlock R.R. 1986. "Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System". New York, NY, USA: Academic Press.
- Hessel, V., Anastasopoulou, A., Wang, Q., Kolb, G., Lang, J. 2013. "Energy, catalyst and reactor considerations for (near)-industrial plasma processing and learning for nitrogen-fixation reactions". Catalysis today, 211, 9-28.
- Hoffman, B. M., Lukoyanov, D., Yang, Z. Y., Dean, D. R., Seefeldt, L. C. 2014. "Mechanism of nitrogen fixation by nitrogenase: the next stage". Chemical reviews, 114(8), 4041-4062.
- Jia, H. P., Quadrelli, E. A. 2014. "Mechanistic aspects of dinitrogen cleavage and hydrogenation to produce ammonia in catalysis and organometallic chemistry: relevance of metal hydride bonds and dihydrogen". Chemical Society Reviews, 432. 547-564.
- Kalaycı, Ş. (Ed.), 2006. "SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri", 6. Basım ISBN: 9789759091148, 426 s., Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kalra, Y. P., Maynard, D. G. 1991. "Methods manual for forest soil and plant analysis". Vol. 319. Northern Forestry Publication. Alberta, Canada.
- Kanneh E., Lakzian A., Astarai A. ve Khavazi K., 2015. "Effects of mixed plantation of alder and poplar on population of Frankia nodulation in soil". Iranian journal of forest and poplar research, 23 2. 256-268.
- Kantarci. M. D. 1982. "Ağaçlandırma alanlarında arazi hazırlığı ve toprak işleminin orman yetişme ortamı üzerindeki etkileri". İst. Üni. Orman Fakültesi Dergisi, seri B, cilt, 32, sayı 2 (52-93) – İstanbul.
- Kaplan, M., Aktaş, M., Güneş, A., Alpaslan, M., Sönmez, S. 2000. "Türkiye Gübre Üretim ve Tüketiminin Değerlendirilmesi", Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 2, 881-900.
- Karaer, F., Gürlük, S. 2011. "Gelişmekte olan ülkelerde tarım-çevre-ekonomi etkileşimi". Doğu Üniversitesi Dergisi, 42. 197-206.
- Karthikeyan, A., Chandrasekaran, K., Geetha, M., Kalaiselvi, R. 2013. "Growth response of Casuarina equisetifolia Forst. rooted stem cuttings to Frankia in nursery and field conditions". Journal of biosciences, 38 (4). 741.
- Korkanç, S., Y., 2014. "Effects of afforestation on soil organic carbon and other soil properties". Catena, 123, 62-69.

Kraiser, T., Gras, D. E., Gutiérrez, A. G., González, B., Gutiérrez, R. A. 2011. "A holistic view of nitrogen acquisition in plants". *Journal of Experimental Botany*, 62, 1455-1466.

Küçük, M., 2013. "Farklı eğim ve bakı gruplarında bulunan meşe meşcerelerinde ve mera alanlarında azot mineralizasyonu ve toprak solunumunun belirlenmesi". Doktora Tezi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon.

Liu, K., Newman, M., McInroy, J. A., Hu, C. H., Kloepper, J. W. 2017. "Selection and Assessment of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Biological Control of Multiple Plant Diseases". *Phytopathology*,

Martinez-Espinosa RM, Cole JA, Richardson DJ, Watmough NJ 2011. "Enzymology and ecology of the nitrogen cycle". *Biochem Soc Trans* 39,175–178

Meyer, C., Lüscher, P., Schulin, R. 2014. "Recovery of forest soil from compaction in skid tracks planted with black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.", *Soil and Tillage Research*. 143.7-16.

Miller, Richard E.; Anderson, Harry W.; Murray, Marshall; Leon, Rick. 2005. "Comparative effects of urea fertilizer and red alder in a site III, coast Douglas-fir plantation in the Washington Cascade Range". Res. Pap. PNW-RP-565. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 28 p.

Miransari, M. 2014. "Plant growth promoting rhizobacteria", *Journal of Plant Nutrition*, 37 (14), 2227-2235.

Moffat, A. J. 2000. "Effects of inoculation with *Frankia* on the growth and nutrition of alder species and interplanted Japanese larch on restored mineral workings". *Forestry*, 73(3), 215-223.

Moreno-Jiménez, E., Fernández, J. M., Puschenreiter, M., Williams, P. N., Plaza, C. 2016. "Availability and transfer to grain of As, Cd, Cu, Ni, Pb and Zn in a barley agri-system: Impact of biochar, organic and mineral fertilizers". *Agriculture, Ecosystems Environment*, 219, 171-178.

Näsholm, T., Kielland, K., Ganeteg, U. 2009. "Uptake of organic nitrogen by plants". *New Phytologist*, 182, 31-48.

Newton, W.E. 2007. "Physiology, biochemistry and molecular biology of nitrogen fixation, In *Biology of the Nitrogen Cycle*" Bothe, H., Ferguson, S.J., Newton, W.E., eds. pp. 109–129, Elsevier, Amsterdam

Nkoa, R. 2014. "Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review". *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 473-492.

Orczewska A, Piotrowska A, Lemanowicz J, 2012. "Soil acid phosphomonoesterase activity and phosphorus forms in ancient and post-agricultural black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) woodlands". *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 8 (12), 81-86

Özalp, M., Dehşet, F., Turgut, B., Yıldırım, S., İnanlı, E., 2015. "Tahrip Edilmiş Eğimli Arazilerde Teraslama ve Ağaçlandırma Çalışmalarının Toprak Özelliklerini İyileştirmedeki Rolü". *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1-2), 74-88.

Özel, H.B., 2008. "Bartın-Ardıç Yöresindeki Orman Restorasyonu Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi", *Ekoloji* 18 (9),14-19

Öztürk, M., Pirdal, M., Özdemir F., 1997. "Bitki Ekolojisi Uygulamaları", Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No, 157, Bornova, İzmir.

Özyuvacı, N., 1978. "Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi", İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No, 233, İstanbul.

Page, 1982. "Methods of Soil Analysis: Chemical and Microbiological Properties". Part 2. Second Edition.

Pak M., Gülci N, 2017. "A comparative economic evaluation of bucking deciduous trees: A Case study of Oriental beech (*Fagus orientalis*) stands in Northeastern Turkey". *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(1), 72-79.

Plass, W. T. 1977. "Growth and survival of hardwoods and pine interplanted with European alder". *USDA Forest Serv. Res. Pap. Ng-376*. 10 p.

Qiao, C., Liu, L., Hu, S., Compton, J.E., Greaver, T.L., Li, Q. 2015. "How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input". *Global change biology*, 21(3) 1249-1257.

Radosevich, S.R., Hibbs, D.E., Ghera, C.M., 2006. "Effects of species mixtures on growth and stand development of Douglas-fir and red alder", *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 768-782.

Raich, J., W., Tufekcioglu, A., 2000. "Vegetation and Soil Respiration: Correlations and Controls", *Biogeochemistry*, 48, 71–90

Raymond, J., Siefert, J. L., Staples, C. R., Blankenship, R. E. 2004. "The natural history of nitrogen fixation". *Molecular biology and evolution*, 21(3), 541-554.

Revsbech, N. P., Sørensen, J. 2013. "Denitrification in soil and sediment" Vol. 56. Springer Science Business Media.

Rowell, DL., 1994. "Soil Science Methods and Applications". Longman Scientific and Technical, Singapore, 350 pp.

Saharan, B. S., Nehra, V. 2011. "Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review". *Life Sci Med Res*, 21,1- 30.

Sanborn, P., Brockley, R., Preston, C., 1997. "Effects of Sitka alder retention and removal on the growth of young lodgepole pine in the Central Interior of British Columbia". *Establishment Report. B.C. Ministry of Forests*. 66 p.

Santi, C., Bogusz, D., Franche, C. 2013. "Biological nitrogen fixation in non-legume plants". *Annals of Botany*, 11 (1), 743-767.

Sayed, W.F. 2011. "Improving Casuarina growth and symbiosis with Frankia under different soil and environmental conditions-review". *Folia Microbiol (Praha)* 5 (6),1-9

- Sharma, J.S., Dabral, B.G., Singh, K. 1985. "Edaphic and microclimatological studies with reference to regeneration of *Shorea robusta*". *Indian For.* 11 (1), 396–409.
- Shokri, D., Emtiazi, G. 2010. "Indole-3-acetic acid (IAA) production in symbiotic and non-symbiotic nitrogen-fixing bacteria and its optimization by Taguchi design". *Current microbiology*, 61(3), 217-225.
- Skadsen, J., Reilley, B., Gupta, K., Fiske, P., Moore, R. 2015. "Nitrification Control Strategies: What Is Nitrification and How Is It Managed?", *Opflow*, 41(1), 10-13.
- Smil, V. 2004. "Enriching the earth" Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production. MIT press.
- Sponseller, R. A., Gundale, M. J., Futter, M., Ring, E., Nordin, A., Näsholm, T., Laudon, H. 2016. "Nitrogen dynamics in managed boreal forests: Recent advances and future research directions". *Ambio*, 45 (2), 175-187.
- Stokdyk, J. P., and Herrman, K. S. 2014. "Short-term impacts of *Frangula alnus* litter on forest soil properties". *Water, Air, Soil Pollution*, 225 (6). 2000.
- Sutinen R, Päänttjä M, Teirilä A, Sutinen MJ 2006. "Effect of mechanical site preparation on soil quality in former Norway spruce sites". *Geoderma* 13 (6), 411-422.
- Thornthwaite, C. W. 1948. "An approach toward a rational classification of climate". *Geographical review*, 38 (1), 55-94.
- Tolay, U., Hazal, A., Dönmez, E 1982. "Çeşitli toprak işleme yöntemlerinin Kerpe yöresindeki bozuk baltalıklarda ince tekstürlü toprakların fiziksel özellikleri ve ağaçlandırma başarısı üzerine etkileri", *Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 18, İzmit*.
- Tüfekçioglu, A., Raich, J., W., Isenhardt, T., M., Schultz, R., C., 2001. "Soil Respiration within Riparian Buffers and an Adjacent Crop Field", *Plant And Soil*, 22 (9), 117- 124
- Uri, V., Löhmus, K., Tullus, H. 2003. "Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land". *Forest ecology and management*, 184 (1), 167-176.
- Van Nguyen, T., and Pawlowski, K. 2017. "Frankia and Actinorhizal plants: Symbiotic nitrogen fixation. In *Rhizotrophs: Plant Growth Promotion to Bioremediation*" Springer, Singapore pp. 237-261.
- Varkouhi S, Namiranian M, Joorgholami M, 2017) "Commercial tree products modeling case study in Gorazbon district, Kheyroud Forest, Iran". *Forest Science and Technology*, 132, 71-76.
- Vessey, J. K. 2003. "Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers". *Plant and soil*, 25 (52), 571-586.
- Vitousek, P. M., Menge, D. N., Reed, S. C., Cleveland, C. C. 2013. "Biological nitrogen fixation: rates, patterns and ecological controls in terrestrial ecosystems". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 36 (8), 1-9.

Vitousek, P., Aber, J., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., Schindler, D., Tilman, G. 1997. "Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences". Ecological applications, 7, 737-750.

Wagner, S. C. 2012. "Biological nitrogen fixation". Nature Education Knowledge, 3 (10), 1-15.

Walter, H. 1958. "Ekoloji, vejetasyon bilgisi ve zirai maksatlar için iklim münasebelerinin hükümlendirilmesinde klima-diagramın kullanılması". İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8 (2), 118-132.

Wang, G., Wu, B., Zhang, L., Jiang, H., Xu, Z. 2014. "Role of soil erodibility in affecting available nitrogen and phosphorus losses under simulated rainfall". Journal of hydrology, 51 (4), 180-191.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. SİNAN GÜNER
Proje No:	114O661
Proje Başlığı:	Sakallı Kızılağaç (Ainus glutinosa Subsp. barbata (C.A.Mey)Yalt.) Desteği ile Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky) Ormanlarında Verimliliğin Artırılması
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	AŞKIN GÖKTÜRK, MEHMET KÜÇÜK
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ARTVİN ÇORUH Ü. ORMAN F. ORMAN MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/12/2014 - 01/12/2017
Onaylanan Bütçe:	194050.0
Harcanan Bütçe:	159007.29
Öz:	Bu proje, köklerinde azot bağlayan bakterilere sahip olan ve bu özelliği ile biyogübre özelliği gösteren Sakallı kızılğaçların, birlikte yetiştirildiği Doğu kayını fidanlarının gelişmesine katkısının olup olmayacağını belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Proje, yıllık yağışların 2600 mm den fazla olduğu, Artvin İli, Arhavi İlçesi, Ortacalar Mevkiindeki (410 17? 04?? KE, 410 22? 50??DB; 950 m, Güney Bakı) rehabilitasyon sahasında gerçekleştirilmiştir. Proje alanında 200 m2 büyüklüğünde her birinden beşer adet olmak üzere Saf Sakallı kızılğaç, saf Doğu kayını, karışık Doğu kayını-Sakallı kızılğaç ve kontrol deneme alanları grupları tesis edilmiştir. Alanlara 2014 yılında 1m x 1m aralık mesafeler ile 1 yaşında Sakallı kızılğaçlar, 2 yaşında Doğu kayını fidanları dikilmiştir. Dikimden hemen önce dikilecek fidanların kök boğazı çapları, fidan boyları, kök, gövde ve fidan ağırlıkları kayıt edilmiş ve 2015, 2016 ve 2017 yıllarının sonunda aynı ölçümler fidan halka genişlikleri ile birlikte tekrarlanmıştır. Bunun yanı sıra 2014 yılındaki dikimlerden önce başlanılıp kış mevsimi hariç proje süresi boyunca üçer aylık periyotlarla genel toprak özellikleri (tekstür, pH, organik madde, besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg ve Na), tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi), toprak solunumu, mikrobiyal solunum ve azot mineralleşmesi değişim oranlarının tespiti yapılmıştır. Proje sonunda Sakallı kızılğacın birlikte yetiştirildiği Doğu kayını fidanlarının saf olarak yetiştirilen Doğu kayını fidanlarına göre istatistiki olarak daha fazla kök boğazı çapı geliştirdiği ve fidan boyu yaptığı, daha fazla ağırlıklarını artırdığı ve halka genişlettiği sonucuna varılmıştır. Doğu kayınlarının saf veya Sakallı kızılğaçlarla birlikte yetiştirilmesinde deneme alanı gruplarının topraklarında tekstür, pH, organik madde, K, Ca, Mg, Na, tarla kapasitesi, solma noktası, faydalı su kapasitesi, toprak nemi, toprak sıcaklığı, azot mineralleşmesi miktarlarında gruplar içinde anlamlı farklılıklar olmasına rağmen, gruplar arasındaki değişim eğilimlerinin birbirine benzer oldukları anlaşılmıştır. N, P, toprak solunumu ve mikrobiyal solunum değerlerinde ise Sakallı kızılğaç ve karışık yetiştirilen Doğu kayını Sakallı kızılğaç deneme alanı gruplarında kontrol ve Doğu kayını alanlarına göre anlamlı artışlar görülmüştür. Sakallı kızılğaç türünün rehabilitasyon ve restorasyon sahaslarında toprağı ıslah etmesi amacıyla kullanılmasının yanı sıra azot eksikliğinin görüldüğü orman alanlarında da destekleyici tür olarak kullanılması önerilmiştir.
Anahtar Kelimeler:	Sakallı kızılğaç, Doğu kayını, Azot bağlama, Fidan gelişimi, Toprak özellikleri
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Evet

Projeden Yapılan Yayınlar:	1- SAF VE KARIŞIK SAKALLI KIZILAĞAÇ (<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>barbata</i> (C.A. Mey) Yalt.) ve DOĞU KAYINI (<i>Fagus orinetalis</i> Lipsky) AĞAÇLANDIRMALARINDA TOPRAK SOLUNUM DEĞİŞİM DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi), 2- Saf ve karışık halde yetiştirilen sakallı kızılağaç (<i>Alnus glutinosa</i> Gearth. subsp. <i>barbata</i>) ve Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky) fidanlarının kısa dönem biyokütle değerleri (Makale - Diğer Hakemli Makale), 3- Determination of Nitrogen Mineralization in Forest Rehabilitation Areas (Two Year Results) (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum), 4- Short-Term Diameter and Height Increments of Oriental Beech and Black Alder in Pure and Mixed Sites (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 5- Short term effects of forest rehabilitation activities on soil respiration an microbial respiration (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 6- DİKİMLE OLUŞTURULMUŞ KAYIN, KIZILAĞAÇ VE KAYIN-KIZILAĞAÇ SAHALARINDA AZOT MİNERALLEŞME POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi),
----------------------------	--

TÜBİTAK