

**Türkiye de yetiştirilen bazı nohut (*Cicer arietinum*
L.) çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stres ve
fizyolojik ve biyokimyasal tolerans
mekanizmalarının belirlenmesi**

Proje No:104O477

Prof.Dr.Aydın GÜNEŞ
Prof.Dr. Mehmet ALPASLAN
Prof.Dr. Ali İNAL
Prof.Dr. M. Sait ADAK,
Araş.Gör. Esra Güneri BAĞCI

**Mayıs 2009
ANKARA**

Önsöz

“Küresel ısınma ve Kuraklık” günümüzde insanlığı en fazla tehdit eden ve bilim adamlarının soruna çare aradığı önemli konulardan birisidir. Tübitak tarafından desteklenen proje çalışmamızda, Türkiyede yaygın olarak yetiştirilen 11 nohut çeşidinin kuraklığa toleransları sera ve tarla koşullarında araştırılmıştır. Kuraklığın etkisi ile oluşan oksidatif stresin nohut çeşitlerinde yarattığı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler incelenmiş ve bu değişimlerin kuraklığa tolerans mekanizması ile olan ilgileri ortaya konulmuştur. Değerlendirmeye alınan bu fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin nohut çeşitlerinde kuraklık tarama ve ıslah çalışmalarında kullanılma potansiyelleri ortaya konulmuştur. Bunun yanında nohut çeşitlerinin optimum ve kurak koşullardaki beslenme performansları da proje kapsamında belirlenmiştir. Giderek önem kazanan ve özgünlüğünü koruyan kuraklık konusu üzerinde yürütmüş olduğumuz bu çalışmadan elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası literatüre önemli bir katkı sağlayacağına inanıyoruz. Desteğinden dolayı TÜBİTAK’ a teşekkür ediyoruz.

Mayıs 2009

Ankara

İçindekiler

Özet	10
Abstract	11
1. Giriş	12
2. Genel Bilgiler	14
2.1. Nohut ve Tarımı	14
2.2. Stres ile İlgili Fizyolojik ve Enzimatik Parametreler	18
2.3. Kuraklık, Verim ve Verim Parametreleri	20
2.4. Proje Konusu ile İlgili Literatür Özeti	22
3. Gereç ve Yöntem	32
3.1. Sera Denemesi	33
3.2. Tarla Denemesi	43
3.3. Toprak Analizleri	51
3.4. Bitki Analizleri.....	52
3.5. Bitkide Fizyolojik ve Enzimatik Analizler	53
3.6. Verim ve Verim Ögeleri	56
4. Bulgular	58
4.1. Sera Denemesi	58
4.1.1. Yaş ve kuru ağırlık ve kuraklığa hassasiyet indeksi	58
4.1.2. Yaprak su tutma kapasitesi, nisbi nem içeriği, membran stabilite indeksleri ve toplam klorofil	61
4.1.3. Lipid peroksidasyon, H ₂ O ₂ , prolin ve askorbik asit	66
4.1.4. Enzimatik (SOD, CAT ve APX) ve enzimatik olmayan antioksidanlar ...	71
4.1.5. Nohut çeşitlerinin azot, fosfor, potasyum ve sodyum içerikleri	74
4.1.6. Nohut çeşitlerinin kalsiyum, magnezyum ve bor içerikleri	78
4.1.7. Nohut çeşitlerinin demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri	81
4.2. Tarla Denemesi	84
4.2.1. Verim ve verim ögeleri	84
4.2.2. Kuraklığa hassasiyet indeksi (KHİ).	92
4.2.3. Bitki örtüsü sıcaklığı (Canopy Temperature).....	93
4.2.4. Nisbi klorofil	100
4.2.5. Membran stabilite indeksi (MSİ), nisbi nem içeriği (NNI) ve yaprak su tutma kapasitesi (YSTK)	108

4.2.6. Lipid peroksidasyonu (MDA), hidrojen peroksit (H ₂ O ₂), prolin ve askorbik asit içerikleri	112
4.2.7. Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar	116
4.2.8. Tarla koşullarında nohut çeşitlerinin besin maddesi içerikleri	120
5. Tartışma ve Sonuç	130
Kaynaklar	136

Çizelge listesi

Çizelge 3.1. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları	32
Çizelge 3.2. Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama çiftliği Meteoroloji İstasyonu 2007-2008 yılı yağış verileri ($\text{mm m}^{-2} \text{ay}^{-1}$)	33
Çizelge 4.1. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları	58
Çizelge 4.2. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasitesi (YSTK), nisbi nem içeriği (NNI), membran stabilite indeksleri (MSI) ve toplam klorofil içerikleri.....	62
Çizelge 4.3. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonu, H_2O_2 , prolin ve askorbik asit içerikleri.....	66
Çizelge 4.4. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik [katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD)] ve enzimatik olmayan antioksidan aktiviteleri.....	71
Çizelge 4.5. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N), fosfor (P), potasyum (K), ve sodyum (Na) içerikleri.....	75
Çizelge 4.6. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve bor (B) içerikleri.....	78
Çizelge 4.7. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri.....	81
Çizelge 4.8. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin verim ve verim ögeleri	85
Çizelge 4.9. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin membran stabilite indeksi (MSI), nisbi nem içeriği (NNI) ve yaprak su tutma kapasitesi (YSTK sonuçları	109
Çizelge 4.10. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonu (MDA), H_2O_2 , prolin ve askorbik asit içerikleri	112
Çizelge 4.11. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik [katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD)] ve enzimatik olmayan antioksidan aktiviteleri	117
Çizelge 4.12 Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N), fosfor (P), potasyum (K), ve sodyum (Na) içerikleri	121
Çizelge 4.13. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve bor (B) içerikleri.....	124
Çizelge 4.14. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri.....	127

Şekil listesi

Şekil 4.1. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaş ağırlıkları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri	59
Şekil 4.2. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuru ağırlıkları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	59
Şekil 4.3. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuraklık hassasiyet indeksleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	60
Şekil 4.4. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin membran stabilite indeksleri (MSİ) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	63
Şekil 4.5. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi nem içerikleri (NNİ) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	64
Şekil 4.6. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasiteleri (YSTK) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	65
Şekil 4.7. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin toplam klorofil içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	67
Şekil 4.8. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	69
Şekil 4.9. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin H ₂ O ₂ konsantrasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	69
Şekil 4.10. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin prolin içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	70
Şekil 4.11. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbik asit içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	72
Şekil 4.12. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin katalaz aktivitesi (CAT) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	73
Şekil 4.13. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbat peroksidaz aktivitesi (APX) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	73
Şekil 4.14. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	73
Şekil 4.15. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik olmayan antioksidan aktivitesi a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	74
Şekil 4.16. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	76
Şekil 4.17. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin fosfor (P) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	76
Şekil 4.18. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin potasyum (K) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	77
Şekil 4.19. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin sodyum (Na) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	77
Şekil 4.20. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	79
Şekil 4.21. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin magnezyum (Mg) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	80
Şekil 4.22. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bor (B) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	80
Şekil 4.23. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	82
Şekil 4.24. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bakır (Cu) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	83

Şekil 4.25. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin çinko (Zn) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	83
Şekil 4.26. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin mangan (Mn) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	84
Şekil 4.27. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitkide bakla sayıları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	86
Şekil 4.28. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitkide tane sayıları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	87
Şekil 4.29. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki başına tane verimleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	87
Şekil 4.30. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin biyolojik verimleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	88
Şekil 4.31. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin tane verimleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	88
Şekil 4.32. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin 100 tane ağırlıkları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	89
Şekil 4.33. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin hasat indeksleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	91
Şekil 4.34. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuraklık hassasiyet indeksleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	92
Şekil 4.35. 2007 Yılı 28 günlük gelişim döneminde sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler	94
Şekil 4.36. 2008 Yılı 21 günlük gelişim döneminde sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler	95
Şekil 4.37. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre sulamadan sonraki günlerde bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	96
Şekil 4.38. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimlerin günlük ortalamaları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	96
Şekil 4.39. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 Akçın, b) 2007 Küsmen, c) 2007 Canitez-87, d)2008 Akçın, e) 2008 Küsmen, f) 2008 Canitez-87.....	97
Şekil 4.40. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 Gökçe, b) 2007 Sarı, c) 2007 Uzunlu-99, d) 2008 Gökçe, e) 2008 Sarı, f) 2008 Uzunlu-99.....	98
Şekil 4.41. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 Er-99, b) 2007 ILC-195, c) 2007 Menemen-92, d) 2008 Er-99, e) 2008 ILC-195, f) 2008 Menemen-92.....	99
Şekil 4.42. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 İzmir-92, b)2007 Aydın-92, c) 2008 İzmir-92, d) 2008 Aydın-92.....	100
Şekil 4.43. 2007 Yılı 28 günlük periyotta sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri.....	102

Şekil 4.44. 2008 Yılı 21 günlük periyotta sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri.....	103
Şekil 4.45. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin günlük ortalama nisbi klorofil içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	103
Şekil 4.46. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içeriklerinin günlük ortalamaları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	104
Şekil 4.47. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 Akçin, b) 2007 Küsmen, c) 2007 Canıtez-87, d)2008 Akçin, e) 2008 Küsmen, f) 2008 Canıtez-87.....	105
Şekil 4.48. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 Gökçe, b) 2007 Sarı, c) 2007 Uzunlu-99, d) 2008 Gökçe, e) 2008 Sarı, f) 2008 Uzunlu-99.....	106
Şekil 4.49. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 Er-99, b) 2007 ILC-195, c) 2007 Menemen-92, d) 2008 Er-99, e) 2008 ILC-195, f) 2008 Menemen-92.....	107
Şekil 4.50. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 İzmir-92, b)2007 Aydın-92, c) 2008 İzmir-92, d) 2008 Aydın-92.....	108
Şekil 4.51. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin membran stabilite indeksi (MSI) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	110
Şekil 4.52. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi nem içeriği (NNI) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	111
Şekil 4.53. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasitesi (YSTK) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	111
Şekil 4.54. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	113
Şekil 4.55. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin H ₂ O ₂ konsantrasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	114
Şekil 4.56. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin prolin içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	115
Şekil 4.57. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbik asit içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	116
Şekil 4.58. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin katalaz enzim aktivitesi (CAT) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	118
Şekil 4.59. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbat peroksidaz aktivitesi (APX) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	118
Şekil 4.60. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	119
Şekil 4.61. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik olmayan antioksidan aktivitesi (NEA) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	119
Şekil 4.62. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	122
Şekil 4.63. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin fosfor (P) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	122
Şekil 4.64. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin potasyum (K) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	123
Şekil 4.65. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin sodyum (Na) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	123
Şekil 4.66. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	125

Şekil 4.67. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin magnezyum (Mg) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	125
Şekil 4.68. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bor (B) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	126
Şekil 4.69. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	128
Şekil 4.70. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bakır (Cu) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	128
Şekil 4.71. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin çinko (Zn) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	129
Şekil 4.72. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin mangan (Mn) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri.....	129

Özet

Nohut verimini sınırlayan en önemli etkenlerin başında yağışların yetersizliği ve yıl içi dağılımındaki düzensizliğin neden olduğu kuraklık gelmektedir. Kuraklığa dayanıklı nohut ıslahında, kurağa dayanıklılığı belirlemede kolay uygulanabilir, hızlı, tekrarlanabilir, ucuz ve seleksiyon kriteri olabilecek testlere ihtiyaç vardır. Bu çalışmanın amacı; kurağa dayanıklılıkta seleksiyon kriteri olabilecek bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri sera ve tarla koşullarında karşılaştırmaktır. Bu amaçla Ankara-Haymana koşullarında 11 adet tescilli nohut çeşiti sulu ve kuru koşullarda tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak 2007 ve 2008 yetiştirme sezonunda tarla ve yine aynı yıllarda serada yürütülen denemelerde yetiştirilmiştir.

Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin seçiminde kuraklık hassasiyet indeksi (KHİ), yaprak su tutma kapasitesi (YSTK), yaprak nisbi nem içeriği, nisbi klorofil, membran geçirgenliği, prolin birikimi, H_2O_2 birikimi, lipid peroksidasyonu, bitki örtüsü sıcaklığı, enzimatik olmayan antioksidanlar ve antioksidan enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1), katalaz (CAT; EC 1.11.1.6), askorbat peroksidaz (APX; EC 1.1.1.11) enzimlerinin aktiviteleri gibi parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada yer alan 11 nohut çeşidinin (Menemen-92, Akçin, Aydın-92, İzmir-92, Küsmen, Canitez-87, Gökçe, Sarı, Uzunlu-99, Er-99 ve ILC-195) kuraklık stresine farklı tepkiler gösterdikleri belirlenmiştir. Nohut çeşitlerinin KHİ lerine göre bir değerlendirme yapıldığında, sera ve tarla koşulları ile yıllar arasında önemli farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırma sonucunda, sera ve tarla koşullarında Gökçe, Sarı ve Uzunlu-99 çeşitlerinin diğer çeşitlere göre kuraklığa toleransının yüksek olduğu belirlenmiştir. Sera koşullarında çeşitlerin NNİ leri kuraklığa bağlı olarak azalmış, YSTK leri ise 2007' de artmış 2008 de ise azalmıştır. Tarla koşullarında ise NNİ ve YSTK bazı çeşitlerde artar iken bazılarında azalmıştır. Sera koşullarında toplam klorofil, tarla koşullarında nisbi klorofil çeşitler arasında farklılıklar göstererek kuraklığa bağlı azalma göstermiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklığının (BÖS) sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerin BÖS ından daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Bütün nohut çeşitlerinde kuraklık stresine bağlı olarak H_2O_2 birikimi ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonu artış gerçekleşmiştir. Çalışmamızda kuraklığa bağlı olarak bütün çeşitlerin dokularında prolin birikimi ve enzimatik olmayan antioksidanların miktarında artış görülmüştür. Kuraklığa bağlı olarak enzimatik antioksidanlardan SOD azalırken, CAT ve APX artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Nohut, kuraklık, oksidatif stress, seleksiyon, parametre.

Abstract

One of the most important factors limiting chickpea yield is drought due to inadequate rainfall and its erratic distribution in growing season. Repeatable, practical, cheap and quick tests which can be used as selection criteria are needed in chickpea breeding programs for drought resistance. The main objective of this study was to compare some physiological and biochemical parameters, obtained from both greenhouse and field experiment, usable as selection criteria. For this purpose in Ankara-Haymana conditions two consecutive field experiment in 2007 and 2008 growing season and also two greenhouse experiments were performed under drought and irrigated conditions. The experiments were designed as Randomized Complete Block Design with 4 replicates.

The parameters studied on irrigated and rainfed (drought) trials were yield, yield components, canopy drought susceptibility index, leaf water retention capacity (LWRC), relative water content (RWC), relative chlorophyll, membrane permeability, proline and H₂O₂ accumulation, lipid peroxidation, canopy temperature, non enzymatic antioxidants and activities of antioxidant enzymes (superoxide dismutase (SOD; EC 1.15.1.1), catalase (CAT; EC 1.11.1.6), ascorbate peroxidase (APX; EC 1.1.1.11))

The 11 chickpea cultivars (Menemen-92, Akcin, Aydin-92, Izmir-92, Kusmen, Canitez-87, Gokce, Sarı, Uzunlu-99, Er-99 ve ILC-195) used in this study showed great variations in response to drought stress. When drought susceptibility index of the cultivars was considered, there was a great differences between greenhouse and field conditions and also between years. According to results, for both field and greenhouse conditions cvs. Gokce, Sari and Uzunlu are recorded as drought tolerant. Under greenhouse conditions, RWC of the cultivars decreased for both years while LWRC was increased in 2007 and decreased in 2008. Under field conditions, both RWC and LWRC were increased or decreased depending on cultivars by drought stress. Total chlorophyll concentration in greenhouse and relative chlorophyll measurements in field conditions were decreased by drought stress. In contrast to chlorophyll, the canopy temperature of the cultivars increased by drought stress. Drought stress caused to increase H₂O₂ and prolin accumulatin in chickpean cultivars. As the consequence of H₂O₂ increase, lipid peroxidation (MDA content) were also inceased. The activity of SOD was decreased while CAT, APX and non enzymatic antioxidants increased by drought stress.

Key Words: Chickpea, drought, oxidative stress, selection, parameter.

1. Giriş

Nohutta ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve verimliliğin artırılması Dünya Bankası'na desteklenen "Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi" kapsamında 1995 yılında hazırlanan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ile Orman Bakanlığı Master Planları'nda öncelikli alan olarak ilan edilmiştir.

Dünyanın en eski baklagil bitkilerinden biri olan nohutun orijini Türkiye'nin Güney Doğusu ve Suriye'nin bu bölgeye sınır kısımları olduğuna inanılmaktadır. Nohut dünyada yetiştiriciliği yapılan baklagiller içinde fasulye ve bezelyeden sonra miktar olarak üçüncü sırayı almaktadır. Dünyada tarım yapılan alanların % 4.5' inde (63.2 milyon ha) nohut yetiştirilmekte ve 53 milyon ton'luk toplam baklagil üretiminin % 17.5 (9.5 milyon ton) ini nohut oluşturmaktadır (Anonim 2008). Tarım yapılan alanların yaklaşık olarak üçte ikisinde su yetersizliği bulunmakta, geri kalanında ise kuraklık periyodik olarak bitkisel üretimi sınırlandırmaktadır (Kramer, 1980). Nohut ülkemizde bazı kıyı bölgelerimiz hariç, özellikle orta anadoluda sulanmadan kuru koşullarda yetiştirilmektedir. Ülkemizde ve dünyanın pek çok yerinde kurak ve yarı kurak koşullarda zorunlu üretim deseni içerisinde yer alan nohut üretiminde kuraklık stresi verimi önemli düzeyde kısıtlamaktadır. İnsanlar için değerli bir protein kaynağı olan nohutta verimliliği artırmak önemlidir. Nohut yetiştiriciliğinde verim doğrudan ekolojik koşulların etkisi altındadır. Ekolojik koşullara büyük oranda insan müdahalesi söz konusu olmadığından araştırmacılar verimli çeşitlerin geliştirilmesi yönünde çalışmaktadırlar. Günümüzde genetik seleksiyona yönelik çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Olası stres koşullarını ortadan kaldırmak çoğu zaman mümkün olmadığına göre bu koşullara dayanıklı olan, bir başka ifade ile diğerlerine göre daha yüksek performansa sahip olan çeşitlerin tespit edilmesi ile verimliliği artırmak mümkündür.

Bitkiler yaşam süreçleri içerisinde değişik stres koşulları ile karşılaşır. Stres altında bitkilerin gelişmeleri, metabolizmaları ve verimleri önemli ölçüde olumsuz etkilenir. Kuraklık, yetersiz beslenme, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık, toprak ve atmosfer kirliliği, radyasyon bitkisel üretimde verimi sınırlandıran abiotik streslerdir (Lawlor, 2002). Sayılan abiotik stresler içinde kuraklık bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli stres koşuludur. Bitkiler kuraklık stresi ile kökleri yeterince su alamadığında veya transpirasyon oranının çok

yüksek olduğu durumlarda karşılaşırlar. Bu iki koşul kurak ve yarı kurak bölgelerde sıklıkla oluşur. Bitkiler kuraklığa tolerans bakımından önemli farklılık gösterdiği gibi, aynı bitkinin değişik çeşitleri arasında da önemli farklılıklar görülür. Giderek azalan tarım alanlarında, strese yol açan olumsuz çevre koşullarına karşı bitkisel üretimde verimliliği artırmak önemlidir. Bunun da yolu stres koşullarına dayanıklı bireylerin seçilmesidir. Nohut ülkemizde yaklaşık 500 bin ha alanda üretimi yapılan ve birim alandan 1 ton/ha' a yakın verim alınan (Anonim 2007), genellikle tahıllar ile münavebeye giren önemli bir baklagil bitkisidir. Kıyı bölgelerimiz hariç, orta Anadolu da genellikle sulanmadan yetiştirilen nohut kuraklık tehdidi altında bulunduğundan verim ve kalite kayıpları nohut bitkisi yetiştiriciliğinde önemli bir sorundur. Ülkemizde ve dünyada tahıllar özellikle de buğday ile bu konuda çok sayıda çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Ülkemize ait nohut çeşitlerinin kuraklığa dayanıklılıkları ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye' de yaygın olarak yetiştirilen nohut çeşitleri arasında kurağa dayanıklı olan çeşitlerin seçilmesidir. Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin seçiminde literatür özeti bölümünde de ifade edildiği gibi çoğunlukla yaprak su tutma kapasitesi, yaprak nispi nem içeriği gibi bazı fizyolojik veya morfolojik parametreler dikkate alınmaktadır. Kuraklığın bitki üzerindeki büyümede gerileme, yaprakların küçülmesi gibi genel etkileri iyi bilinmektedir. Bununla birlikte kuraklığın bitkideki fizyolojik ve biyokimyasal etkileri tam olarak anlaşılamamıştır (Chaitanya vd. 2003; Chaves vd. 2003). Bu çalışmada kuraklığa dayanıklı çeşitlerin seçiminde kullanılabilecek kuraklık hassasiyet indeksi, yaprak su tutma kapasitesi, yaprak nisbi nem içeriği, nisbi klorofil, membran geçirgenliği, prolin birikimi, H₂O₂ birikimi, lipid peroksidasyonu, bitki örtüsü sıcaklığı, antioksidan enzimlerden Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1), katalaz (CAT; EC 1.11.1.6), askorbat peroksidaz (APX; EC 1.1.1.11) enzimlerinin aktiviteleri gibi fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece kuraklığa toleransın bir ölçütü olan kuraklık stabilize indeksi ile incelenen fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin ilişkileri ortaya konulmuştur. Ayrıca bu çalışma ile ele alınan parametrelerin tarama (screening) çalışmalarında kuraklığa dayanıklılık parametresi olarak kullanılma olanakları da belirlenmiştir. Söz konusu parametrelerden bazıları değişik araştırmacılar tarafından kuraklık stresi sonucunda oluşan değişimler olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte tarama çalışmalarında, bu araştırmacılar tarafından bizim çalışmamızda ele aldığımız parametrelerin bir çoğu kullanılmamıştır. Bu yönüyle yürütmüş olduğumuz proje ile önemli bir boşluğun doldurulduğuna inanmaktayız. Bu güne kadar kuraklık toleransı çalışmaları çoğunlukla tahıllar ile yürütülmüş olduğundan

baklagillerle ilgili kuraklık toleransı çalışmaları sınırlı sayıdadır. Ayrıca kuraklık toleransı çalışmaları özellikle sera veya büyütme odalarında yapıldığı için sonuçların pratiğe aktarılması ile ilgili kaygıların da taşınmaktadır. Mevcut proje ise hem doğal koşullarda ve hemde sera koşullarında yürütüldüğü için elde edilen sonuçların pratiğe aktarılmasının kolay olması nedeniyle önemli katkılarının olacağını düşünüyoruz. Bütün bunlara ilave olarak, kurak koşullarda toprakta yeteri kadar suyun olmaması veya transpirasyonun azalması bitkilerin beslenmelerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Nohut çeşitlerinin N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve B beslenmeleri ile kuraklığa toleransları arasındaki ilişkilerde tespit edilerek bu konuda literatürdeki önemli bir boşluğunda giderildiğine inanmaktayız.

2. Genel Bilgiler

2.1. Nohut ve Tarımı

Dünyadaki en önemli yemeklik baklagillerden biri olan nohut (*Cicer arietinum* L), yüksek protein içeriğine sahip (%12.4-31.5) tohumları ile insanlar için önemli bir bitkisel-kaynaklı besindir. Tek yıllık baklagil olan nohut, hem *Rhizobium* bakterileri sayesinde havanın serbest azotunu köklerinde bulunan nodüller yardımıyla toprağa bağlayarak toprağın azotça zenginleşmesini sağlamakta ve böylece sürdürülebilir tarım yapılmasına yardımcı olmakta hem de nadas alanlarının daraltılmasında rotasyon (ekim nöbeti) bitkisi olarak tarımsal üretim sistemlerinin çeşitlendirilmesini sağlamaktadır (Gan vd. 2005). Bütün bu olumlu yönleri dikkate alındığında yemeklik baklagillerin ekim alanlarının, verim ve besin değerlerinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Kültüre alınmış ilk baklagillerden biri olan nohut (*Cicer arietinum* L); fasulye ve bezelyeden sonra dünyada en çok yetiştirilen üçüncü tane baklagildir. Dünyadaki nohut üretimi yaklaşık 9.3 milyon ton olup nohut ekim alanları toplam 11.7 milyon hektarlık alan kaplamaktadır (Anonymous, 2008). 500 bin hektarlık alanda 585 bin ton nohut üretimi yapan Türkiye, dünyada en çok nohut üretimi yapan ülkeler arasında 3. sırada yer almaktadır (Anonymous, 2007). Gen merkezi Türkiye'nin Güney Doğusu ve Suriye olduğu bilinen nohut bitkisinin (Lev-Yadun vd. 2000) Türkiye'deki hasat alanı ve üretimi, 1990-2000 yılları arasında büyük

oranda azalma göstermiştir (Anonymous, 2006). Ayrıca son yıllarda, nohut ekiminin ve üretiminin yanı sıra veriminin de gözle görülür derecede azaldığı görülmektedir. Nohut verim ve kalitesindeki önemli düzeydeki düşüş, bitkinin büyüme ve gelişim sırasında karşı karşıya kaldığı biyotik (*Ascochyta rabiei*, *Fusarium oxysporum*, *Liriomyza cicerina* gibi patojenler) ve abiyotik (düşük ve yüksek sıcaklık ile kuraklık gibi) faktörlerden kaynaklanmaktadır. Kuraklık, nohut için çok önemli bir stres olup henüz bu strese dayanıklı bir çeşit tesbit edilmemiştir (Singh, 1997). Nohut bitkisinin kuraklık stresine karşı göstermiş olduğu fizyolojik tepkiler ile ilgili çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu nedenle nohut verimini ve kalitesini artırmak amacıyla ülkemizde nohut çeşit ve hatlarının özellikle kuraklık streslerine karşı geliştirdikleri dayanıklılık ile ilgili fizyolojik, biyokimyasal, moleküler ve genetik temellerin aydınlatılması ve sonuçta etkin yetiştirme programlarının uygulamaya geçirilmesine gereksinim vardır.

Nohudun sistematikteki yeri: Nohut (*Cicer arietinum* L.), Anthophyta şubesinin, Dicotyledonae alt şubesinin Rosales takımının, Leguminosae familyasının, Papilionideae alt familyasının, Cicer cinsine aittir. Cicer cinsinin, 9 adet tek yıllık, 33 adet çok yıllık ve 1 adet de belirlenmemiş olmak üzere 43 türü olduğu bildirilmiştir. Kültür formu olan *Cicer arietinum* L tek yıllık türler arasında yer almaktadır ve tek yıllık türlerin kromozom sayısı $2n = 16$ 'dır (van der Maesen, 1987; Ahmad, 1999).

Nohudun morfolojisi: Nohut bitkisinde plumulanın gelişimi ile dik bir gövde oluşur. Gövde; zeytin yeşili, koyu yeşil ya da mavimsi yeşil renkte; salgı tüylerine sahip olan, 0.2-1 m uzunluğunda, bazen çok dallanmış çalimsı, dik ya da sürünücü, dallanmış olarak tarif edilebilir (Cubero, 1987; van der Maesen, 1987).

Nohut tohumlarında hipogeal çimlenme görülür. Bitkiler yan kökleri meydana getiren uzun bir primer kökten oluşan bir kazık kök sistemine sahiptir (Singh, 1997). Kök sistemi güçlü olup 2 m derinliğe kadar inebilir; fakat büyük kısmı 60 cm'e kadar olan derinlikte yer alır. Kök tüyleri ile bir toprak bakterisi olan *Rhizobium'un* birlikteliği sonucunda diğer baklagillerde de yaygın olan kök nodülleri oluşturulur ve biyolojik azot fiksasyonu sayesinde atmosferik azot bitkinin kullanabileceği forma çevrilir.

Yapraklar alternatif yaprak dizilimine göre yerleşmiş olup her bir boğumdan tek tek çıkar ve yaprak şekli genellikle imparipinnat bileşiktir. Küçük bir yaprak sapına (petiyol) sahip olan her bir yaprakta bir orta damar üzerinde düzenlenmiş genellikle 11-13 yaprakçık bulunur

(Singh, 1997). Yaprakçıkları ovalden eliptiğe Kadar değişen, 0.6-2.0 cm uzunluğunda, 0.3-1.4 cm genişliğindedir (Cubero, 1987; van der Maesen, 1987). Kulakçıklar (stipul) genellikle 3-5 mm uzunluğunda ve 2-4 mm genişliğindedir. Bitkinin korolla dışındaki tüm dış yüzeyi tüyler ve salgı tüyleri le kaplanmıştır (Singh, 1997).

Çiçekleri karakteristik olarak kelebeksidir (papilionaceous) (Singh, 1997). Koltuk altından çıkan çiçekler genellikle tek olup bazen her çiçek durumunda (infloresans) 2 çiçek bulunur. Çiçek durumu sapları (pedunkul) 0.6-3 cm uzunluğunda; çiçek sapları (pedisel) 0.5-1.3 cm uzunluğundadır. Brakteler üçgen şeklinde ya da 3 parçalıdır. Kaliks 7-10 mm uzunluğunda olup korolla beyaz, pembe, maviye çalan eflatun ya da mavi, 0.8-1.2 cm uzunluğundadır. Stamenlerden oluşan bölgede 9 stamen birleşik filamentlere sahip, 10. stamen ise serbesttir (diadelphous) ve ovaryum ise sesil=sapsız, şişkin ve tüylüdür (Cubero, 1987; van der Maesen, 1987). Kendi kendine tozlaşma görülmektedir.

Meyve tipi legümandır. Legümenleri şişkin ve salgı tüyleriyle kaplı olup sayıları, her bitkide birkaç taneden 1000'in üzerine kadar değişmektedir. Legümen şekli paralel kenar, dikdörtgen ya da ovaldir (Singh, 1997). Herbir legümende en fazla 1-2 adet tohum bulunur (Cubero, 1987; van der Maesen, 1987). Tohum karakteristik olarak gagalı, çoğunlukla köşeli ve buruşuk, nadiren bezelye gibi yuvarlaktır. Üçte ikisinin çevresinde ortada bir yivle sıkıştırılır, ön kısım gaga şeklini alır (Duke, 1981; Cubero, 1987; van der Maesen, 1987).

Tohum yüzeyi buruşuk, düz veya tüberküllü olabilir. 100 tohumun ağırlığı 8 g'ın altından 70 g'ın üzerine kadar değişiklik gösterir (Singh vd. 1991). Tohum rengi, tanımlanmış 21 farklı renk ve gölgeyle nohutta en önemli ayırt edici özelliktir (Pundir vd. 1988). Nohut (*Cicer arietinum* L.) tohum rengine ve coğrafik yayılışına bağlı olarak *desi* ve *kabuli* diye iki temel grupta da sınıflandırılmaktadır. Hindistan kökenli olan *desi* tipleri küçük tohumludur ve koyu renkli, kalın bir tohum kabuğuna sahiptir. Akdeniz ve Orta Doğu kökenli olan *kabuli* tipleri ise daha yuvarlak ve büyük tohumlu olup açık renkli ve ince bir tohum kabuğuna sahiptir (Kaur vd., 2005; Leport vd., 2006). Kabuli tipleri, bilinçli seleksiyon aracılığıyla başarılan daha büyük tohum boyutları ve azalmış pigmentasyonları nedeniyle nispeten daha gelişmiş olarak düşünülmektedir.

Nohudun kökeni: Kültüre alınmış nohut, *Cicer arietinum* L, ıslah edilen ilk tane baklagillerinden biridir. Nohut, büyük olasılıkla, Türkiye'nin Güney Doğusu ve Suriye'nin Türkiye'ye komşu olan kesimlerinden köken almıştır (Lev-Yadun vd. 2000). Ladizinski ve

Adler (1976), tohum protein elektroforezine dayanarak, ıslah edilmiş olan nohudun yabani atasının *Cicer reticulatum* ve Türkiye'nin Güney Doğusunun da nohut için orijin merkezi olduğunu belirtmişlerdir. Türler arası melezleme (Singh ve Ocampo, 1993), karyotip (Ocampo vd. 1992) ve izozim özellikleri (Labdi vd. 1996) ile random amplified polymorphic DNA (RADP) analizleri (Ahmad, 1999; Ahmad, 2000) kökeni üzerindeki bu bulguları desteklemektedir.

Nohudun iklim ve toprak isteği: Genellikle yarı kuraktan kurağa kadar değişen çevrelerde yetiştirilen bir kurak iklim bitkisi (Soltani vd. 2001) ya da yağışa bağlı bir serin iklim bitkisidir. Nohut üretimi için optimum koşullar 18-26 °C gündüz ve 21-29 °C gece sıcaklıkları ile yıllık 600-1000 mm yağıştır (Duke, 1981; Smithson vd. 1985; Muehlbauer ve Singh, 1987). Don, dolu ve aşırı yağış ürüne zarar verir. Soğuğa karşı hassas olmasına rağmen, bazı kültür formlarına ait çeşitler kar örtüsü altındayken ya da erken evrelerde - 9.5 °C'ye kadar olan düşük sıcaklıkları tolere edebilirler. Tane dolumu için optimum bağıl nem %21-41'dir. Nohut, "nötr gün bitkisi" olarak adlandırılmasına karşın, nicelik bakımından bir uzun gün bitkisidir; fakat çiçekleri her fotoperiyotta uyarılabilir (Smithson vd. 1985).

Nohut, en iyi yüksek drenaja sahip olan verimli kumlu ve organik madde bakımından zengin topraklarda, 5.5-8.6 pH aralığında yetiştirilir. Drenajın iyi olması önemlidir, çünkü sele uğramış ya da suyla dolmuş topraklar kısa sürelerde bile büyümeyi azaltır ve kök ve gövde çürümelerine karşı hassasiyeti artırır.

Nohudun yetiştirilmesi: Nohutlar tohumdan üretilir. Nohut tohumları bölgeye bağlı olarak ilkbaharda (Türkiye ve Birleşik Devletler'de Mart sonu-Nisan ortasında; Akdeniz çevresinde Şubat-Mart-Nisan'da) toprak ılıyınca ya da yağmurlar bittiği zaman (Hindistan ve Pakistan'da Eylül ortasından Kasım'a, nadiren daha geç; Etiyopya'da Eylül-Ocak ya da Nisan'da) ekilir (Smithson vd. 1985).

Nohutlar 3-7 ay içinde olgunluğa ulaşır ve yapraklar olgunlaşma sırasında kahverengi/yeşile döner. Kuru tohumlar için, bitkiler olgunlukta ya da biraz daha erken yere yakın olarak kesilerek ya da kökleri sökülerek hasat edilir.

Nohut tohumlarının içeriği ve besin değeri: Nohut iyi bir protein ve karbonhidrat kaynağı olması, bazı mineralleri (kalsiyum, magnezyum, çinko, potasyum, demir, fosfor) ve tiyamin ile niasin gibi vitaminleri içermesi (Kaur vd 2005) bakımından bir besin ve hayvan yemi

olarak büyük öneme sahiptir (Soltani vd. 2001). Tek yıllık yabancı *Cicer* türlerinin tohum protein içeriği geniş varyasyon göstermektedir. Protein içeriği kg başına 168 g' dan 268 g' a kadar değişmekle beraber, kg başına ortalama 207 g'dır (Ocampo vd. 1998). Nohut tohumu; % 38-59 karbonhidrat, % 3 lif, % 4.8-5.5 yağ, % 3 kül, % 0.2 kalsiyum ve % 0.3 fosfor içerir. Tohum proteinlerinin sindirilebilirliği % 76-78 ve karbonhidratlarınki ise % 57-60 arasında değişir (Huisman ve van der Poel, 1994). Yağ asidi yüzde bileşimleri; desi tipte: % 52.1 oleik, % 38.0 linoleik, % 2.74 milistik, % 5.11 paktik ve % 2.01 steatik; kabul tipte: % 50.3 oleik, % 40.0 linoleik, % 2.28 milistik, % 5.74 palmitik, % 1.61 stearik ve % 0.07 arakidik'tir (Muehlbauer ve Tullu, 1997).

Kalsiyum (Ca) okul öncesi çocuklara, ergenlik dönemindekilere, gebelere ve emziren kadınlara özgü beslenmede oldukça önemlidir. Nohut tohumları her 100 g kuru ağırlık başına 103-259 mg Ca içerir ve bunun % 70'i tohum kabuğunda bulunur. Bu nedenle nohut tohumları beslenmede büyük önemi olan Ca için potansiyel bir kaynaktır (Williams ve Singh, 1987; Abbo vd. 2000).

Nohut üretimini etkileyen stres faktörleri: Nohut üretimini etkileyen en önemli faktörler mantarlardan kaynaklanan hastalıklar, kuraklık, donma sıcaklıkları ($< -1.5^{\circ}\text{C}$), yüksek sıcaklıklar, böcekler, nematodlar, parazitler, virüsler ve tuzluluktur. Singh vd. (1994), nohut üretimini etkileyen en önemli biyotik ve abiyotik faktörleri sınıflandırmışlardır. Üretiminde biyotik stresler yaklaşık % 58'lik ve abiyotik stresler ise % 42'lik etki payına sahiptir. Abiyotik stresler arasında %30' luk pay ile ilk sırayı kuraklık stresi almaktadır.

Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar maruz kaldıkları stres faktörlerine göre sınıflandırdığında kuraklık stresi % 26'lık payıyla en büyük dilimi içermektedir. Bunu % 20 ile mineral stresi ve % 15 ile soğuk ve don stresi takip etmektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm stresler % 29'luk bir pay alırken, yalnızca % 10'luk bir alan herhangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır (Blum 1986). Bu durumda, kuraklık stresi tarımsal ürün kaybının belki de en yaygın nedenidir. Dünyada kuraklığa maruz kalan alanların, iklim değişikliği koşulları altında artması beklenmektedir (Colom and Vazzana 2003; Kalefetoğlu 2006).

2.2. Stres ile İlgili Fizyolojik ve Enzimatik Parametreler

Genellikle stresin ilk sonucu, hücre membranlarının yapı ve fonksiyonlarında meydana gelen bozulmalar olarak kabul edilir. Yani membran permeabilitesinde ve mikroviskozitesindeki

artışı oluşturan likid-kristalin tabakasındaki jel-faz lipidlerinin görünümünde bozulmalar oluşur (Navari-İzzo 1993, İnci 1995).

Lipidler, membran bütünlüğünün sürdürülmesinde ve böylece hücre fonksiyonlarının düzenlenebilmesinde önemli olan membran bileşenleridir. Kuraklık stresinin, yüksek bitkilerin membranlarının lipid bileşiminde ve içeriğinde birçok değişikliğe neden olduğu bilinmektedir (Quartacci vd. 1995). Lipid çift tabakasındaki stres, membran proteinlerinin yer değiştirmesiyle sonuçlanabilir ve bu durum membran bütünlüğünün ve seçiciliğinin kaybına, hücresel bütünlüğün bozulmasına ve membran-bağılı enzimlerin aktivitesinde ise kayba neden olur (Mahajan ve Tuteja 2005).

Osmotik düzenleme, hücresel çevrenin su potansiyelindeki düşüşe tepki olarak, hücrede organik ve inorganik iyonların aktif birikimini içermektedir (Sánchez vd. 2004). Biriken inorganik iyonlar K^+ , Ca^{2+} ve Mg^{2+} 'dur. Biriken organik bileşikler hücre içinde kararlı durumda bulunmakta, kolaylıkla metabolize edilememekte ve yüksek konsantrasyonlarda birikimleri durumunda bile hücresel fonksiyonlara karşı herhangi bir etki yapmamaktadırlar (Iba 2002).

Yüksek bitkilerde kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarının önemli bir bileşeni olan osmotik düzenleme (Wu ve Xia 2006), osmotik konsantrasyonun düşürülmesi ile stomaların açılması, fotosentez ve büyüme gibi fizyolojik fonksiyonlar üzerinde stresin etkilerinin sınırlandırılmasını sağlayan yüksek bir turgor potansiyeli devamıyla sonuçlanmaktadır (Chimenti vd. 2002). İyonların net birikimlerine bağlı olarak, hücrenin osmotik potansiyeli düşürülür ve böylece hücrenin içine su çekilerek turgor basıncının devam etmesi sağlanır. Genel olarak, bitkiler su noksanlığına maruz kaldığı zaman, hem köklerde hem de gövdelerde osmotik düzenleme ile beraber turgorun devamı gerçekleşir. Bu sayede, büyüme ve stoma aktivitesi gibi turgora bağlı işlevler de devam eder. Stres koşullarında biriktirilen osmolitler prolin, glutamat, glisin-betain gibi amino asitleri ve şekerleri (mannitol, sorbitol ve trehaloz) kapsamaktadır.

Kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarının önemli bir bileşeni olan osmotik dengenin (Wu ve Xia 2006) sürdürülmesinde bir anahtar rol oynayan, yüksek bitkilerde yaygın olarak bulunan ve çevresel streslere tepkilerde büyük miktarlarda biriken (Öztürk ve Demir 2002, Hsu vd. 2003, Kavi Kishore vd. 2005) prolin amino asidi gibi birçok bileşik hem osmotik konsantrasyonun düşürülmesi ile turgor basıncını artırarak stomaların açılması, fotosentez ve büyüme gibi fizyolojik fonksiyonlar üzerinde stresin etkilerinin sınırlandırılmasını sağlamakta

(Chimenti vd. 2002) hem de hücre bileşenlerin (membranlar ve proteinler gibi) yapısal bütünlüklerinin korunmasına ve serbest radikallerin uzaklaştırılmasına (Mani vd. 2002) yardım etmektedir. Kuraklık stresine maruz kalmış bitkilerdeki prolin birikimi diğer amino asitlere oranla daha fazladır (Ashraf 2004)

Kuraklık stresine maruz kalan birçok bitkide reaktif oksijen türlerine karşı savunmada enzimatik antioksidant sisteminin rol oynadığına dair pek çok çalışma vardır (Lima vd. 2002, Srivalli vd. 2003, Jung 2004, Yong vd. 2006). Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1), katalaz (CAT; EC 1.11.1.6), peroksidaz (POD; EC 1.11.1.7), askorbat peroksidaz (APX; EC 1.1.1.11), glutatyon redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) ve diğer askorbat-glutatyon döngüsü enzimleri (monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR; EC 1.6.5.4) ve dehidroaskorbat redüktaz (DHAR; EC 1.8.5.1)'i içeren antioksidatif enzimler; antioksidant moleküllerin çevrimini, degradasyonunu ve sentezini ya da serbest radikallerin hücreden doğrudan atılmasını katalizleyebilmektedir.

SOD, en reaktif hidroksil radikallerini üreten iki Haber-Weiss reaksiyonu substratı olan H_2O_2 ve $O_2^{\bullet-}$ nin konsantrasyonlarını tayin etmesiyle oldukça büyük bir öneme sahiptir. Detoksifikasyon sürecinin ilk enzimi olup süperoksitin hidrojen peroksit ve oksijene dismutasyonunu katalizler (Raychaudhuri 2000, Molassiotis vd. 2006).

Yüksek bitkiler yapraklarındaki kuraklığın neden olduğu yıkıcı etkilerin üstesinden gelebilmek için içsel antioksidant savunma sistemlerine sahiptirler. Kuraklık stresinin birçok bitkinin SOD, POD, CAT (Jiang ve Ren, 2004) ve APX gibi enzimatik antioksidant savunma aktivitesini (Sharma ve Dubey, 2004) etkilediği bilinmektedir.

2.3. Kuraklık, Verim ve Verim Parametreleri

Kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarının tanımlanmasında yüksek ürün potansiyeli olan bitki çeşitlerinin geliştirilmesi kurak bölgelerde ürün artışı sağlamak için önemlidir (Fischer ve Maurer 1978, Rajaram vd. 1996). Kurak koşullarda tahıl ürünlerinin seleksiyonu arazi boyunca stres şiddetinin değişkenlik göstermesi nedeniyle oldukça zordur (Blum 1988, Ludlow ve Muchow 1990). Yinede stres ve çeşit x çevre interaksyonunun önemli olduğu yerlerde ürün miktarını arttırma olasılığı yüksektir (Blum 1989).

Kuraklık stresi altında etkin seleksiyon indeksi olan verim uzun ve sıklıkla çelişkili tartışmalara sahiptir. Bununla birlikte, stres bulunmayan koşullar altında kuraklığa dayanıklı hatlar için seleksiyonun kurak koşullardakinden daha etkili olduğu ki bunun daha yüksek ürün potansiyeli olan hatların tanımlanmasına izin verdiğine dair genel bir görüş birliği bulunmaktadır (Rajaram vd. 1996). Kuraklık stresin tepkileri farklı olan çok çeşitli verim bileşenleri belirlenmiştir.

Tane verimi ile ilgili olarak kuraklık stresine en hassas gelişim dönemi başakçık sayısı ve başaktaki tane sayısını olumsuz etkilemesi nedeniyle çiçeklenme dönemi öncesinden tam çiçeklenme dönemi arasındır. (Shpiler ve Blum 1986, 1991). Buna ek olarak, tam çiçeklenme döneminden olma evresine geçiş döneminde meydana gelen kuraklık tane doldurma oranı ve süresini azaltması nedeniyle (Sofield vd. 1974, Al-Khatib ve Paulsen 1984) tane verimini azaltır (Stone ve Nicolas 1994, 1995). Başaktaki tane sayısı en çok etkilenen verim bileşenidir ve kuraklığa dayanıklılık açısından önemli bir seleksiyon ölçütü olarak önerilmektedir (Shpiler ve Blum 1986, 1991). Zhong-Hu ve Rajaram (1994) verimin, başaktaki tane sayısının, biyokütlenin ve bitki ağırlığının, başak sayısı ve 1000 tane ağırlığı ile kıyaslandığında kuraklığa daha hassas olduğunu belirlemişlerdir.

Bruckner ve Frohberg (1987)'e göre, düşük kuraklık hassasiyet indeksi değerlerine sahip çeşitlerin kuraklığa daha dayanıklı olması beklenmektedir, çünkü uygun koşullarla kıyaslandığında bu çeşitler stres altında verimdeki ortalama kayıptan daha düşük azalmalar sergilemektedirler. Ancak, sadece kuraklık hassasiyet indeksi çeşitlerin kurak koşullara tepkilerinin ölçülmesi açısından bir sınırlamaya da sahiptir. Çünkü bu indeks uygun koşullarla kıyaslandığında stres koşullarındaki minimize edilen ya da en aza indirilmiş verim azalmasına bağlıdır. Bu sebeple, düşük kuraklık hassasiyet indeksi açısından seleksiyon, uygun çevrelerdeki verimi azaltma eğiliminde olabilir.

Dencic vd. (2000), ıslah çalışmalarında kuraklığa dayanıklılık açısından gen kaynaklarının tanımlanması için, kurak koşullardaki buğday çeşitlerinin verim ve verim bileşenleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, buğday çeşitleri için başaktaki tane sayısının, ağırlığının, 1000 tane ağırlığının ve özellikle tane veriminin, bitki boyu ve başaktaki başakçık sayısından daha fazla kuraklığa hassas olduğunu bildirmişlerdir. Kuraklık stresi etkisinin, tane veriminde olduğu kadar başaktaki daha düşük

tane sayısı ve ağırlığıyla ve başaktaki steril başakçık sayısındaki bir miktar artış ile de kendini gösterdiğini rapor etmişlerdir. Aynı zamanda, kuraklık hassasiyet indeksinin çeşitler arasında değişim gösterdiğini ve Güney Afrika çeşitlerinin KHI'lerinin 0.72-0.75, Yugoslavya çeşitlerinin ise 1.24-1.25 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Beklenen bu sonucu, çok düşük yağış alan G. Afrika koşullarında geliştirilen çeşitlerin daha nemli koşullarda geliştirilen yüksek verimli çeşitlerle kıyaslandığında kurak koşullar altında verimde daha düşük bir azalmaya sahip olmaları şeklinde açıklamışlardır.

2.4. Proje Konusu ile İlgili Literatür Özeti

Kuraklık stresi ile ilgili olarak yurt içi ve uluslararası literatür taraması yapılarak konuyla doğrudan ilgili çalışmalar aşağıda kronolojik sıraya göre verilmiştir.

Öztürk (1996), kurağa hassasiyeti farklı buğday bitkilerinde çimlenme ve erken kardeşlenme dönemlerinde uygulanan kuraklık stresinin antioksidan koruma sistemleri üzerine yaptığı araştırmada çimlenme döneminde bitkilere PEG 6000 uygulaması ile kardeşlenme döneminde ise sulanmayan koşullarda çalışma yapmıştır. Çimlenme döneminde kökçük ve koleoptil gelişimlerinin PEG 6000 uygulamasından oldukça yüksek düzeyde etkilendiğini belirlemiştir. Duyarlı genotiplerdeki kökçük gelişiminde % 90, dayanıklı olanda ise % 60 oranında gerileme olduğunu bildirmiştir. Dayanıklı çeşitte, koleoptil gelişimlerinin ise kökçük gelişimi ile kıyaslandığında daha hassas olduğu tespit edilmiştir. Çimlenme döneminde tüm genotiplerde GR ve SOD aktivitesinin kontrol ve stres uygulanan bitkilerde artma eğiliminde olduğu, kuraklık stresi uygulanan bitkiler kontrolle kıyaslandığında SOD ve GR'ye göre APX aktivitesinin çok daha fazla etkilendiği görülmüştür. Özellikle dayanıklı türde kuraklık stresinin uzamasına bağlı olarak APX aktivitesindeki azalma hassas çeşitlerle kıyaslandığında daha az olduğu belirlenmiştir. Bu durum tohumun içermiş olduğu askorbat düzeyleriyle ilişkilendirilmiştir. Bu artışlar koleoptil ve kökçük gelişimi ile de yakından ilgili olduğu ve çimlenme ve büyük bir olasılıkla solunum sırasında artan düzeylerde hidrojen peroksit üretiminin meydana geldiği vurgulanmıştır. Kardeşlenme döneminde uygulanan kuraklık sonrasında yapılan incelemeler sonunda, bitki su içeriklerinde azalmaların meydana geldiği ve dayanıklı çeşidin daha yüksek su içeriklerine sahip olduğu; bitkilerin klorofil içeriklerinin hassas çeşitte daha düşük olduğu ve bu durumun daha yüksek oranda etilen üretiminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Etilen üretimi klorofilin yapısını bozduğu gibi serbest radikaller

tarafından üretimi düzenlendiği için kuraklık stresi altında hassas çeşitlerde daha yüksek oranda radikal üretiminin mümkün olacağı üzerinde durulmuştur. Bu sonucun hassas çeşitte kuraklık uygulaması sonucu oluşan yüksek membran geçirgenliğini de desteklemektedir. Bu parametrenin yüksek olması lipid peroksidasyonunu ve membranlarda oksidatif bozulmanın gerçekleştiği sonucunu da yansıtabilir. Kuraklık periyodunun ardından bitkilerin koruyucu enzim aktivitelerinde (APX, GR ve SOD) kontrol bitkileriyle kıyaslandığında artış olduğu, özellikle dayanıklı buğday çeşidinde APX ve GR'nin kuraklıktan daha fazla, SOD'un ise daha az etkilendiği tespit edilmiştir. Stres koşullarında APX ve GR'nin daha yüksek olması, H₂O₂ üretiminin de bir göstergesidir.

Sairam vd (1998) su stresinde buğday çeşitlerinde antioksidan sistemlerinin rolünü araştırmışlardır. Kuraklık bitkilerde H₂O₂ birikimini ve lipid peroksidasyonunu artırmış ve askorbik asit konsantrasyonunu azaltmıştır. Antioksidan enzimler (süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz ve katalaz) su stresinde önemli oranda artış göstermiştir. Kurağa dayanıklı olan C 306 çeşidinin hassas olan çeşitlere göre askorbat peroksidaz, katalaz aktivitesi ve askorbik asit içeriği yüksek, H₂O₂ konsantrasyonu ve lipid peroksidasyonunun düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Dhanda ve Sethi (1998) ekmeklik buğday çeşitlerinde kuraklığa bağlı olarak yaprak su tutma kapasitesi ve nispi nem içeriğinin genetiksel olarak farklı olup olmadığını araştırmışlardır. Bu amaçla sera ve tarla koşullarında olmak üzere 2 kurağa dayanıklı, 2 kurağa orta dayanıklı ve 2 kurağa hassas buğday çeşitleri ile çalışmalarını yürütmüşlerdir. Kuraklık stresi sapa kalkma ve çiçeklenme olarak iki farklı dönemde yaratılmıştır. Yaprak nispi nem içeriğinin çiçeklenme döneminde yaratılan kuraklıkta seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini, yaprak su tutma kapasitesinin ise her iki dönemde yaratılan kuraklıkta seleksiyon kriteri olarak güvenli olduğunu bildirmişlerdir.

Araghi ve Assad (1998) buğdayda kurağa dayanıklılık tarama (screening) tekniklerinin belirlenmesi ve bunların kuraklık sonucu ürün azalma oranı ile ilişkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, 6 buğday çeşidinde tarama tekniği olarak bitki örtüsü sıcaklığı, stoma direnci, transpirasyon alanı ve yaprak su tutma kapasitesini değerlendirmişlerdir. Çeşitlerin ürün azalma oranı ile bitki örtüsü sıcaklığı arasında önemli korelasyonlar

belirlemişlerdir. Transpirasyon alanı dışındaki parametrelerin kuraklığa dayanıklı çeşitlerin belirlenmesinde kriter olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Campos vd. (1999) kuraklığın börülce çeşitlerinde fotosentez performansı ve su ilişkileri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada *Vigna glabrescens* (Vg) ve *Vigna unguiculata* (cvs. 1183, ESPACE-1 ve Lagoa) çeşitleri kullanılmıştır. Vg çeşidi diğer çeşitlere göre minimum yaprak nispi nem içeriği koşulunda stomalara daha az kapanma etkisi göstermiş ve bu çeşidin stoma geçirgenliği ve fotosentetik aktivitesi daha yüksek olarak belirlenmiştir. Buna ilave olarak Vg çeşidinin orta seviyede yaratılan su stresi koşulunda bile diğer çeşitlerden daha fazla prolin biriktirmesinin, yapraklarındaki düşük seviyedeki ozmotik potansiyeli ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir.

Siddique vd. (1999) Konchan, Sonalika, Kalyanosa ve C306 buğday çeşitlerinde kuraklığın fotosentez oranı ve gaz alışverişine etkisini yarı-kontrollü koşullarda araştırmak amacıyla 4 farklı düzeyde su stresi koşulları yaratmışlardır. Konchan çeşidi vejetatif ve çiçeklenme döneminde diğerlerinden daha yüksek oranda fotosentez aktivitesi göstermiştir. Bitkilerin kuraklığa maruz bırakılması fotosentez oranı, stoma geçirgenliği ve mezofil geçirgenliğinde önemli düşümlere ve hücreler arası CO₂ seviyesinde ise yükselmeye sebep olmuştur.

Leport vd. (2006) Akdeniz tipi bölgelerde sınırlı su koşullarında yetiştirilen nohutlar üzerine dönemsel kuraklığın etkilerinin araştırıldığı 2 tarla denemesi kurmuşlardır. Birinci denemede, 5 farklı küçük tohumlu ve 1 yuvarlak tohumlu nohut çeşidi çiçeklenme döneminden sonra sulu ve susuz koşullarda yetiştirilmiştir. İkinci denemede 2 küçük tohumlu ve 2 yuvarlak tohumlu nohut çeşidi, tohum bakla döneminde sulama yapılarak veya yağmur perdesi altında yetiştirilmiştir. İlk denemede çeşitler arasında toplam kuru madde birikimi, su kullanımı, bakla oluşum fazı öncesi ve sonrasında yaprak su potansiyeli ve fotosentezde farklılıkların gözlenmediği; susuz koşullarda yetiştirilen bitkilerde ise yaprak su potansiyelinin -3 MPa'nın altına düştüğü ve fotosentezin tane dolum başlangıcında azaldığı gözlenmiştir. Çeşitler arasında ozmotik düzenleme önemli şekilde değişiklik göstermiş; ilk denemede çiçeklenme sonrası bakla oluşumu gecikirken, ikinci denemede daha erken başlamıştır. Su noksanlığının, tane sayısını ve büyüklüğünü azaltması nedeniyle tane verimini %50-80 oranında azalttığı; bakla doldurma sırasında yaprak kuru maddesi ve gövdedeki dağılımının çeşitler arasında % 0-60 oranında değiştiği ve bu özelliğin nohutta yüksek hasat indeksi ve tane verimi açısından önemli olabileceği belirtilmiştir.

Franca vd. (2000) sera koşullarında kuraklığın fasulye çeşitlerinde gelişme ve bitki su ilişkileri üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, 4 fasulye çeşidi (A320, Carioca, Ouro Negro ve Xodo) su stresinde yetiştirilmiş ve adaptasyon mekanizmaları büyüme parametreleri, su statüsü, gaz alışverişi (stoma direnci) ile açıklanmıştır. Çeşitler arasında kuraklığa bağlı olarak büyüme oranı önemli farklılıklar göstermiştir. Düşük seviyedeki su stresinde ($\Psi_w = -0.60$ MPa) A320 çeşidinin stomalarını tamamen kapadığı, buna karşılık diğer çeşitlerin $\Psi_w = -0.90$ MPa'lık stres koşulunda stomalarını kapadığını ve net asimilasyon oranının tamamen stoma açıklığı ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir. Carioca ve Ouro Negro çeşitlerinin yüksek su tutma kapasitesi, ve su stresinde verim yönünden diğer iki çeşitten daha iyi tolerans mekanizmasına sahip olduğunu, dayanıklı çeşitlerin (Carioca ve Ouro Negro) yaprak osmotik potansiyellerinin ve membran stabilitelerinin yüksek olduğu ve sonuç olarak aynı ekolojik koşullarda yetiştirilmelerine rağmen 4 farklı fasulye çeşidinin kuraklığa tolerans bakımından birbirine göre önemli düzeyde farklı tolerans mekanizmalarına sahip olduklarını ifade etmişlerdir.

Sairam ve Saxena (2000) üç buğday çeşidinde su stresi toleransında antioksidan sistemlerini rolünü araştırdıkları çalışmalarında, çiçeklenme dönemiden sonra farklı safhalarda uygulanan su stresinin lipid peroksidasyonunda artış ve membran stabilitesi, klorofil ve karotenoid içeriklerinde ise azalmayla sonuçlandığı; ayrıca, askorbat peroksidaz, glutathion redüktaz ve spesifik olmayan oksidaz gibi antioksidan enzimlerinin önemli şekilde arttığını vurgulamışlardır. İnceledikleri buğday çeşitlerinden en yüksek askorbat peroksidaz, glutathion redüktaz ve peroksidaz aktivitesine sahip olan su stresine dayanıklı türde, stres koşullarında en düşük düzeyde peroksidasyon ve en yüksek düzeyde de membran stabilitesi, klorofil ve karotenoid içeriklerinin gözlendiği, bunun yanı sıra su stresine duyarlı türde enzim aktivitesinin, membran stabilitesinin ve klorofil ve karotenoid içeriğinin en düşük düzeyde ve lipid peroksidasyonunun ise en yüksek düzeyde meydana geldiği tespit edilmiştir. Araştırıcılar kuraklığa dayanıklı buğday çeşitlerinde kuraklığa toleransın bu bitkilere ait olan antioksidan enzim aktivitesinin çok daha yüksek olmasından kaynaklandığı sonucuna varmıştır.

Boutraa ve Sanders (2001) sera koşullarında İki fasulye çeşidinde (Carioca ve Prince) su stresinin verim ve verim komponentleri üzerine etkileri araştırmışlardır. Bitkiler optimum koşullarda, çiçeklenme dönemi ve meyve (bakla) bağlama döneminde su stresinde

yetiştirilmiştir. Araştırmacılar Carioca çeşidinin Prince' e göre kuraklığa daha dayanıklı olduğunu, her iki dönemde de uygulanan su stresinin bitkilerin gelişmelerini ve verim komponentlerini (tane ağırlığı, bitkideki tane sayısı, bitkideki bakla sayısı, yaprak sayısı, bitki boyu) olumsuz etkilendiğini bildirmiştir.

Machado ve Paulsen (2001) buğday ve sorgumda kuraklık ve yüksek sıcaklığın su ilişkileri üzerine kombine etkilerinin araştırmışlardır. Kombine stres koşulu buğday ve sorgumda, yaprak nispi nem içeriğini, yaprak turgor potansiyelini ve yaprak osmotik potansiyelini azaltmıştır. Bununla birlikte sıcaklığa hassas olan buğdayda bu parametrelerdeki değişimler çok daha şiddetli gözlemlenmiştir.

Katerji vd. (2001) kuraklık toleransı farklı 2 nohut çeşidinin toprak tuzluluğuna karşı tepkilerini araştırdıkları lizimetre çalışmasında, 3 farklı doz tuz içeren sulama suyu kullanmışlardır (3.7 meq Cl/l, EC: 0.9 dS/m; 15 ve 30 meq Cl/l, EC: 2.3 ve 3.6 dS/m). Deneme bitkisi olarak seçilen kuraklığa dayanıklı ve hassas nohut çeşitlerinin tuzsuz koşullarda aynı ürünü verdikleri; tuzlu koşullarda kuraklığa dayanıklı nohut çeşidinin yaprak ve kuru madde gelişimi ve çiçeklenmesinde erken olgunlaşma (senescence, yaprak kuruması) etkisinin oluştuğu; buna karşılık kuraklığa hassas nohut türünde hafif tuzlu koşullarda (EC: 2.5 dS/m) ekimden sonraki 135. günde yeni yaprakların ve çiçeklerin gelişimi nedeniyle farklı bir davranış gösterdiği, olgunlaşma (senescence) etkisinin geciktiği ve tuzsuz koşullarda yetiştirilen nohutlarla aynı ürünün elde edildiği; tuzlu koşullarda ise her iki nohut türünde de % 70 düzeyinde ürün azalmasının meydana geldiği tespit edilmiştir.

Sawhney ve Singh (2002) çiçeklenme öncesi dönemde yapay kuraklık etkisi yaratmak amacıyla kimyasal desikant (KI) uygulamasının buğday çeşitlerinde yaratacağı fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada kurağa hassas (Lok-1) ve dayanıklı (WH-533) iki çeşit kullanılmıştır. Bitkilerin bir grubuna kontrol olarak yapraktan su uygulanmış, bir grubuna % 0.1' lik KI tüm bitkiye olacak şekilde yapraktan uygulanmış ve diğer bir gruba da başak hariç bitkinin geri kalanına % 0.1' lik KI uygulanmıştır. Yapraklardaki değişimler uygulamadan 1, 2, 4 ve 6 saat sonra alınan örneklerde belirlenmiştir. KI uygulamaları fotosentez oranı ve klorofil içeriğinin azalmasına sukroz ve prolin içeriğinin artmasına sebep olmuştur. Bu parametrelerdeki değişimler kurağa hassas olan çeşit olan Lok-1' de daha şiddetli olmuştur. Araştırmacılar KI tekniğinin buğdayda kuraklık tarama çalışmalarında kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Anbessa ve Bejiga (2002) kuraklığa dayanıklılık açısından 482 nohut çeşidini değerlendirmişler ve kuraklığa tepki indeksine göre 18 toleranslı çeşit tespit etmişlerdir. Bu dayanıklı türlerin kurak koşullarda % 10'dan daha yüksek ürün verdiği belirlenmiştir. Hassas çeşitlerde düşük nem düzeylerinde kuru kök ağırlığı, kök hacmi ve köklenme derinliğinin önemli düzeyde azaldığı ve yaprak alanının küçüldüğü gözlenmiştir.

Egert ve Tevini (2002) sarmısak yapraklarında oksidatif stres açısından simptomatik bazı fizyolojik parametreler üzerine kuraklığın etkisinin incelendiği bir çalışmada, kuraklığın sarmısak yapraklarının mutlak ve bağıl nem içeriğinde önemli bir azalmaya, yaprak özsuyunun ozmomolaritesinde ve yaprak transpirasyonunun azalmasında önemli bir artışa neden olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra yapraklarda herhangi bir oksidatif zararlanma belirtisinin görülmediği; iyi sulanmış bitkilerle kıyaslandıklarında klorofil ve çözünebilir proteinlerin konsantrasyonunda ve lipid peroksidasyonunun miktarında bir değişim gözlenmediği belirtmiştir. Karotenoidlerin ve UV ışınını absorbe eden maddelerin konsantrasyonunun stabil kaldığı ve bu stabilitenin antioksidan kapasitesinde bir kayıp olmadığını gösterdiği vurgulanmıştır. Diğer taraftan, kuraklığın spesifik peroksidaz aktivitesini etkilemezken, spesifik askorbat peroksidaz aktivitesini önemli şekilde artırdığı (yaklaşık % 29) ve spesifik lipoksigenaz aktivitesini de önemli şekilde azalttığı gözlenmiştir. Oluşan bu değişikliklerin reaktif oksijen türlerinin formasyonunun potansiyel olarak azaltması nedeniyle kurak koşullarda yararlı olarak düşünülebileceği bildirilmiştir.

Liu vd (2004) sera koşullarında kuraklık stresinin soya yapraklarında ve baklasında karbonhidrat konsantrasyonu üzerine etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmada, kuraklık stresinin fotosentez oranını ve yaprakların, çiçeklerin ve baklaların su potansiyelini azalttığını belirlemişlerdir. Buna ilave olarak kuraklığın yapraklarda sukroz ve nişasta konsantrasyonunu azaltırken, hekzoz (glikoz + fruktoz) konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir.

Dhanda vd (2004) tarafından buğday çeşitlerinde gelişmenin erken dönemlerinde kuraklığa dayanıklılık indekslerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, laboratuvar koşullarında 30 farklı ekmeklik buğday çeşidinde tohum canlılık indeksi, çimlenme yüzdesi, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök-sürgün uzunluğu oranı, koleoptil uzunluğu ve membran stabilitesi incelenmiştir. Normal ve ozmotik stres koşullarında ortalama performansın karşılaştırılmasında, tohum canlılık indeksinin en hassas özellik olduğunu, bunu sürgün

uzunluğunun, çimlenme yüzdesinin ve kök uzunluğu özelliğinin izlediği belirtilmiştir. Bununla birlikte ozmotik stres koşullarında kök-sürgün uzunluğu oranının arttığı, sürgün uzunluğu ve koleoptil uzunluğu dışında tüm özelliklerin genetik çeşitliliği tanımladığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada, membran stabilitesi ve kök-sürgün oranından seleksiyonda büyük bir fayda sağlanabileceği, kök uzunluğu ve tohum canlılık indeksinden ise orta düzeyde fayda sağlanabileceği vurgulanmıştır.

Günes vd. (2005) bazı fizyolojik parametrelerin nohut çeşitlerinde kuraklığa tolerans kriteri olarak kullanılma olanaklarını araştırmışlardır. Sera koşullarında 11 farklı nohut çeşidinde çiçeklenme öncesi ve sonrası olmak üzere kuraklık stresi yaratılan çalışmada, çeşitlerin her iki dönemde yaratılan kurak koşullara tepkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin yaprak nispi nem içeriği, askorbik asit ve prolin içeriklerinin yüksek, yaprak su tutma kapasitesi ve membran geçirgenliğinin ise düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bu parametrelerin kuraklığa dayanıklı nohut çeşitlerinin belirlenmesinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Kalefetoğlu (2006) nohut çeşit ve hatlarının kuraklık stresine karşı dayanıklılıklarını araştırmak amacıyla, 2 farklı nohut çeşidi (Gökçe, Canitez) ve 2 farklı nohut hattı (AkN 87, AkN 290) kullandığı çalışmada, kuraklık stresinin büyüme parametrelerini (gövde büyümesi, yaprak sayısı, taze ve kuru ağırlık, nisbi ve gerçek nem içeriklerini) olumsuz yönde etkilediğini bildirmiştir. Kuraklık süresince üretimin sınırlandırılması ve fotoasimilatların tüketimine bağlı olarak karbonun yapraklardaki ve tüm bitkideki miktarının değişmesine bağlı olarak ağırlığın azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca, gövde kuru ağırlığındaki azalmanın fotosentetik CO₂ asimilasyonundaki ve klorofil içeriğindeki azalmaya bağlı olduğu bildirilmiştir. Yaprakların MDA ve antosiyanin içeriklerinin artan kuraklık ile artış gösterdiği; dayanıklı nohut genotipi hariç diğer genotiplerde klorofil (a+b) içeriklerinin azaldığı tespit edilmiştir. Kuraklık stresinden kaynaklanan oksidatif stresin tüm çeşit ve hatların membranlarında lipid peroksidasyonuna neden olduğu ve kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde lipid peroksidasyon ürünü olan MDA içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Ancak tüm çeşit ve hatlarda kuraklık uygulamalarında MDA içeriğinin benzer seviyelerde bulunması nedeniyle, MDA içeriğindeki değişimin genotiplerin dayanıklı ya da duyarlı olarak sınıflandırılmasında uygun bir gösterge olmadığı yorumu yapılmıştır. Araştırmada kullanılan nohut genotipleri ele alındığında, kuraklık stresinin Gökçe dışındaki genotiplerde toplam klorofil pigmenti içeriğini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Klorofil içeriği en çok

azalma gösteren genotipin hatlardan AkN 290 olduğu bildirilmiştir. Kuraklık stresinin genotiplerin karotenoid içeriğinde önemli bir artışa yol açmamış olması, Gökçe'de klorofil içeriğinin başka mekanizmalar ile korunduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Ayrıca Kalefetoğlu (2006) yaptığı araştırmasında, kuraklık stresinin süresindeki artışa paralel olarak prolin içeriklerinin de önemli düzeylerde artış gösterdiğini, özellikle dayanıklı çeşidindeki prolin birikiminin kendi kontrol bitkileri ile kıyaslandığında en az olan tür olduğunu, ancak genotipler arasında kuraklık stresine vermiş oldukları tepkiler olarak prolin birikimi açısından farklılık gözlenmediğini tespit etmiştir. Aynı çalışmada, bitkilerin antioksidan enzim aktiviteleri incelendiğinde (SOD, APX, POD ve GR), genotiplere göre farklılıklar oluştuğu ve özellikle dayanıklı nohut genotipinde APX, GR (glutathion redüktaz) ve POD enzimlerinin artan kuraklık stresine bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Bu çeşidin kuraklıktan kaynaklanan oksidatif strese karşı etkin bir ROS giderme kapasitesinin bulunduğu şeklinde yorumlanmıştır. Çalışmanın ayrıntıları incelendiğinde, hafif şiddette kuraklık stresinin, araştırılan genotipler içinde yalnızca Canitez'de APX aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir. Bu çeşitte, kuraklık stresinin APX aktivitesi üzerindeki etkisi, SOD aktivitesi ile benzer şekilde, 5 günlük kuraklık stresi uygulamasında azaldığı belirlenmiş ve bu durum, Canitez'de stresin ilk üç gününde SOD enziminin katalizörlüğünde O_2' nin indirgenmesine bağlı olarak oluşan H_2O_2' in, yine aynı periyod içerisinde, APX ile bertaraf edildiğini gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır. Canitez'de şiddetli kuraklık stresine bağlı olarak yeniden artan SOD ve APX aktivitesinin membran sistemlerinin korunmasında muhtemelen yetersiz kalması ve bu genotipte 7 günlük kuraklık stresinde artan MDA içeriğinin diğer genotiplerden daha fazla olması ile açıklanmıştır. Diğer taraftan, hatlardaki APX aktivitesinin şiddetli kuraklık stresi uygulandığında önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir. Gökçe'de ise, kuraklık stresinin şiddetindeki artışla beraber APX aktivitesinin giderek artması, bu çeşitte kuraklık stresinin etkisiyle oluşan H_2O_2' in bertaraf edilmesinde APX'in etkili bir rol oynadığı şeklinde yorumlanmıştır. Ancak kuraklık stresine karşı geliştirilen antioksidan savunma sistemleri bakımından genotiplerin büyük ölçüde varyasyon gösterdiği görülmüştür. Gökçe'de kuraklık stresi sırasında SOD, APX ve GR aktivitelerindeki artış, bu çeşitte kuraklıktan kaynaklanan oksidatif strese karşı muhtemelen etkin bir ROS giderme kapasitesinin bulunması ile yorumlanmıştır. Diğer taraftan, aynı araştırmacı koruyucu antioksidan enzimlerin aktivitelerindeki azalmanın, MDA birikiminin hem nedeni hem de sonucu olarak ortaya çıktığını bildirmiştir. Yapılan çalışmada bu durum, bir yandan enzim aktivitelerindeki azalmaya bağlı olarak, serbest radikal birikiminin gerçekleşmesi ve buna bağlı olarak MDA

içeriğinin artması ve plazma membranı lipid peroksidasyonunun doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmesi nedeniyle hasar görmesi şeklinde açıklanmıştır. Diğer yandan, MDA birikimi enzimlerin aktivitelerini inhibe ettiği ve böylece enzimlerin koruyucu fonksiyonlarının kaybolduğu ve membran hasarını çok daha fazla arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır. Bu durumun, bitkilerin kuraklığa karşı direnç yeteneklerinin koruyucu enzimlerle ve bu enzimlerin savunma fonksiyonları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Lei vd. (2006)'ın yaptığı araştırmada ise, odunsu bitkilerin kuraklığa dayanıklılıklarının belirlenmesinde nemli iklim koşullarına ve kurak iklim koşullarına adapte olan 2 farklı *Populus przewalskii* bitkisi, 3 farklı su düzeyi kullanılmış ve bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri incelenmiştir. Kuraklık uygulanan bitkilerin kuru madde akümülyasyonlarında herhangi bir farklılık belirlenmemesine karşın, özellikle klorofil pigment içeriklerinde önemli bir azalma ve serbest prolin ve toplam amino asitlerde ise dikkate değer birikimler olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, SOD, APX, GR ve guaiacol peroksidaz aktivitelerini indirgenmiş askorbik asit (AsA) içeriklerinin artışına bağlı olarak antioksidatif sistemlerin oluşumunu teşvik eden süper oksit radikalleri, hidrojen peroksit ve absisik asit düzeylerinde önemli artışlar belirlenmiştir. Nemli iklime adapte olmuş çeşit ile kıyaslandığında, kurak iklim çeşidinde kuru madde akümülyasyonunun daha düşük, kök sistemi biyomasının daha yüksek, ve toplam amino asit ve serbest prolin birikiminin daha fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca, kurak iklim çeşidinin diğerine kıyasla, APX ve GR aktivitelerinin daha yüksek ve AsA yüksek içeriğine bağlı antioksidatif sisteminin daha etkili olduğu tespit edilmiştir

Türkan vd. (2005) kuraklık stresine karşı dayanıklı olduğu bilinen fasulyede (*Phaseolus acutifolius* L.) SOD reaksiyonunun ürünü olan H_2O_2 ' in detoksifikasyonunda APX aktivitesinin önemli rol oynadığını belirlemiştir

Çekiç (2007) in bildirdiğine göre buğday ıslahında kurağa dayanıklılığı belirlemede kolay uygulanabilir, hızlı, tekrarlanabilir, ucuz ve seleksiyon kriteri olabilecek testlere ihtiyaç olduğunu belirterek kurağa dayanıklılıkta seleksiyon kriteri olabilecek morfolojik, fenolojik ve bazı fizyolojik parametreleri İç Anadolu Bölgesi koşullarında karşılaştırma amacıyla Eskişehir koşullarında bölge verim seviyesine gelmiş 20 adet ileri kademe hat ile kurağa reaksiyonları bilinen 10 adet standart çeşit üzerinde, yağmura bağımlı ve kısıtlı takviye sulamanın yapıldığı, tesadüf blokları deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak 2003-2004 ve 2004-2005 yetiştirme sezonunda yürütülen denemelerde parametreler karşılaştırılmıştır. Çeşitlerin ve hatların adaptasyon kabiliyetlerini ölçmek amacıyla yine aynı yıllar arasında 2

farklı lokasyonda denemeler yürütülmüştür. Kuru ve sulu denemelerde verim, verim komponentleri, başaklanma tarihi, bitki boyu, üst boğum uzunluğu, bayrak yaprak eni, boyu, ve alanı gibi parametrelerin yanı sıra, fizyolojik parametrelerden bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS), membran zararlanması, bayrak yaprak oransal nem içeriği, translokasyon oranı ve bayrak yaprak yeşil kalma süresi (BYYKS) ölçüm ve gözlemleri yapılmış ve bu parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Araştırma sonucunda standart çeşitlerden Kırgız 95, Gerek 79, Aytın 98, Süzen 97 ve Sönmez 01 geniş adaptasyon kabiliyeti olan ve kurağa dayanıklı çeşitler olarak görülürken, Yıldız 98 ve Sultan 95 kurağa hassas çeşitler olmuşlardır. Verim komponentlerinden metrekarede başak sayısı kurak koşullarda verimle ilişkili bulunurken, morfolojik parametrelerden bitki boyuyla ilgili olarak, uzun boydan ziyade kurak koşullarda boyunu fazla kısaltmayan çeşitlerin daha avantajlı olduğu, erkencilikle BYYKS arasında önemli bir ilişki olduğu bulunmuştur. Verim ve kurak hassasiyet indeksi (KHİ) değerleri ile en yüksek ilişkiyi BYYKS değerleri vermiş, translokasyon sadece kuraklık stresinin fazla olduğu 2004 yılında verim üzerine etkili olmuştur. *Stepwise* yöntemi ile yapılan çoklu regresyon analizinde, çeşitlerin KHİ değerleri arasındaki genotipik farklılığı belirleyen parametrelerden ilki BYYKS olmuş, bunu bitki boyu, BÖS ve membran zararlanması takip etmiştir. Bu 4 parametre KHİ'ndeki toplam varyasyonun % 70'ini açıklamıştır. Uygulama kolaylığı ve ekonomikliği nedeniyle KHİ ve verimle en yüksek ilişkiyi vermesi nedeniyle de BYYKS'nin kurak koşullarda geniş ıslah materyali üzerinde kullanılabilir bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır.

3. Gereç ve Yöntem

Araştırma, A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Serasında ve A.Ü. Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde, sera ve tarla koşullarında 2 yıl süre ile yürütülmüştür. Denemelerde Türkiye'de tescilli 11 nohut (*Cicer arietinum L.*) çeşidi (Menemen-92, Akçin, Aydın-92, İzmir-92, Küsmen, Canitez-87, Gökçe, Sarı, Uzunlu-99, Er-99 ve ILC-195) kullanılmıştır. Tarla denemesinin kurulduğu alanda gerekli toprak hazırlığı yapıldıktan sonra toprak özelliklerini belirlemek ve aynı zamanda sera denemesinde kullanılmak üzere yeterli miktarda toprak örneği alınmıştır. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları Çizelge 3.1' ve yağış verileri Çizelge 3.2 de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları

Parametreler		2007		2008	
N (g kg ⁻¹)		1.56		1.54	
P (mg kg ⁻¹)		34.8		37.6	
K (mg kg ⁻¹)		518		475	
Na (mg kg ⁻¹)		51		41	
Ca (mg kg ⁻¹)		9150		8520	
Mg (mg kg ⁻¹)		680		660	
B (mg kg ⁻¹)		1.48		1.42	
Cl (mg kg ⁻¹)		280		130	
Fe (mg kg ⁻¹)		5.23		5.87	
Cu (mg kg ⁻¹)		1.68		1.68	
Zn (mg kg ⁻¹)		0.21		0.13	
Mn (mg kg ⁻¹)		9.71		10.70	
pH		7.39		7.52	
EC (µS cm ⁻¹)		313		264	
Organik Madde (%)		1.56		1.55	
Kireç (%)		24.42		23.96	
Tarla Kapasitesi (%)		21.5		19.5	
Tekstür Sınıfı	Kum %	25.28	Kil	Kum %	20.43
	Kil %	54.94		Kil %	60.11
	Silt %	19.78		Silt %	19.46

Çizelge 3.2. Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama çiftliği Meteoroloji İstasyonu 2004-2008 yılı yağış verileri (mm m⁻² ay⁻¹)

Ay /Yıl	2004	2005	2006	2007	2008
Ocak	37	12	34	30.3	17
Şubat	0	39.1	76.2	11	16
Mart	18.2	104.7	35.1	26.5	52.2
Nisan	26.6	46.4	55.4	19.9	24.6
Mayıs	28.8	56	31.7	0	41.6
Haziran	15.8	42.6	37.6	34.4	15.9
Temmuz	0	20.4	0	5	0
Ağustos	17.5	8.2	0	11.7	0
Eylül	1	18.5	57	0	38.3
Ekim	8.8	14.8	48	16.1	17.9
Kasım	26	67.4	18.5	79.1	33.1
Aralık	8.8	9.3	0	46.5	33
Mart-Temmuz Toplam				85.8	134.3
TOPLAM	188.5	439.4	393.5	280.5	289.6

Uzun yıllar Ortalaması: 318.3

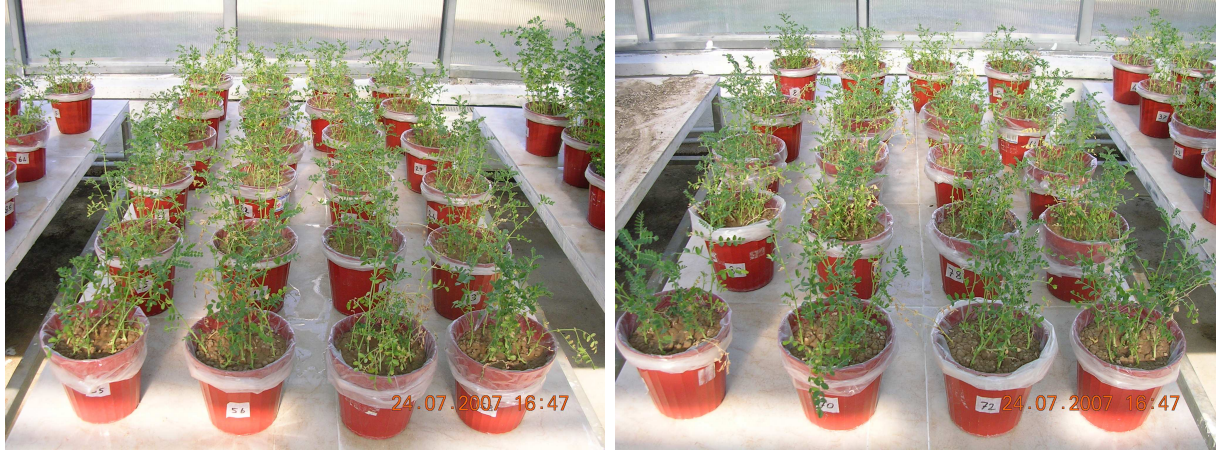
3.1. Sera Denemesi

Sera denemesi (2007 yılı): Tarla denemesi için kullanılan alandan alınan topraklarda, sera denemesi için gerekli toprak hazırlığı yapıldıktan sonra, 11 nohut çeşidi tesadüf parselleri deneme desenine göre 2 kg toprak alan polietilen saksılarda 4 tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve 07.06.2007 tarihinde temel gübreleme için 100 mg kg⁻¹ N, NH₄NO₃ dan, 100 mg kg⁻¹ P ve 125 mg kg⁻¹ K, KH₂PO₄ dan uygulanmıştır. 08.06.2007 tarihinde her saksıya 12 tohum ekilmiştir.

Tüm saksılar çimlenme tamamlanana kadar tarla kapasitesinde sulanmıştır. 22.06.2007 tarihinden itibaren kuraklık stresi uygulamak amacıyla bir grup saksı tarla kapasitesinin %80'i oranında diğer grup ise 1 hafta süreyle tarla kapasitesinin % 40'ı oranında sulanmıştır.

Ardından sulama düzeyi tarla kapasitesinin % 50 sine çıkarılarak kuraklık stresi uygulanmaya devam edilmiştir. Çiçeklenme dönemi başlangıcında bitkilerin mineral madde içerikleri belirlenmek üzere bitki örneği alınmış ve aynı dönemde bitkilerde fizyolojik analizler yapılmıştır. Ardından enzim analizleri için yeterli miktarda örnek alınmış ve mineral madde içerikleri belirlenmek üzere tüm bitkiler 06.08.2007 tarihinde toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Resim 1 ve 2 de sırasıyla sera denemesinin genel görünümü ve çeşitlerin kuru ve sulu koşullardaki gelişimi görülmektedir.

Kuru Koşullar



Sulu Koşullar



Resim 1. Sera denemesinin genel görünümü (2007)

Akçin



Küsmen



Canitez-87



Gökçe



Sarı



Uzunlu-99



Er-99



ILC-195



Menemen-92



İzmir-92



Aydın-92



Resim 2. Serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuru ve sulı koşullarda gelişimi (2007 yılı)

Sera denemesi (2008 yılı): Tarla denemesi için kullanılan alandan alınan topraklarda, sera denemesi için gerekli toprak hazırlığı yapıldıktan sonra, 11 nohut çeşidi tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 kg toprak alan polietilen saksılarda 4 tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve 05.06.2008 tarihinde temel gübreleme için 100 mg kg^{-1} N, (NH_4NO_3) , 100 mg kg^{-1} P ve 125 mg kg^{-1} K, (KH_2PO_4) uygulanmıştır. 06.06.2007 tarihinde her saksıya 24 tohum ekilmiştir. Tüm saksılar çimlenme tamamlanana kadar tarla kapasitesinde sulanmıştır. Çimlenme sonrasında saksıdaki bitki sayısı 15 olacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Çimlenmenin başlangıcına kadar tüm saksılar tarla kapasitesinde sulanmıştır.

Çiçeklenmenin başlaması ile birlikte 07.07.2008 tarihinden itibaren bir grup saksı yine tarla kapasitesinde sulanmaya devam edilmiş, diğer grup saksılar ise iki günde bir su düzeyi %

10'luk kademeler halinde azaltılarak kuraklık stresine alınmıştır. Bu süreç sulama oranı arla kapasitesinin % 50'sine düşürülene kadar (12 gün) devam etmiştir. Kuraklık uygulanmış bitkilerde su düzeyi tarla kapasitesinin % 50'sine ulaştığı dönemde fizyolojik analizler yapılmıştır. 29.07.2008 tarihinde bütün bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiş ve yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Resim 3 ve 4' de sera denemesinin genel görünümü ve çeşitlerin kuru ve sulu koşullardaki gelişimi görülmektedir.

Kuru Koşullar



Sulu Koşullar



Resim 3. Sera denemesinin genel görünümü (2008 yılı)

Akçın



Küsmen



Canitez-87



Gökçe



Sarı



Uzunlu-99



Er-99



ILC-195



Menemen-92



İzmir-92



Aydın-92



Resim 4. Serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuru ve sulı koşullarda gelişimi (2008 yılı)

3.2. Tarla Denemesi

Tarla denemeleri, Haymana ile Gölbaşı ilçeleri arasında ve Ankara-Haymana karayolunun 45'inci kilometresinde bulunan, denizden yüksekliği 1055 metre olan, alüviyal büyük toprak grubuna giren ve Gökmen (1992) tarafından detaylı etüd ve haritalaması yapılarak özellikleri belirlenen Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisinde “Çiftlik Serisi” toprakları üzerinde yürütülmüştür.

Tarla denemesi (2007 yılı): Tarla koşullarında, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak hazırlanmış 3 x 4 m boyutlarındaki parsellere 2.17 kg da^{-1} DAP gübresi uygulanmıştır. İklim koşullarına bağlı olarak 4 Nisan 2007 tarihinde ekim yapılmıştır. Bir grup parsel çiçeklenme öncesi (31.05.2007 ve 06.06.2007) 2 defa ($17 \text{ mm} \times 2 = 34 \text{ mm m}^{-2}$)

sulanmıştır. Diğer bir grup ise sulanmadan kurak koşullarda yetiştirilmiştir. Birinci ve ikinci sulama birbirini izleyen 2 hafta içinde gerçekleştirilmiştir. İkinci sulamadan 9 gün sonra 4 günlük düzenli aralıklarla ve günün aynı saatlerinde nisbi klorofil ve bitki örtüsü sıcaklıkları belirlenmiştir. Bitkilerde sararma görülene kadar bitki örtüsü sıcaklıkları ve nisbi klorofil ölçümlerine devam edilmiştir. Nisbi klorofil değerleri yaprağın yeşil kalma süresinin tespitinde kullanılmıştır. Çiçeklenme dönemini takiben bakla bağlama dönemi beklenmiş ve 27.06.2007 tarihinde bitkilerin mineral madde içeriklerinin belirlenmesi ve antioksidan enzim analizlerinde kullanılmak üzere bitki örnekleri alınmıştır. Bakla bağlama döneminden 7 gün sonra 05.07.2007 tarihinde membran stabilite indeksi (MSI) ve 06.07.2007 tarihinde de nisbi nem içeriği (NNİ), yaprak su tutma kapasitesi (YSTK) analizleri arazide gerçekleştirilmiştir. Bakla bağlama döneminden 15 gün sonra da 13.07.2007 tarihinde lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit (H_2O_2), askorbik asit ve prolin analizleri için yeterli miktarda ve analizlerin amacına uygun olarak bitki örnekleri alınmıştır. Bu fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin belirlenmesinde kullanılmak üzere alınan tüm örnekler kuru buz kutuları içinde laboratuvara ulaştırılmış ve $-20^{\circ}C$ 'de derin dondurucu içerisinde muhafaza edilmiştir. Ardından, hasat olgunluğuna erişen bitkiler 26.07.2007 tarihinde toprak yüzeyinden biçilerek hasat edilmiş, verim ve verim öğeleri (bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, 100 tane ağırlığı, bitki başına verim, hasat indeksi, biyolojik verim ve tane verimi) belirlenmek üzere laboratuvara getirilmiştir.

Tarla denemesi (2008 yılı): Tarla koşullarında, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak hazırlanmış 3 x 4 m boyutlarındaki parsellere 2.17 kg da^{-1} oranında DAP gübresi uygulanmıştır. İklim koşullarına bağlı olarak 16.04.2008 tarihinde ekim yapılmıştır. Parseller 3 x 1.5 m boyutlarında olacak şekilde yeniden düzenlenmiş ve bir grup parsel çiçeklenme döneminde (20.06.2008) 32 mm m^{-2} su verilecek şekilde sulama yapılmıştır. Diğer bir grup ise sulanmadan kurak koşullarda yetiştirilmiştir. Sulamadan 7 gün sonra düzenli aralıklarla ve günün aynı saatlerinde nisbi klorofil ve bitki örtüsü sıcaklıkları belirlenmiştir. Bitkilerde sararma görülene kadar bitki örtüsü sıcaklıkları ve nisbi klorofil ölçümlerine devam edilmiştir. Sulama öncesi ve sonrasında toplam 3 kez ot alımı yapılmıştır. Çiçeklenme dönemini takiben bakla bağlama dönemi beklenmiş ve 11.07.2008 tarihinde bitkilerin mineral madde içeriklerinin belirlenmesi ve antioksidan enzim ile birlikte fizyolojik analizlerinde kullanılmak üzere bitki örnekleri alınmıştır. Bu fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerin belirlenmesinde kullanılmak üzere alınan tüm örnekler kuru buz kutuları içinde laboratuvara ulaştırılmış ve $-20^{\circ}C$ 'de derin dondurucu içerisinde muhafaza edilmiştir.

Bakla bağlama döneminden 5 gün sonra 16.07.2008 tarihinde membran stabilite indeksi (MSI) ve 18.07.2008 tarihinde de nisbi nem içeriği (NNİ), yaprak su tutma kapasitesi (YSTK) analizleri arazide gerçekleştirilmiştir. Hasat olgunluğuna erişen bitkiler 30.07.2008 tarihinde toprak yüzeyinden hasat edilmiştir. Resim 5’ te tarlada sulu ve kuru koşullarda nohut çeşitlerinin gelişimi görülmektedir.

Resim. 5. Haymana koşullarında 11 nohut çeşidinin sulu ve kuru koşullarda gelişimi



Küsmen (Sulu)



Küsmen (Kuru)



Canitez (Sulu)



Canitez (Kuru)



Gökçe (Sulu)



Gökçe (Kuru)



Sarı (Sulu)



Sarı (Kuru)



Uzunlu (Sulu)



Uzunlu (Kuru)



Er (Sulu)



Er (Kuru)



ILC (Sulu)



ILC (Kuru)



Menemen (Sulu)



Menemen (Kuru)



İzmir (Sulu)



İzmir (Kuru)



Aydın (sulu)



Aydın (Kuru)

3.3. Toprak Analizleri

Tekstür (Bünye): Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde Hidrometre yöntemine göre belirlenmiş, tekstür sınıfları ise “Soil Survey Manual” (Anonymous 1951)’e göre saptanmıştır.

Toprak reaksiyonu (pH): 1/2.5 toprak / su karışımında cam elektrotlu pH-metre ile belirlenmiştir (Jackson 1958).

Elektriksel iletkenlik (EC): Elektriksel iletkenlik değeri 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılmış toprak örneğinde EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954)

Organik madde: Jackson (1958) tarafından bildirildiği şekilde değiştirilmiş Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir

Kalsiyum karbonat (CaCO₃): Hızalan ve Ünal (1966) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir.

Toplam azot (N): Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

Değişebilir potasyum (K) ve sodyum (Na): Pratt (1965) tarafından bildirildiği şekilde, toprak örnekleri 1.0 N nötr (pH: 7.0) amonyum asetat (CH₃COONH₄) ile ekstrakte edilerek süzükteki potasyum (K) ve sodyum (Na) Perkin Elmer Optima 2100 DV optik emisyon (ICP-OES) spektrometresinde belirlenmiştir.

Değişebilir kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Pratt (1965) tarafından bildirildiği şekilde, toprak örnekleri 1.0 N nötr (pH: 7.0) amonyum asetat (CH₃COONH₄) ile ekstrakte edilerek süzükteki kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) Perkin Elmer Optima 2100 DV optik emisyon (ICP-OES) spektrometresinde belirlenmiştir.

Bitkiye yarıyışlı fosfor (P): Toprak örneğinde fosfor Olsen vd. (1954) tarafından bildirildiği şekilde, 0.5 N NaHCO₃ (pH: 8.5) ile ekstrakte edilerek çözeltiye geçen fosfor (P), molibdofosforik mavi renk yöntemine göre Shimadzu model UV 1201 spektrofotometresinde belirlenmiştir.

Bitkiye yarayışlı bor (B): Wolf (1971) tarafından bildirildiği şekilde; pH'sı 4.8 olan sodyum asetat çözeltisiyle ekstrakte edilen bor (B) azometin-H yöntemine göre Shimadzu model UV 1240 spektrofotometresinde belirlenmiştir.

Klor (Cl): Su ile ekstrakte edilmiş toprakların klor miktarı, potasyum kromat indikatörü ile renklendirildikten sonra AgNO_3 ile titre edilerek belirlenmiştir (Johnson ve Ulrich 1959).

Bitkiye yarayışlı demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn): Lindsay ve Norvell (1978) tarafından açıklandığı gibi, toprak-çözelti oranı 1:2 olacak şekilde 0.005 M DTPA (dietilen triamin penta asetik asit) + 0.01 M CaCl_2 + 0.1 M TEA (trietanolamin) karışım çözeltisi (pH: 7.3) ile 2 saat çalkalanarak ekstrakte edilen süzükte Fe, Zn, Cu ve Mn Perkin Elmer Optima 2100 DV optik emisyon (ICP-OES) spektrometresinde belirlenmiştir.

3.4. Bitki Analizleri

Bitki örnekleri, A.Ü.Z.F. Toprak Bölümü laboratuvarlarına nakledilerek yıkanmıştır. Yıkanan bitki örnekleri 65 °C'de durağan ağırlığa gelinceye dek kurutulmuş ve öğütülmüştür. Bitki örneklerinin element içeriklerinin belirlenmesi amacı ile kül fırınında $450 \pm 50^\circ\text{C}$ 'de 1 gece yakılmış ve kuru yakma yöntemine göre 10 N HNO_3 ile süzük hazırlanmıştır. Mavi bant filtre kağıdı ile süzülen örneklerin element ölçümleri aşağıda belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. (Kacar ve İnal 2008). Sera ve tarla denemelerinde yapılan tüm analizlerin detayları aşağıda verilmiştir.

Toplam azot (N): Bitki örneklerinin toplam azot, (Kacar ve İnal 2008) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

Toplam fosfor (P): Bitki örneklerinin kuru yakma yöntemine göre yakılmasıyla elde edilen çözeltideki toplam fosfor (P), vanadomolibdo fosforik sarı renk yöntemine göre Shimadzu model UV 1201 spektrofotometresinde belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

Toplam potasyum ve sodyum (K, Na): Bitki örneklerinin kuru yakma yöntemine göre yakılmasıyla elde edilen çözeltideki toplam potasyum ve sodyum Perkin Elmer Optima 2100 DV optik emisyon (ICP-OES) spektrometresinde belirlenmiştir.

Toplam kalsiyum ve magnezyum (Ca ve Mg): Bitki örneklerinin kuru yakma yöntemine göre yakılmasıyla elde edilen çözeltideki toplam kalsiyum ve magnezyum (Ca ve Mg), Perkin

Elmer Optima 2100 DV optik emisyon (ICP-OES) spektrometresinde belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

Toplam bor (B): Bitki örneklerinin kuru yakma yöntemine göre yakılmasıyla elde edilen çözeltideki toplam bor (B), mikro analitik azomethin-H yöntemine göre Shimadzu model UV 1240 spektrofotometresinde belirlenmiştir. Standartlara ait okumalar kullanılarak bitkinin B kapsamı belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

Klor (Cl): Su ile ekstrakte edilmiş bitkinin klor miktarı, potasyum kromat indikatörü ile renklendirildikten sonra AgNO₃ ile titre edilerek belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

Toplam demir, bakır, çinko ve mangan (Fe, Cu, Zn ve Mn): Bitki örneklerinin kuru yakma yöntemine göre yakılmasıyla elde edilen çözeltideki toplam demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) Perkin Elmer Optima 2100 DV optik emisyon (ICP-OES) spektrometresinde belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

3.5. Bitkide Fizyolojik ve Enzimatik Analizler

Nisbi Nem İçeriği (NNİ): Uygulamaları temsil edecek şekilde bitkilerden alınan yaprak örnekleri hemen tartılarak yaş ağırlık belirlenmiş (YA) ve örnekler 4 saat saf suda bekletilip turgor haline getirilip tekrar tartılmış (TA), son olarak da yaprak örnekleri 60°C’de hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 24 saat kurutulup kuru ağırlık (KA) belirlenerek aşağıdaki eşitlik yardımıyla yaprakların nispi nem içeriği hesaplanmıştır (Dhanda ve Sethi 1998).

$$NNİ (\%) = [(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100$$

Yaprak su tutma kapasitesi (YSTK): Uygulamaları temsil edecek şekilde bitkilerden alınan yaprak örneklerinin hemen yaş ağırlıkları belirlenmiş (W₀), daha sonra yapraklar 25°C’de % 50 nem içeren bir ortamda bekletilip 2, 4. ve 6. saatlerde tartılmış (W₂, W₄ ve W₆) ve son olarak 50°C’de 24 saat bekletilen yaprak örnekleri tartılarak (W_d) aşağıdaki eşitlik yardımıyla yaprak su tutma kapasitesi belirlenmiştir (Clarke ve McCaig 1982; Golestani vd. 1998).

$$YSTK = (W_0 - W_2) + (W_2 - W_4) + (W_4 - W_6) / 3 \times W_d \times (T_2 - T_1)$$

Burada (T₂-T₁) iki ölçümün yapıldığı zaman aralığını ifade etmektedir (2 saat).

Membran stabilite indeksi (MSİ): Alınan yaprak örnekleri (0.1 g) önce musluk suyu ile daha sonra saf su ile yıkanmış ve bitki örnekleri 10 ml saf su içerisinde 40°C’de 30 dakika bekletilip çözeltinin EC’si ölçülmüş (C_1), su banyosunda 100°C’de 10 dakika bekletilen örnekte EC tekrar ölçülerek (C_2), MSİ aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Premchandra vd. 1990, Sairam 1994).

$$MSI=[1-(C_1/C_2)] \times 100$$

Lipid peroksidasyonu: Bitkilerde lipid peroksidasyonu malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. Uygun dönemlerde alınan 0.5 g yaprak örneği 10 ml % 0.1’lik trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 g’de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin berrak kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml % 20’lik TCA içerisinde çözülmüş % 0.5’lik tiobarbiturik asit (TBA) katılmıştır. Karışım 95°C’de 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulmuştur. 10000 g’de 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra berrak kısımda 532 nm dalga boyunda absorbans belirlenmiş ve malondialdehit (MDA) içeriği belirlenmiştir: $MDA (nmol\ ml^{-1}) = [(A_{532}-A_{600})/155\ 000] \times 10^6$ (Heath ve Packer 1968; Sairam ve Saxena 2000.)

Hidrojen peroksit (H_2O_2): 1 g titanyum dioksit ve 10 g potasyum sülfatın 150 ml konsantre sülfürik asit ile hot pleyt üzerinde 2 saat kaynatılmasıyla hazırlanan karışım soğutulularak 1.5 l’ye tamamlanmıştır. Bu karışım titanyum çözeltisi olarak kullanılmıştır. Uygun dönemlerde alınan 0.5 g bitki örneği 10 ml soğuk aseton ile homojenize edilip homojenat Whatman No. 10 filtre kağıdından süzölmüştür. Ekstrakt üzerine 4 ml titanyum çözeltisi ve 5 ml konsantre amonyak çözeltisi ilave edilip hidrojen peroksit-titanyum kompleksi oluşturulmuştur. 10000 g’de 5 dakika santrifüj yapıp, berrak kısım dökölmüş ve çökelti 10 ml 1 M H_2SO_4 ile çözülmüştür. Tekrar 10000 g’de 5 dakika santrifüj yapılarak çözünmemiş materyal uzaklaştırılıp 415 nm’de absorbans belirlenmiştir. H_2O_2 ile hazırlanan standart kurve ile değerlendirme yapılmıştır (Teranishi vd. 1974, Mukherjee ve Choudhuri 1983).

Askorbik asit: Uygun dönemlerde alınan 0.25 g yaprak örneği 10 ml % 6’lık trikloroasetik asit ile ekstrakte edilip, ekstraktın 4 ml’lik kısmı 2 ml %2’lik dinitrofenilhidrazin (asit ortam) ile karıştırılıp üzerine 1 damla %10’luk thioüre (%70’lik etil alkolde çözülmüş) katılmıştır. Karışım 15 dakika su banyosunda kaynatılıp, oda sıcaklığına kadar soğutulan örnek üzerine, 0°C’de 5 ml %80 (v/v)’lik H_2SO_4 ilave edildikten sonra 530 nm’de absorbans belirlenmiştir.

Askorbik asitin konsantrasyonu standart kurveden hesaplanmıştır (Mokherjee ve Choudhuri 1983).

Prolin: Uygun dönemlerde alınan 0.5 g yaprak örneği 10 ml % 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edilip, Whatman No 2 filtre kağıdından süzülmüştür. Ekstrakta prolin spektrofotometrik olarak Bates vd. (1973) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

Toplam klorofil: Sera denemesinde, 0.25 g bitki örneği % 80'lik aseton ile ekstrakte edildikten sonra toplam klorofil spektrofotometrik olarak Arnon (1949) ve Withan vd. (1971) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

Bitki örtüsü sıcaklığı (Canopy temperature): Arazide doğrudan infrared termometre ile bitki örtüsü üzerinden temsil edecek sayıda ölçülmüştür.

Nisbi klorofil: Arazide klorofil (SPAD) değerleri günün aynı saatinde yapılan ölçüm ile belirlenmiştir.

Antioksidan enzimlerinin analizi için bitki ekstraktının çıkarılması: Sıvı-N içinde dondurulmuş 1 g örnek 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mm Na-EDTA ve 1 mm askorbik asit karışımı pH (7.5) ile homojenize edildikten sonra, homojenat 4°C'de 30 dakika 18000 g'de santrifüj edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan homojenatta hemen APX belirlenmiştir. Sıvı-N içinde dondurulmuş 1 g örnek 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mm Na-EDTA karışımı pH (7.5) ile homojenize edildikten sonra, homojenat 4°C'de 30 dakika 18000 g'de santrifüj edilmiştir. Homojenatın bir kısmında hemen CAT aktivitesi belirlenmiş ve SOD belirlemesi için ekstrakt -20°C'de bekletilmiştir (Jebara vd. 2005).

Katalaz (CAT, EC 1.11.1.6) aktivitesinin belirlenmesi: 240 nm' da H₂O₂' nin kaybolmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi 0.05 M fosfat buffer (pH 7.0), 1.5 mm H₂O₂'tir. 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml enzim ekstraktı karıştırılmış ve 240 nm'de 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Jebara vd. 2005).

Askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11) aktivitesinin belirlenmesi: 290 nm de askorbik asite bağlı H₂O₂' nin indirgenmesi ile ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi 50 mm K-Fosfat buffer (pH 7.0), 0.5 mm askorbik asit, 0.1 mm EDTA, 1.5 mm H₂O₂'tir. 3 ml reaksiyon

çözeltisi ile 0.1 ml enzim ekstraktı karıştırılmış ve 290 nm’de 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Sairam vd. 2000).

Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) aktivitesinin belirlenmesi: Nitroblue Tetrazolium (NBT)’ un 560 nm’de indirgenmesinin engellenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi 50 mm Na-fosfat buffer (pH 7.0), 0.1 mm Na-EDTA, 33 µm NBT, 5 µm Riboflavin, 13 mm methionin’dir. 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0. 1 veya 0.2 ml enzim ekstraktı çalkalanmıştır. Reaksiyon 25 °C de (40 W) 75 µmol m² s⁻¹’ de 10 dakika bekletilerek sağlanmıştır. Kontrol çözeltisi enzimsiz olarak karanlıkta aynı süre bekletilmiştir. Kontrol ve reaksiyon çözeltisi 560 nm’de okunmuştur. SOD aktivitesi Ünite olarak NBT nin % 50’ sini indirgeyen aktivite olarak belirlenmiştir (Rahnama ve Ebrahimzadeh 2005).

Enzimatik olmayan antioksidan aktivitesi: 48°C’de 48 saat kurutulmuş 0.1 g (100 mg) bitki örneği 4 ml %80’lik metil alkol içerisinde 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından 18 000 g’de 5 dakika santrifüj edilmiş ve berrak kısım ayrılmıştır. 3 ml reaksiyon çözeltisi (0.6 M H₂SO₄, 28 mM Na-fosfat ve 4 mM amonyum molibdat) ile 0.1 ml örnek ekstraktı karıştırılmış ve 95°C’de 90 dakika bekletilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan örnekler 695 nm dalga boyunda okunmuştur. L-askorbik asit ile hazırlanan standart seriden oluşturulan kurve ile hesaplanmıştır (Banerjee vd. 2005).

3.6. Verim ve Verim Ögeleri

Bitkide bakla sayısı: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm’lik alandaki bitkilerin bakla sayıları belirlenmiş ve bitki sayısına oranlanarak hesaplanmıştır.

Bitkide tane sayısı: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm’lik alandaki bitkilerin tane sayıları belirlenmiş ve bitki sayısına oranlanarak hesaplanmıştır.

Bitki başına tane verimi: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm’lik alandaki bitkilerin tane ağırlıkları belirlenmiş ve bitki sayısına oranlanarak, elde edilen değer g olarak hesaplanmıştır.

Biyolojik verim: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm’lik alandaki bitkilerin ağırlıkları alınmış ve elde edilen değer kg da⁻¹’a oranlanarak belirlenmiştir.

Tane verimi: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm'lik alandaki bitkilerde bulunan tanelerin ağırlıkları alınmış ve elde edilen değer kg da⁻¹'a oranlanarak belirlenmiştir.

Hasat indeksi: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm'lik alandaki bitkilerin tane veriminin biyolojik verime oranlanması ile % olarak belirlenmiştir.

100 tane ağırlığı: Tarla denemesinde hasat edilen 50 x 60 cm'lik alandaki bitkilerin tane ağırlığının 100 taneye oranlanması ile g olarak bulunmuştur.

Kuraklık hassasiyet indeksi: Tarla denemesi sonunda kuraklık uygulanan ve uygulanmayan parsellerden alınan verim ile çeşitlerin kuraklık hassasiyet indeksleri belirlenmiş (KHİ)

$KHI = (1 - Y_{ds}/Y_{no}) / (1 - X_{ds}/X_{no})$ (Dencic vd. 2000). Burada Y_{ds} kurak koşullarda verim, Y_{no} optimal koşullarda verim, X_{ds} kurak koşullarda çeşitlerden elde edilen ortalama verim, X_{no} ise optimal koşullarda çeşitlerden elde edilen ortalama verimdir.

4. Bulgular

4.1. Sera Denemesi

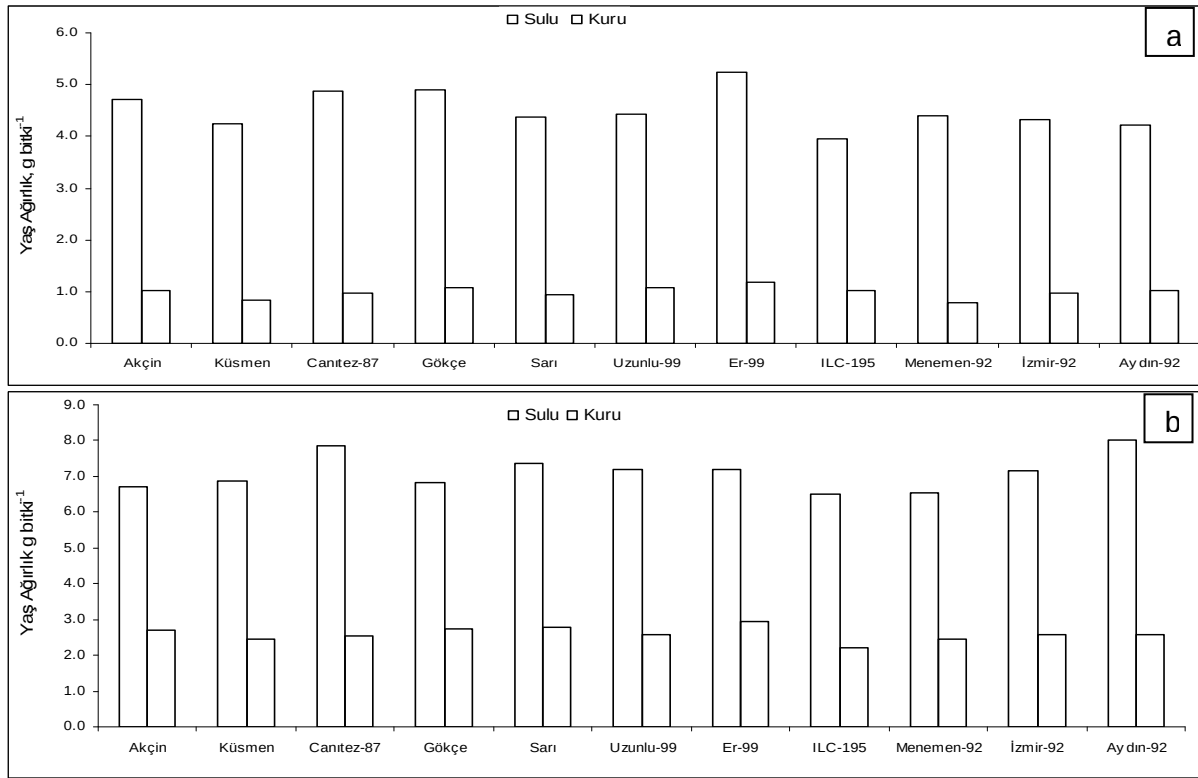
4.1.1. Yaş ve kuru ağırlık ve kuraklığa hassasiyet indeksi

Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerine ait yaş ve kuru ağırlıklar Çizelge 4.1 ile Şekil 4.1 ve 4.2 de verilmiştir. Çizelge ve Şekillerin incelemesinden görüleceği gibi kurak koşullarda bütün çeşitlerin yaş ve kuru ağırlıkları azalmıştır. Kuru veya sulu koşullarda yetiştirilen nohut çeşitleri kuru ve yaş ağırlık bakımından önemli farklılıklar göstermiştir. Bununla birlikte çeşitlerin kurak koşullara göstermiş oldukları reaksiyon yıla görede farklı olmuştur.

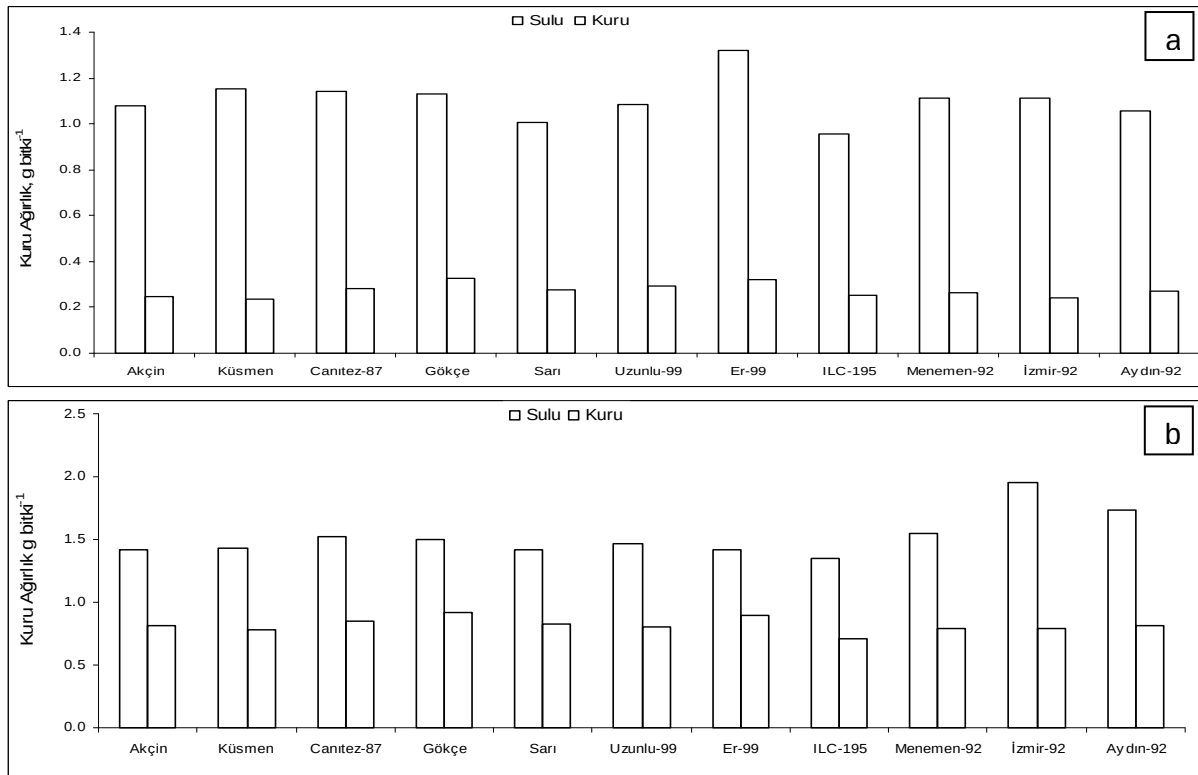
Çizelge 4.1. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları

2007 YILI	Yaş Ağırlık, g bitki ⁻¹		Kuru Ağırlık, g bitki ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	4.70	1.01	1.08	0.25
Küsmen	4.25	0.84	1.15	0.24
Canitez-87	4.86	0.98	1.14	0.28
Gökçe	4.91	1.07	1.13	0.33
Sarı	4.37	0.94	1.01	0.28
Uzunlu-99	4.43	1.09	1.09	0.29
Er-99	5.24	1.19	1.32	0.32
ILC-195	3.96	1.03	0.96	0.26
Menemen-92	4.41	0.78	1.12	0.26
İzmir-92	4.32	0.97	1.11	0.24
Aydın-92	4.22	1.01	1.06	0.27
F uygulama	3621**		1986**	
F çeşit	5.11**		3.14**	
F interaksyon	2.87**		1.98*	
2008 YILI	Yaş Ağırlık, g bitki ⁻¹		Kuru Ağırlık, g bitki ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	6.71	2.70	1.42	0.82
Küsmen	6.88	2.44	1.43	0.78
Canitez-87	7.87	2.55	1.53	0.85
Gökçe	6.82	2.74	1.50	0.92
Sarı	7.38	2.77	1.42	0.82
Uzunlu-99	7.20	2.59	1.47	0.81
Er-99	7.22	2.94	1.42	0.89
ILC-195	6.51	2.21	1.35	0.71
Menemen-92	6.54	2.45	1.54	0.79
İzmir-92	7.14	2.56	1.95	0.79
Aydın-92	8.01	2.57	1.73	0.82
F uygulama	605**		665**	
F çeşit	0.926d		4.08**	
F interaksyon	0.616d		3.96**	

öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

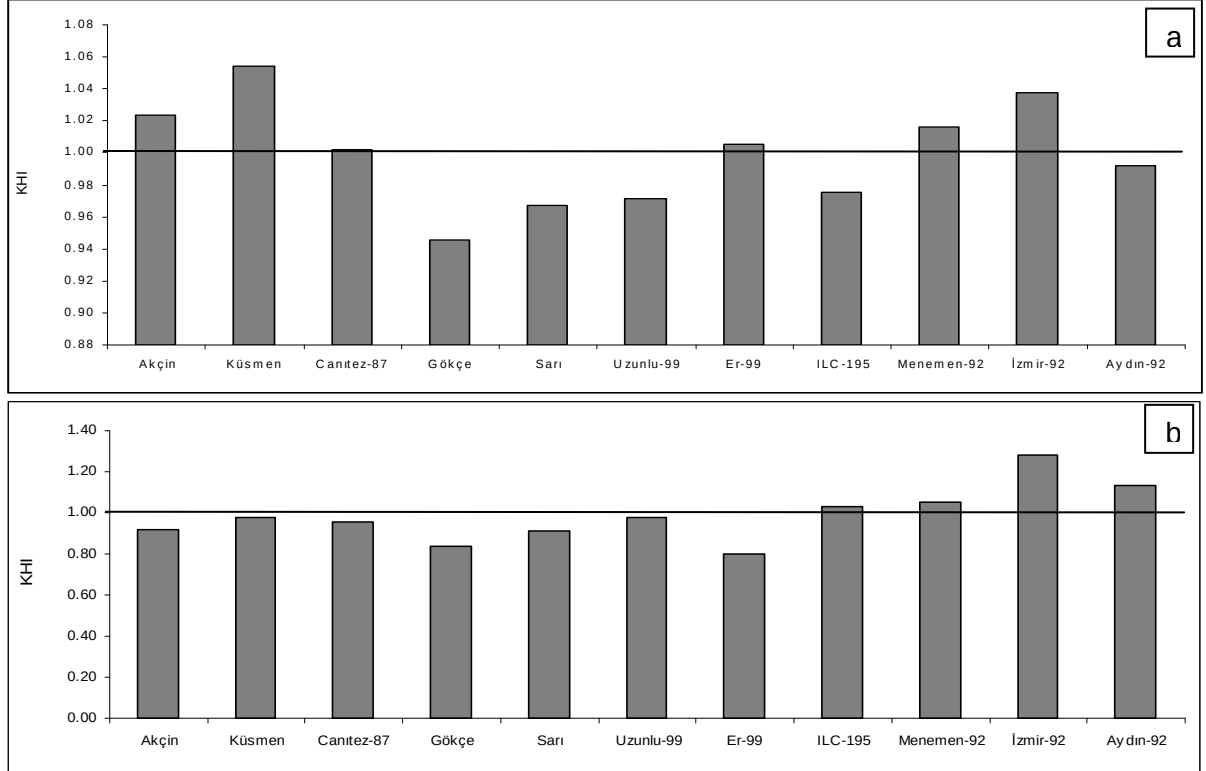


Şekil 4.1. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaş ağırlıkları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.2. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuru ağırlıkları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Sera denemelerinden elde edilen sonuçlara göre hesaplanan çeşitlere ait kuraklık hassasiyet indeksleri (KHI) Şekil 4.3’de verilmiştir. 2007 yılı sera denemesi sonucunda erken kuraklığa (çimlenme sonrası) en dayanıklı çeşitler Gökçe, Sarı, Uzunlu-99, ILC-195 ve Aydın-92 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte 2008 yılında yapılan sera denemesinde çiçeklenme başlangıcında uygulanan kuraklık sonucunda elde edilen verilere göre İzmir-92, Aydın-92, Menemen-92 ve ILC-195 hariç diğer çeşitler kurağa dayanıklı olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuraklık hassasiyet indeksleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.1.2. Yaprak su tutma kapasitesi, nisbi nem içeriği, membran stabilite indeksi ve toplam klorofil

Sera denemesinde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin yaprak su tutma kapasitesi, nisbi nem içeriği, membran stabilite indeksleri (MSİ) ve toplam klorofil eriklerine ait veriler izelge 4.2’de verilmiştir.

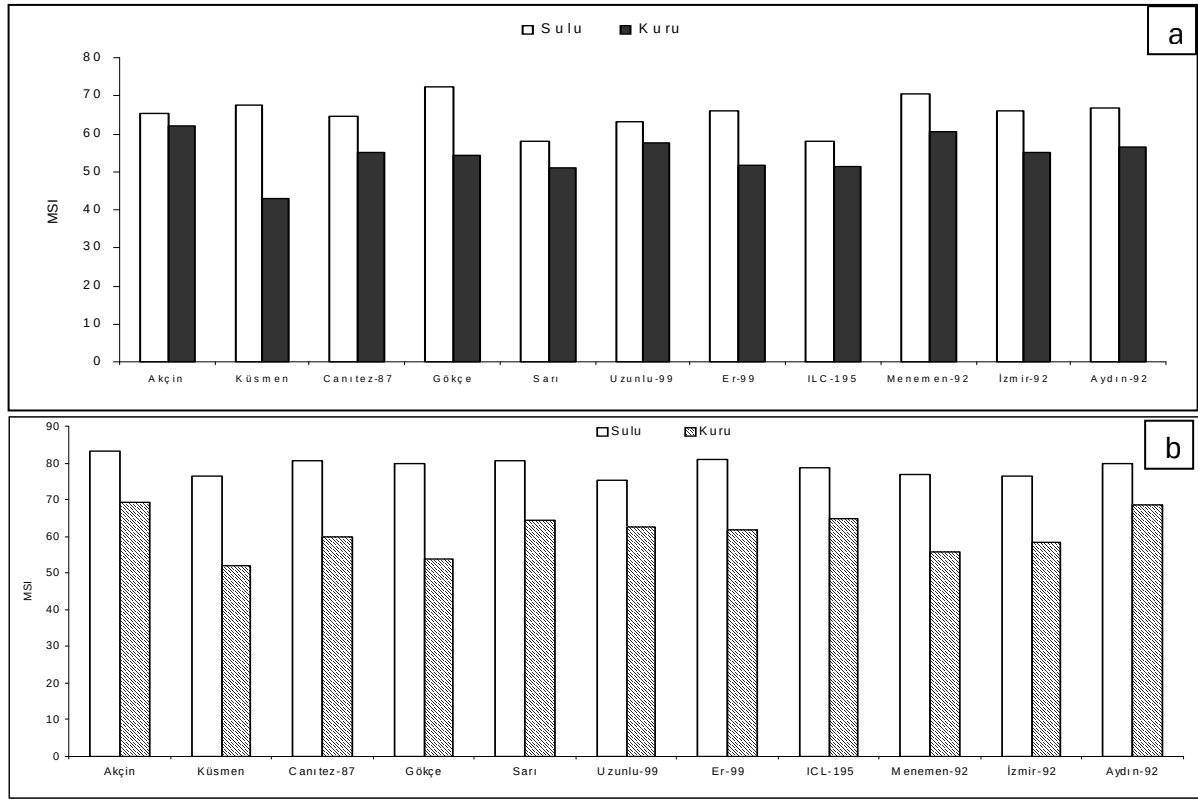
2007 yılında kurulan sera denemesinde Akçin, Uzunlu-99, Sarı ve ILC-195 eşitlerinin sulu koşullara göre kuru koşullardaki membran stabilite indekslerindeki azalmalar diğer çeşitlere göre daha dşek olmuştur (izelge 4.2). Buna karşılık sulu ve kuru koşullar arasında en büyük değişimin gerçekleştiği çeşitler ise sırasıyla Ksmen, Gökçe ve Er-99 eşitleri olmuştur. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler arasında membran zararlanması en fazla olan çeşit Ksmen, en az olanlar ise Akçin ve Menemen-92’dir. 2008 yılı sera denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinde en yüksek membran stabilite indeksi (MSİ) Akçin ve Aydın-92 eşitlerinde, en dşek MSİ ise Ksmen ve Gökçe eşitlerinde belirlenmiştir (şekil 4.4).

Nohut eşitlerinin nisbi nem erikleri incelendiğinde, 2007 yılı sera denemesinde sulu koşullara göre kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin NNİ Er-99 eşidi hariç tüm çeşitlerde azalmıştır. Kuru koşullarda, NNİ’nde meydana gelen azalma Menemen-92, Ksmen ve İzmir-92 eşitlerinde Akçin, Canıtez-87 ve Er-99 çeşitlerine göre daha fazla olmuştur. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler kendi aralarında karşılaştırıldığında en yüksek NNİ’ne Akçin, en dşek NNİ’ne ise Menemen-92 eşidinin sahip olduğu görülmüştür. 2008 yılı sera denemesine ait nisbi nem erikleri (NNİ) incelendiğinde, kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler arasında en yüksek NNİ’ nin sırasıyla Menemen-92, Akçin, Aydın-92 ve İzmir-92 eşitlerinde olduğu, en dşek NNİ’ nin ise Canıtez-87 ve Gökçe eşitlerinde olduğu belirlenmiştir (şekil 4.5).

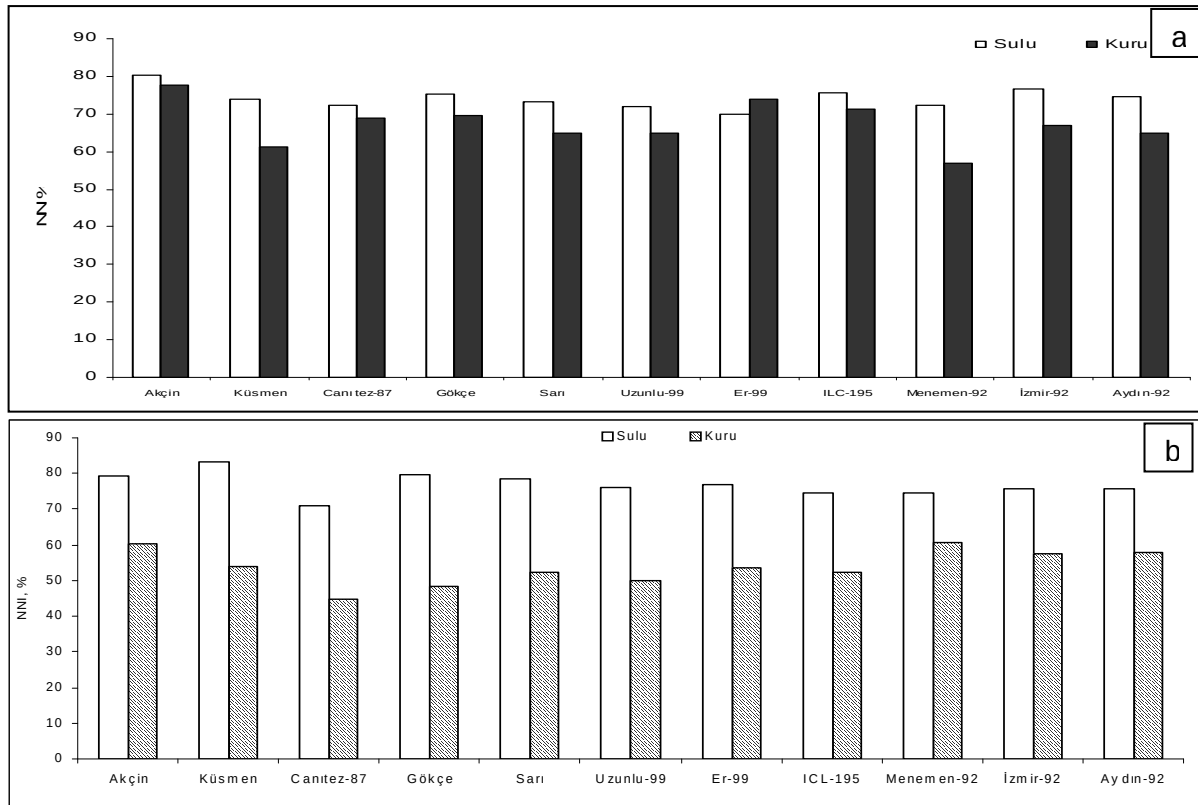
Çizelge 4.2. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasitesi (YSTK), nisbi nem içeriği (NNİ), membran stabilite indeksleri (MSİ) ve toplam klorofil içerikleri

2007 YILI	MSİ, %		NNİ, %		YSTK		Toplam Klorofil, mg g ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	65.44	62.12	80.36	77.64	0.075	0.240	0.109	0.066
Küsmen	67.67	43.04	73.84	61.17	0.087	0.241	0.076	0.051
Canıtez-87	64.63	54.94	72.32	68.90	0.095	0.301	0.103	0.059
Gökçe	72.36	54.24	75.16	69.49	0.113	0.314	0.088	0.065
Sarı	57.86	51.04	73.21	64.91	0.073	0.256	0.104	0.062
Uzunlu-99	63.30	57.44	72.06	65.04	0.079	0.215	0.105	0.051
Er-99	65.90	51.71	69.94	73.89	0.047	0.281	0.100	0.065
ILC-195	58.14	51.21	75.73	71.14	0.078	0.246	0.098	0.066
Menemen-92	70.57	60.52	72.34	56.99	0.146	0.162	0.101	0.058
İzmir-92	66.12	55.05	76.54	66.79	0.110	0.236	0.080	0.058
Aydın-92	66.71	56.50	74.48	65.03	0.147	0.288	0.088	0.057
F uygulama	108.3**		45.24**		135.4**		369***	
F çeşit	4.60**		4.82**		1.14öd		5.13**	
F interaksiyon	3.01**		2.44*		1.64öd		2.77**	
2008 YILI	MSİ, %		NNİ, %		YSTK		Toplam Klorofil, mg g ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	83.23	69.23	79.12	60.09	0.368	0.051	0.088	0.076
Küsmen	76.36	52.06	83.37	53.92	0.372	0.170	0.089	0.068
Canıtez-87	80.77	59.87	70.86	44.96	0.590	0.163	0.088	0.076
Gökçe	79.94	53.70	79.54	48.19	0.351	0.095	0.087	0.079
Sarı	80.77	64.49	78.38	52.17	0.521	0.107	0.090	0.068
Uzunlu-99	75.36	62.40	76.18	50.00	0.469	0.095	0.100	0.075
Er-99	81.03	61.74	76.87	53.37	0.403	0.076	0.097	0.068
ILC-195	78.72	64.91	74.41	52.19	0.415	0.097	0.103	0.079
Menemen-92	76.80	55.85	74.61	60.75	0.298	0.076	0.077	0.067
İzmir-92	76.49	58.38	75.69	57.34	0.384	0.129	0.091	0.071
Aydın-92	79.94	68.60	75.76	57.89	0.415	0.071	0.086	0.072
F uygulama	366**		454**		263**		118**	
F çeşit	5.52**		3.25**		2.63**		3.12**	
F interaksiyon	2.35*		2.23*		1.34öd		1.65öd	

öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

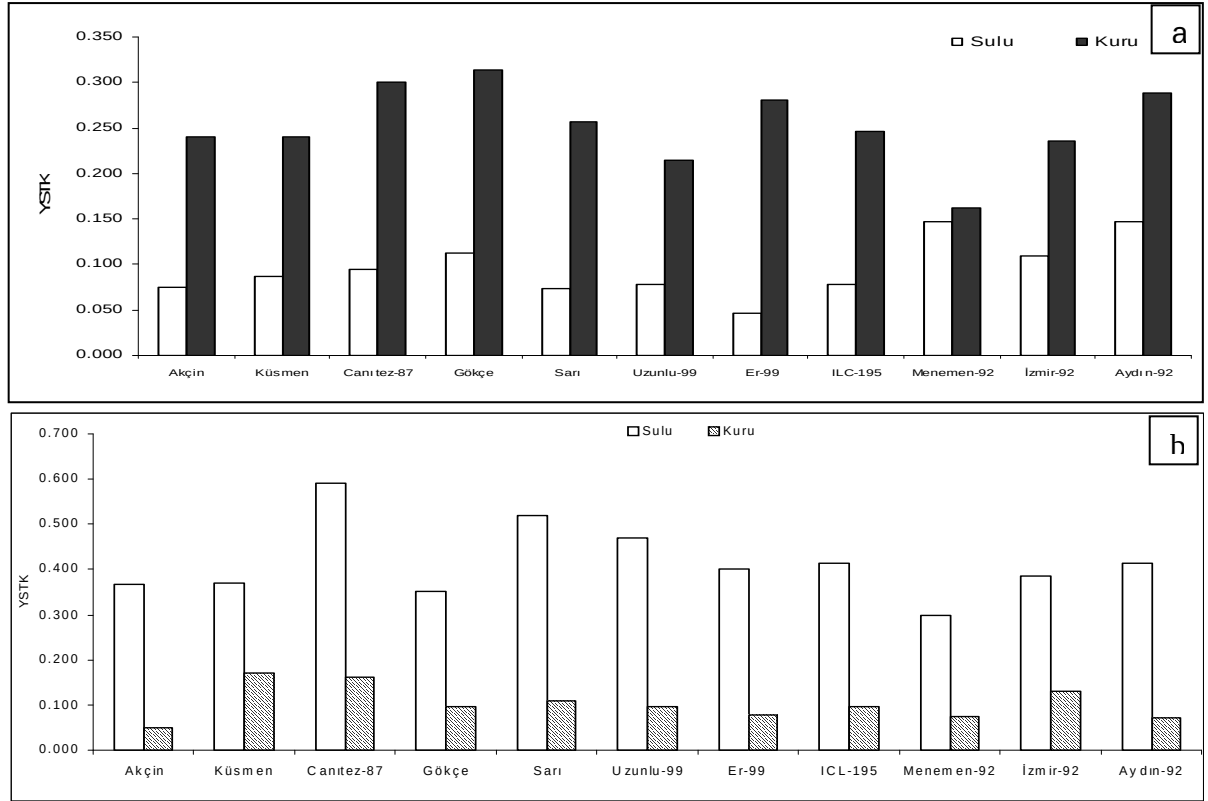


Şekil 4.4. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin membran stabilite indeksleri (MSİ) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.5. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi nem içerikleri (NNİ) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

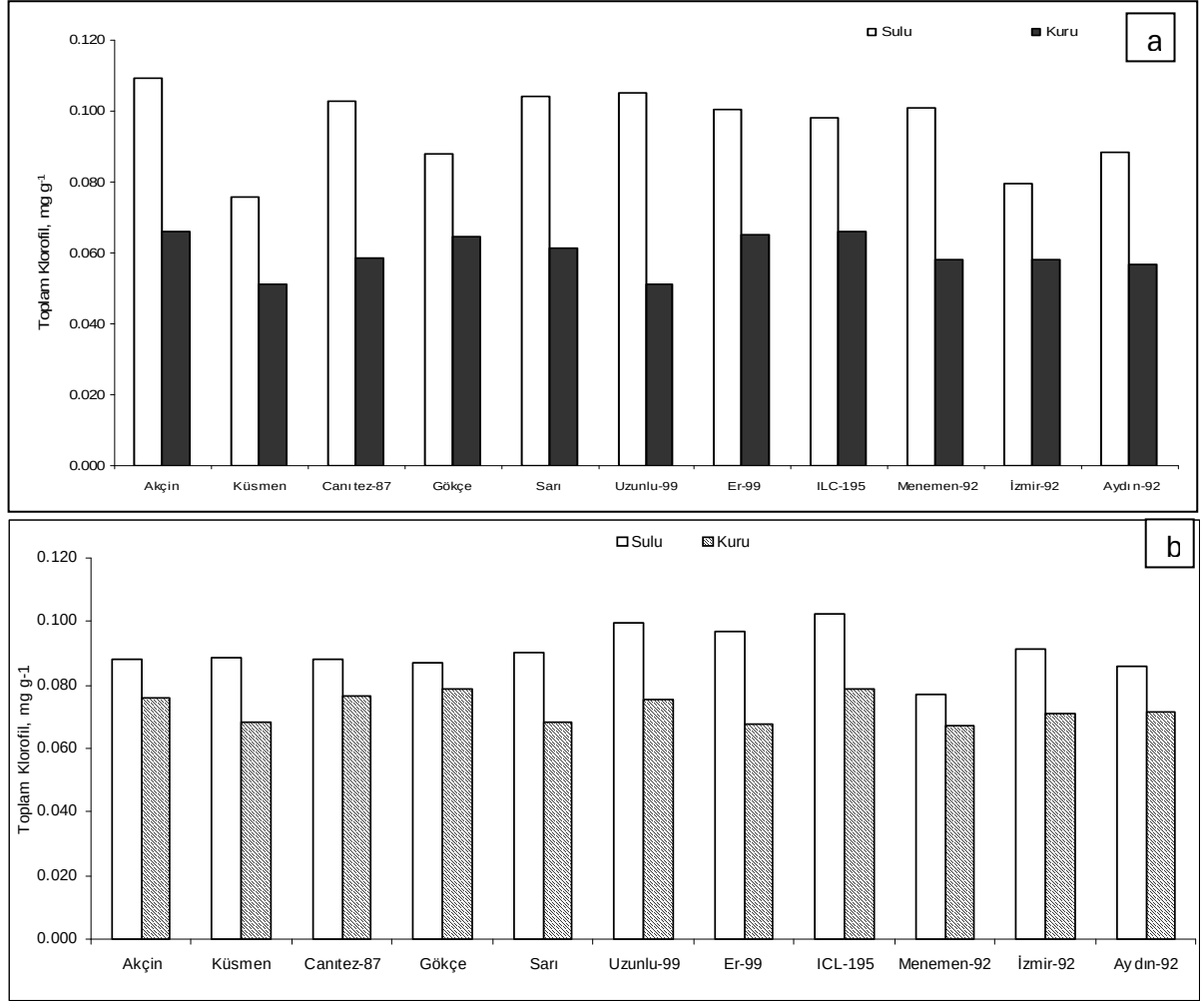
Yıllara bağılı olarak nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasiteleri (YSTK) farklılık göstermiştir. 2007 yılı sonuçlarına göre çeşitlerin YSTK' leri kuru koşullarda yükselirken 2008 yılında yapılan çalışmada bunu tersine olarak kuru koşullarda düşme göstermiştir. Sera denemesinde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin yaprak su tutma kapasiteleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.6), 2007 yılında yapılan sera denemesinde en yüksek artışın Er-99, Canitez-87 ve Gökçe çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir. YSTK'daki en az artış ise Menemen-92 çeşidinde meydana gelmiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler birbirleriyle karşılaştırıldığında YSTK'nin sırasıyla Gökçe, Canitez-87 ve Aydın-92'de daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 2008 yılında yapılan sera denemesi sonuçlarına göre, kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitleri arasında YSTK' nin Küsmen, Canitez-87 ve İzmir-92 çeşitlerinde daha yüksek Akçin ve Aydın-92 çeşitlerinde ise daha düşük olmuştur.



Şekil 4.6. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasiteleri (YSTK) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Kuraklık stresi tüm çeşitlerin toplam klorofil içeriklerinin azalmasına neden olmuştur (Çizelge 4.2). Kuraklık stresine bağılı olarak Uzunlu-99, Canitez-87 ve Menemen-92 çeşitlerinde klorofil azalması yüksek olurken İzmir-92 ve Gökçe çeşitlerinde düşük olmuştur. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler kendi içlerinde karşılaştırıldıklarında en düşük klorofil

içeriğine Küsmen ve Uzunlu-99, en yüksek klorofil içeriğine ise Akçin ve ILC-195 çeşitlerinin sahip olduğu belirlenmiştir. 2008 yılı sera denemesine ait toplam klorofil içerikleri incelendiğinde, kuru koşullarda yetiştirilen ILC-195, Gökçe, Akçin ve Canitez-87 çeşitlerinin diğer çeşitlere göre daha yüksek klorofil içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin toplam klorofil içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.1.3. Lipid peroksidasyonu, H₂O₂, prolin ve askorbik asit

Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen 11 nohut çeşidinin lipid peroksidasyonu ile H₂O₂, prolin ve askorbik asit içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.3' de ve Şekil 4.8-4.11' de verilmiştir.

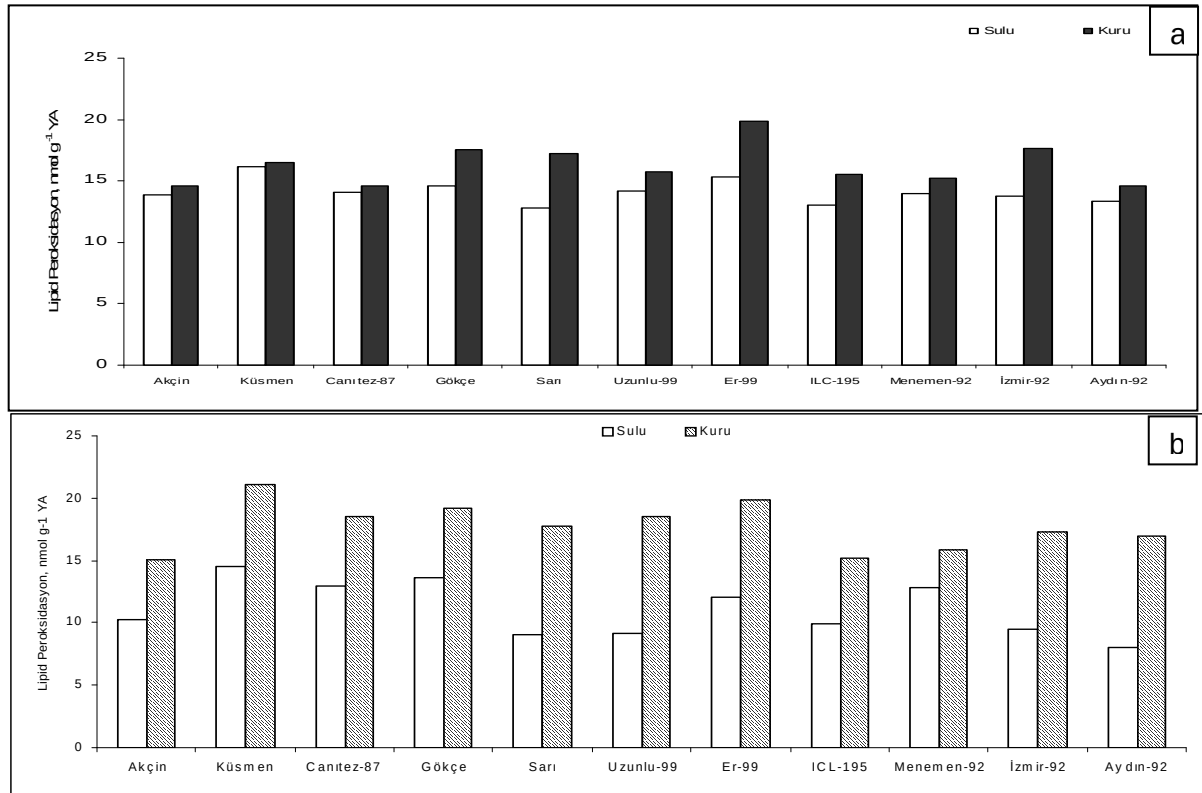
Çizelge 4.3. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonu ile H₂O₂, prolin ve askorbik asit içerikleri

2007 YILI	Lipid Peroksidasyon, nmol g ⁻¹ YA		H ₂ O ₂ , µmol g ⁻¹ YA		Prolin, µmol g ⁻¹ YA		Askorbik Asit, µmol g ⁻¹ YA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	13.84	14.58	8.41	12.00	1.41	1.67	43.64	29.04
Küsmen	16.16	16.45	10.28	11.55	1.93	2.52	40.07	36.53
Canitez-87	14.10	14.58	8.03	9.31	1.48	2.02	41.68	33.34
Gökçe	14.58	17.55	8.48	8.63	1.23	2.41	43.75	35.19
Sarı	12.84	17.23	6.54	7.21	1.29	2.62	43.57	41.23
Uzunlu-99	14.19	15.71	7.51	5.56	1.23	1.70	36.32	38.19
Er-99	15.39	19.84	5.34	5.86	1.23	1.76	36.39	28.36
ILC-195	13.06	15.58	4.59	6.84	0.96	2.14	37.82	29.72
Menemen-92	13.94	15.23	8.93	9.23	1.99	2.24	23.32	21.87
İzmir-92	13.77	17.61	7.43	9.76	1.18	2.89	31.61	27.84
Aydın-92	13.32	14.55	9.16	10.73	1.38	2.34	31.50	23.22
F uygulama	32.74**		10.05**		61.64**		29.53**	
F çeşit	3.23*		10.22**		2.36*		10.45**	
F interaksiyon	1.55öd		1.59öd		1.93*		1.58öd	

2008 YILI	Lipid Peroksidasyon, nmol g ⁻¹ YA		H ₂ O ₂ , µmol g ⁻¹ YA		Prolin, µmol g ⁻¹ YA		Askorbik Asit, µmol g ⁻¹ YA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	10.29	15.03	10.58	12.53	1.03	8.35	74.01	50.60
Küsmen	14.48	21.06	15.15	19.64	1.59	12.15	63.65	64.01
Canitez-87	12.97	18.52	6.39	19.12	0.98	11.40	70.89	55.62
Gökçe	13.58	19.19	10.35	12.30	1.82	14.53	64.28	57.06
Sarı	9.00	17.71	12.23	15.97	0.85	9.70	72.70	53.49
Uzunlu-99	9.16	18.52	10.06	14.92	0.79	11.31	56.63	63.54
Er-99	12.00	19.87	10.20	18.37	0.61	10.65	71.27	54.83
ILC-195	9.94	15.23	11.25	19.94	0.79	10.82	70.68	53.33
Menemen-92	12.84	15.84	6.54	12.15	1.28	9.77	83.25	52.07
İzmir-92	9.45	17.26	11.48	20.31	0.86	13.07	84.40	56.90
Aydın-92	8.06	16.97	8.33	10.50	1.04	9.16	73.56	56.10
F uygulama	248**		146*		915**		142**	
F çeşit	6.45**		11.02**		3.34**		2.07*	
F interaksiyon	2.05*		4.85**		2.30**		7.19**	

öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

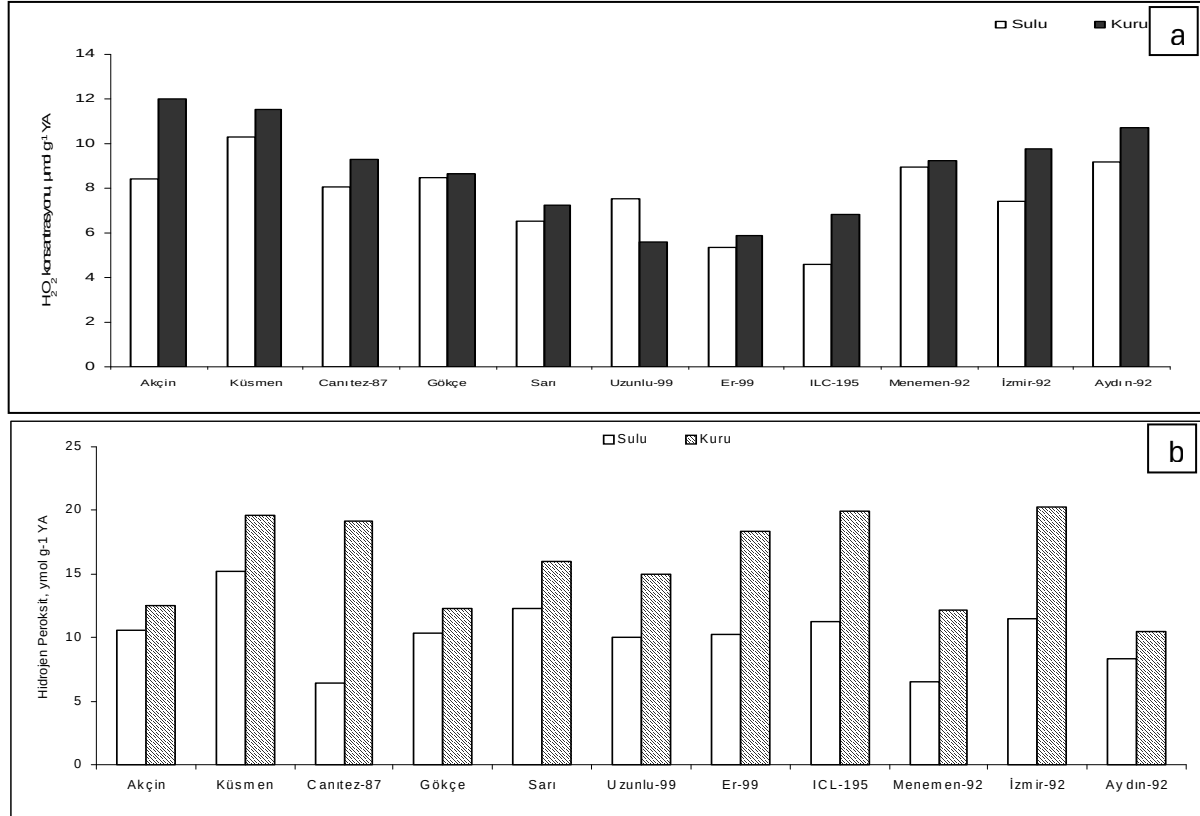
Lipid peroksidasyonu membranlarda strese bağı olarak meydana gelen zararlanmanın bir ölçütüdür. Her iki yılda da, kuraklık stresine bağı olarak lipid peroksidasyonunda artışlar görülmüştür. Bununla birlikte çeşitler yıllara göre lipid peroksidasyonu bakımından farklılıklar göstermiştir. 2007 yılı sera denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerden Er-99, İzmir-92 ve Gökçe çeşitlerinin lipid peroksidasyonu diğer çeşitlerin lipid peroksidasyonundan daha yüksek olurken Aydın-92, Canitez-87 ve Akçin çeşitlerinin lipid peroksidasyonu daha düşük olmuştur. Sulu ve kuru koşullar karşılaştırıldığında, kuru koşullarda Küsmen, Canitez ve Akçin çeşitlerinin lipid peroksidasyonundaki artışın daha düşük olduğu, Er-99, Sarı ve Gökçe çeşitlerinin lipid peroksidasyonundaki artışın daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8). 2008 yılı sera denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin lipid peroksidasyon düzeylerinde sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerle karşılaştırıldığında artış olduğu görülmektedir. Diğer çeşitlere karşılaştırıldığında 2008 yılında çiçeklenme başlangıcında uygulanan kuraklık stresi altında yetiştirilen Küsmen, Er-99 ve Gökçe çeşitlerinin lipid peroksidasyonu düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8).



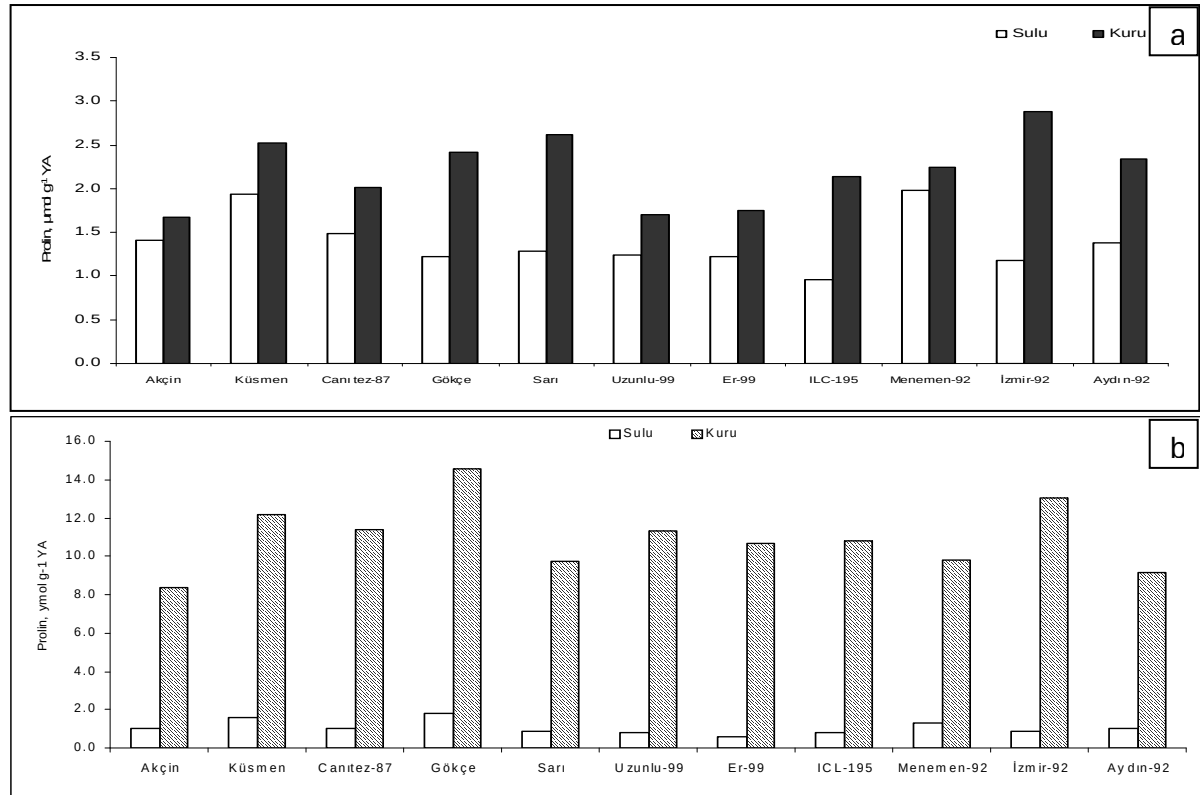
Şekil 4.8. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonları
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Kuraklık stresine bağılı olarak 2007 yılı sera denemesinde Uzunlu-99 çeşidi hariç, tüm çeşitlerin hidrojen peroksit içerikleri artmıştır. Sulu koşullara göre kuru koşullarda çeşitlerin H₂O₂ içeriklerindeki oransal olarak en yüksek artışın ILC-195, Akçin ve İzmir-92 çeşitlerinde olduğu görülmüştür. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler birbiriyle karşılaştırıldıklarında en yüksek H₂O₂ içeriğinin Akçin, Küsmen ve Aydın-92 çeşitlerinde, en düşük içeriğin ise Uzunlu-99 ve Er-99 çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9). 2008 yılında yapılan sera denemesinde İzmir-92, ILC-195, Küsmen ve Canitez-87 çeşitlerinin kuru koşullarda yetiştirildiklerinde hidrojen peroksit düzeylerinin diğer çeşitlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Nohut çeşitlerinin prolin içeriklerindeki değişimler incelendiğinde; 2007 yılı sera denemesinde kuraklık stresi uygulanan çeşitler arasında en yüksek prolin içeriğinin sırasıyla İzmir-92 ve Sarı çeşitlerinde olduğu, Akçin ve Uzunlu-99 çeşitlerinin en düşük prolin içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin prolin içeriklerindeki oransal artışın karşılaştırılması sonucu, İzmir-92, ILC-195 ve Sarı çeşitlerinde en yüksek, Menemen-92 ve Akçin çeşitlerinde ise daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 4. 10). 2008 yılında yapılan sera denemesinde de benzer şekilde kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin prolin içerikleri sulu koşullara göre artış göstermiştir. Özellikle kuru koşullarda yetiştirilen Gökçe, İzmir-92 ve Küsmen çeşitlerinin prolin içeriklerinin diğer çeşitlerin prolin içeriklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan 2008 yılı sera denemesinde kuraklık uygulanan bitkilerin prolin içeriklerinin, 2007 sera denemesinde aynı koşullarda yetiştirilen bitkilerin prolin içeriklerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Oluşan bu farklılıklar, bitkilerin farklı gelişim dönemlerinde uygulanan kuraklık stresinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



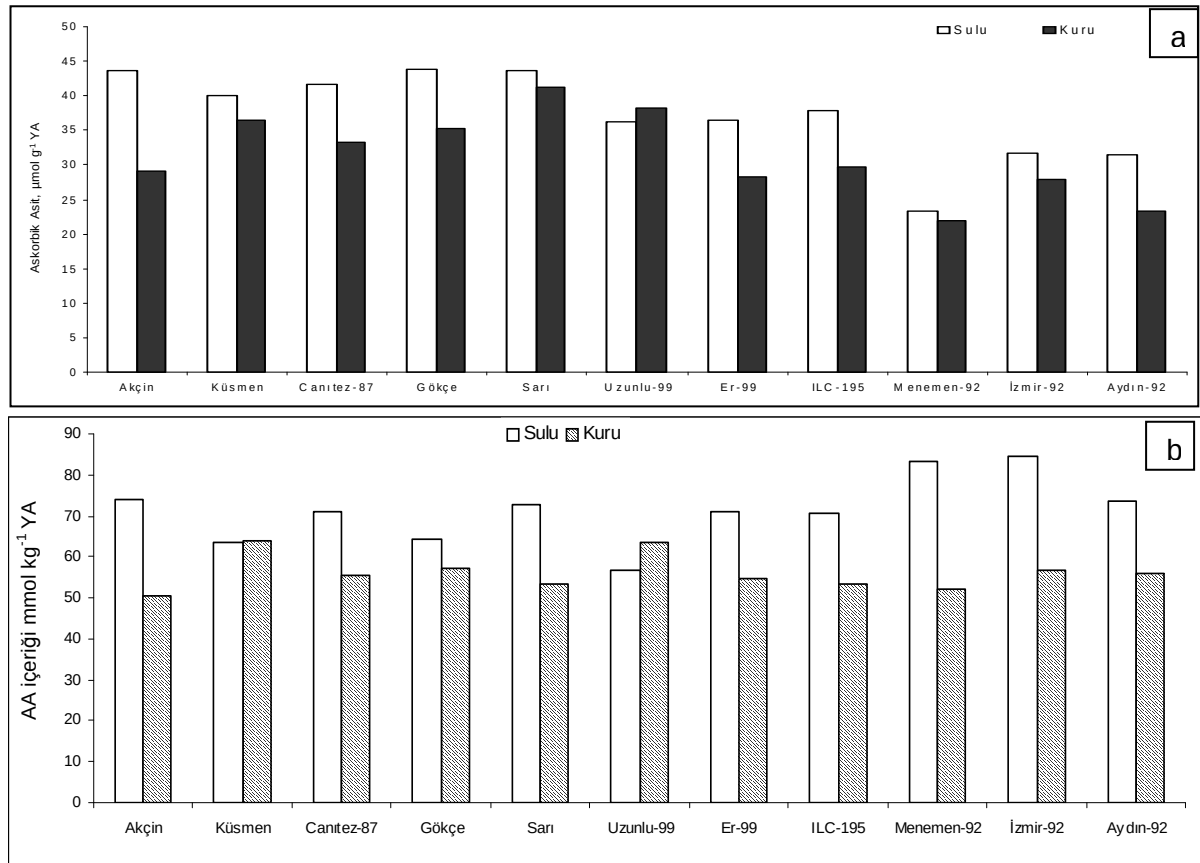
Şekil 4.9. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin H_2O_2 konsantrasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.10. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin prolin içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

2007 ve 2008 yılı sera denemelerinde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbik asit içerikleri Şekil 4.11'de verilmiştir. 2007 yılı sera denemesinde sulu koşullarla kıyaslandığında kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin askorbik asit içeriklerinde oluşan azalmanın oransal olarak fazla olduğu çeşitler sırasıyla Akçin, Aydın-92, Er-99 ve ILC-195 çeşitleri olmuştur. Kurak koşullarda yetiştirilen çeşitlerden Menemen-92 en düşük, Sarı ise en yüksek askorbik asit içeriğine sahip olmuştur.

2008 yılı sera denemesi sonuçları, çeşitlerin askorbik asit içerikleri açısından ele alındığında ise sulu koşullarla kıyaslandığında kuru koşullarda yetiştirilen Uzunlu-99 ve Küsmen çeşitleri hariç diğer çeşitlerin AA içeriğinin azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.11. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbik asit içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

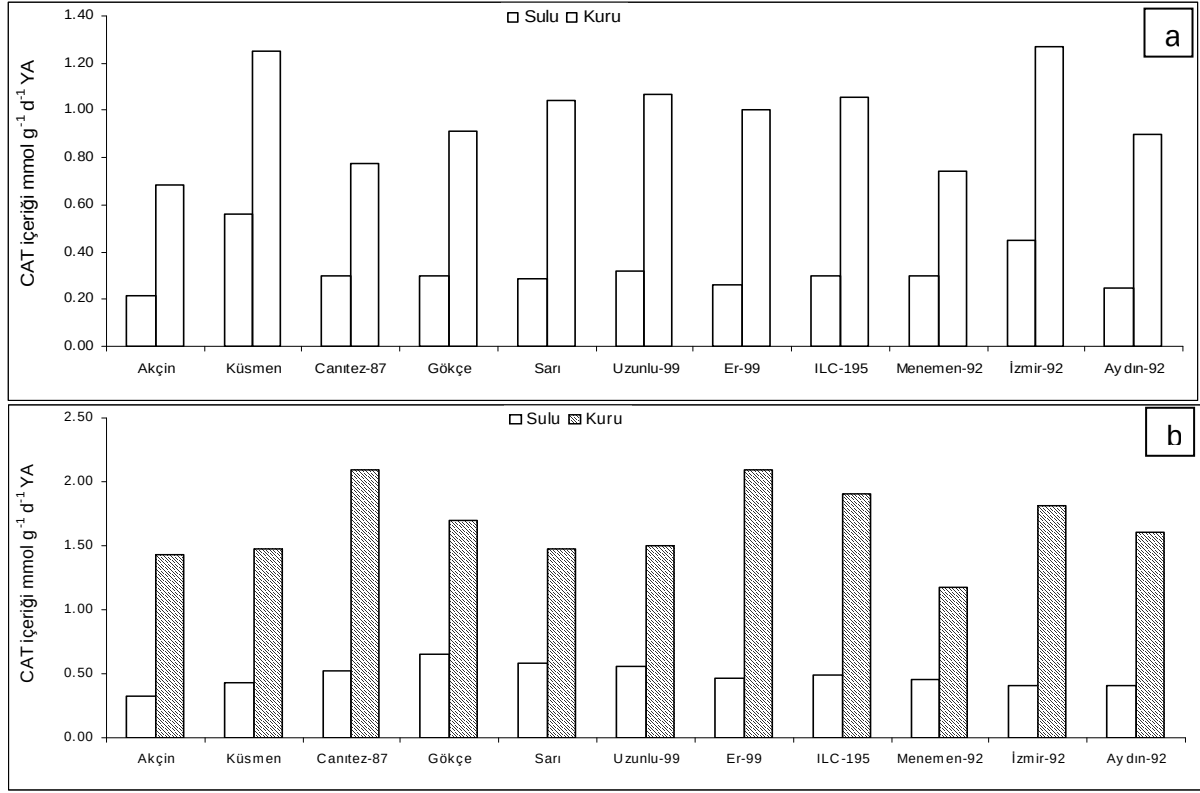
4.1.4. Enzimatik (SOD, CAT ve APX) ve enzimatik olmayan antioksidanlar

2007 ve 2008 yılı sera denemelerinde yetiştirilen nohut çeşitlerinin antioksidan enzim ve enzimatik olmayan antioksidan aktivitelerine (NEA) ait veriler Çizelge 4.4’ ve bu çizelgeden yararlanılarak çizilen Şekil 4.12-4.15 de verilmiştir.

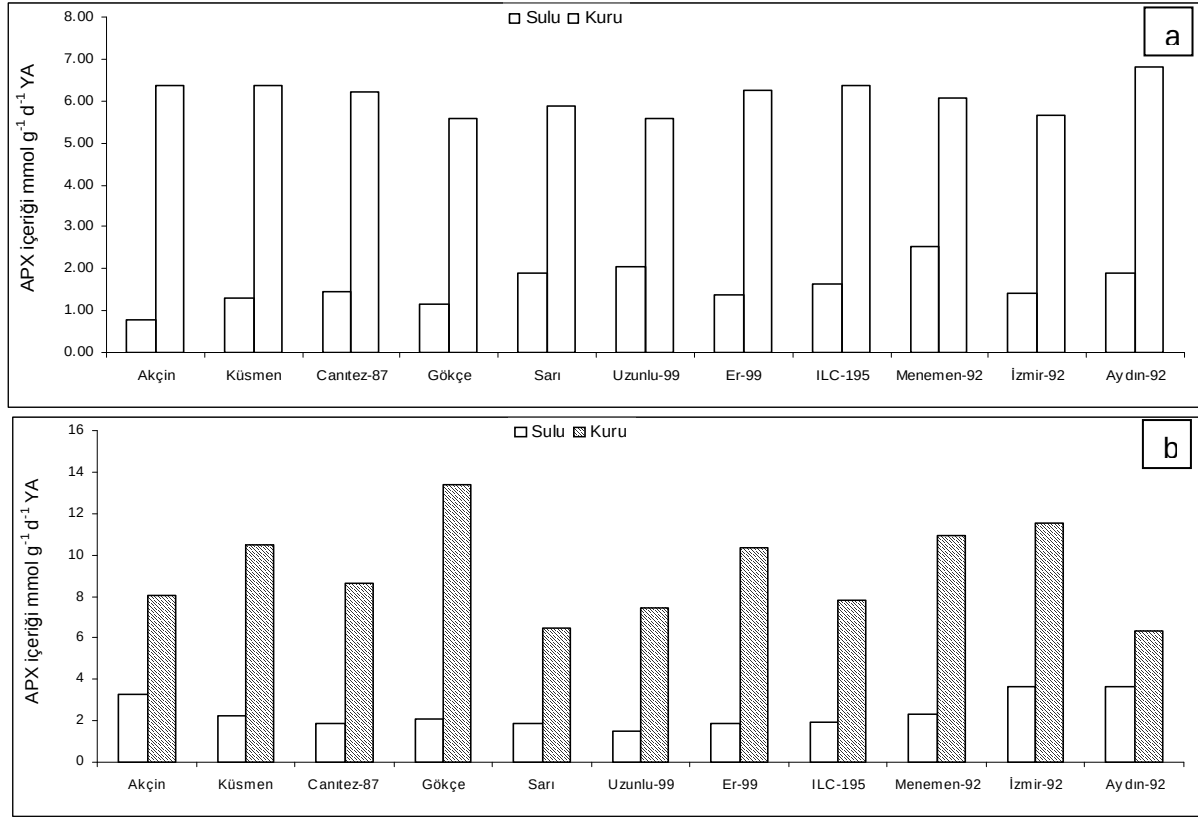
Çizelge 4.4. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik [katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD)] ve enzimatik olmayan antioksidan aktiviteleri

2007 YILI	CAT mmol g ⁻¹ d ⁻¹ YA		APX mmol g ⁻¹ da ⁻¹ YA		SOD Ünite g ⁻¹ YA		NEA mmol kg ⁻¹ KA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	0.217	0.683	0.772	6.371	591.10	432.30	89.88	115.13
Küsmen	0.559	1.252	1.313	6.348	1172.72	406.90	95.25	144.06
Canıtez-87	0.300	0.777	1.433	6.201	1507.23	275.64	74.34	109.14
Gökçe	0.298	0.914	1.165	5.585	902.10	238.80	105.80	134.04
Sarı	0.285	1.040	1.884	5.866	859.18	220.87	101.49	120.12
Uzunlu-99	0.321	1.069	2.054	5.580	594.88	285.67	82.27	101.34
Er-99	0.259	1.002	1.379	6.268	669.14	241.20	111.63	120.25
ILC-195	0.297	1.052	1.634	6.348	707.33	178.79	84.83	103.36
Menemen-92	0.303	0.742	2.531	6.054	672.85	322.64	84.55	124.27
İzmir-92	0.450	1.271	1.406	5.656	951.59	387.14	86.95	147.83
Aydın-92	0.245	0.900	1.893	6.808	2132.52	381.25	77.96	108.11
F uygulama	475**		683**		31.12**		81.85**	
F çeşit	7.71**		1.07öd		1.58öd		4.42**	
F interaksiyon	1.84öd		1.27öd		1.30öd		1.86öd	
2008 YILI	CAT mmol g ⁻¹ d ⁻¹ YA		APX mmol g ⁻¹ da ⁻¹ YA		SOD Ünite g ⁻¹ YA		NEA mmol kg ⁻¹ KA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	0.330	1.435	3.263	8.027	1685.92	486.99	110.14	199.29
Küsmen	0.428	1.476	2.228	10.518	636.28	349.86	94.50	250.84
Canıtez-87	0.522	2.097	1.893	8.607	718.27	190.37	87.26	235.65
Gökçe	0.654	1.693	2.049	13.415	558.30	382.79	105.55	231.78
Sarı	0.578	1.474	1.853	6.473	1169.48	348.62	98.53	247.66
Uzunlu-99	0.563	1.498	1.518	7.406	717.99	321.28	110.48	240.83
Er-99	0.470	2.093	1.862	10.379	944.02	371.66	89.94	249.28
ILC-195	0.488	1.904	1.920	7.786	896.54	325.16	86.76	199.82
Menemen-92	0.457	1.173	2.272	10.946	947.52	361.77	168.12	254.43
İzmir-92	0.404	1.812	3.634	11.504	829.75	339.72	115.19	191.40
Aydın-92	0.409	1.602	3.652	6.335	653.11	319.74	140.62	205.22
F uygulama	3076**		1299**		98.0**		353**	
F çeşit	20.32**		14.43**		4.06**		2.81**	
F interaksiyon	17.31**		14.69**		2.37*		2.71*	

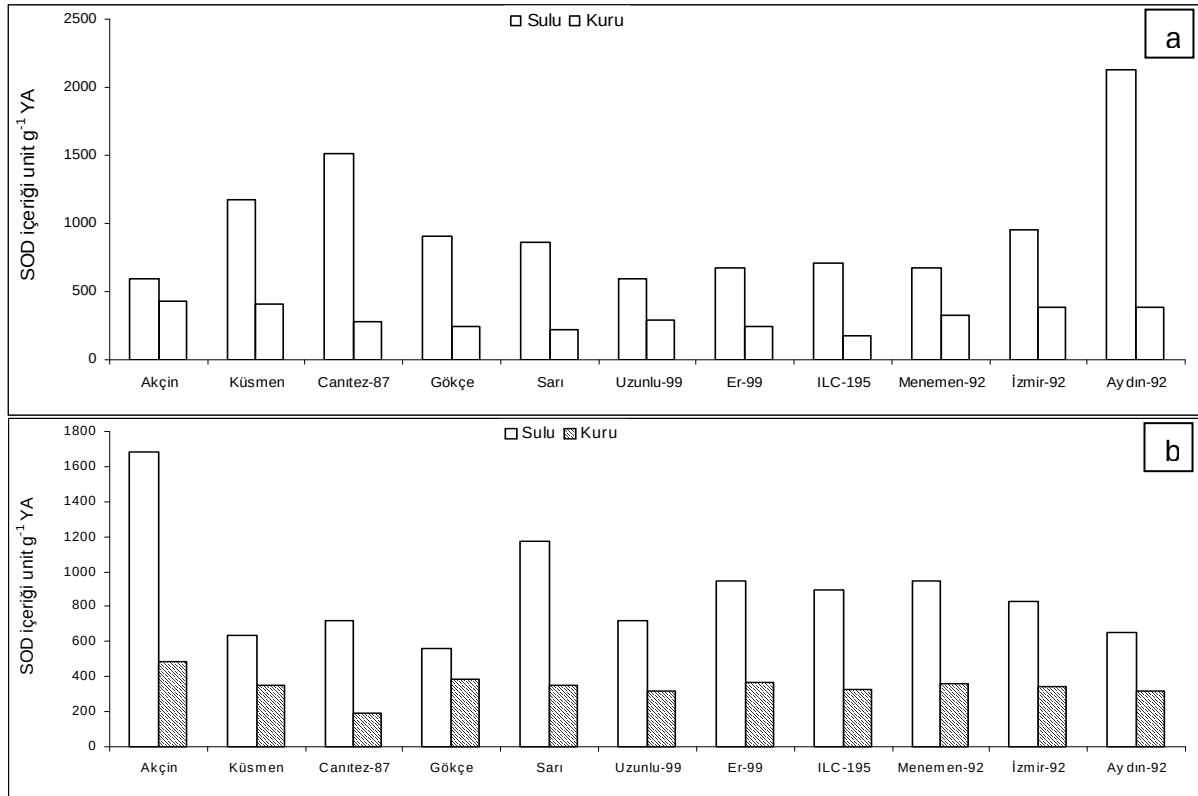
Her iki yıla ait denemede de kuraklığa bağılı olarak bütün çeşitlerin CAT ve APX enzim aktivitesinde önemli artış, SOD aktivitesinde ise azalış görülmüştür.



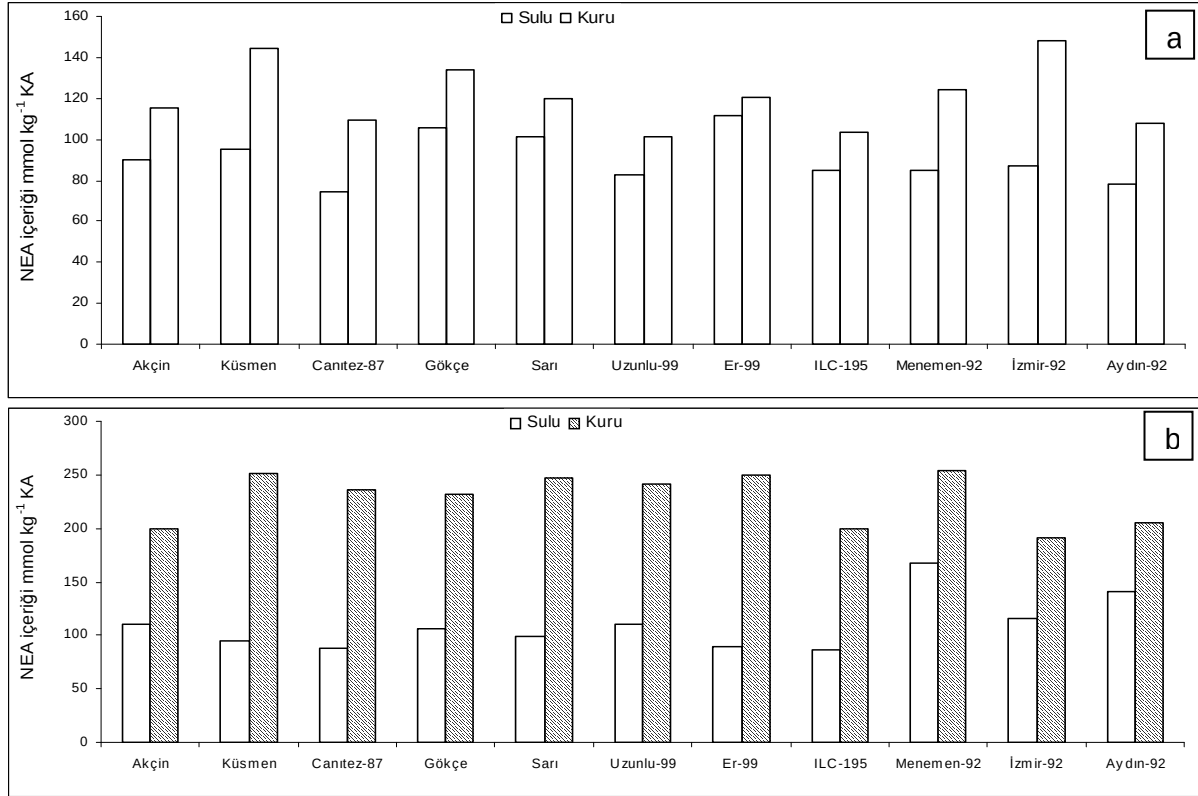
Şekil 4.12. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin katalaz aktivitesi (CAT) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.13. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbat peroksidaz aktivitesi (APX) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.14. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.15. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik olmayan antioksidan aktivitesi (NEA) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Nohut çeşitlerinin enzimatik olmayan antioksidan aktiviteleri her iki yılda da kuraklık stresine önemli derecede artış göstermiştir. Bu artışlar özellikle 2008 yılı denemesinde daha fazla düzeyde gerçekleşmiştir. Ayrıca NEA bakımından her iki yılda da çeşitler arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

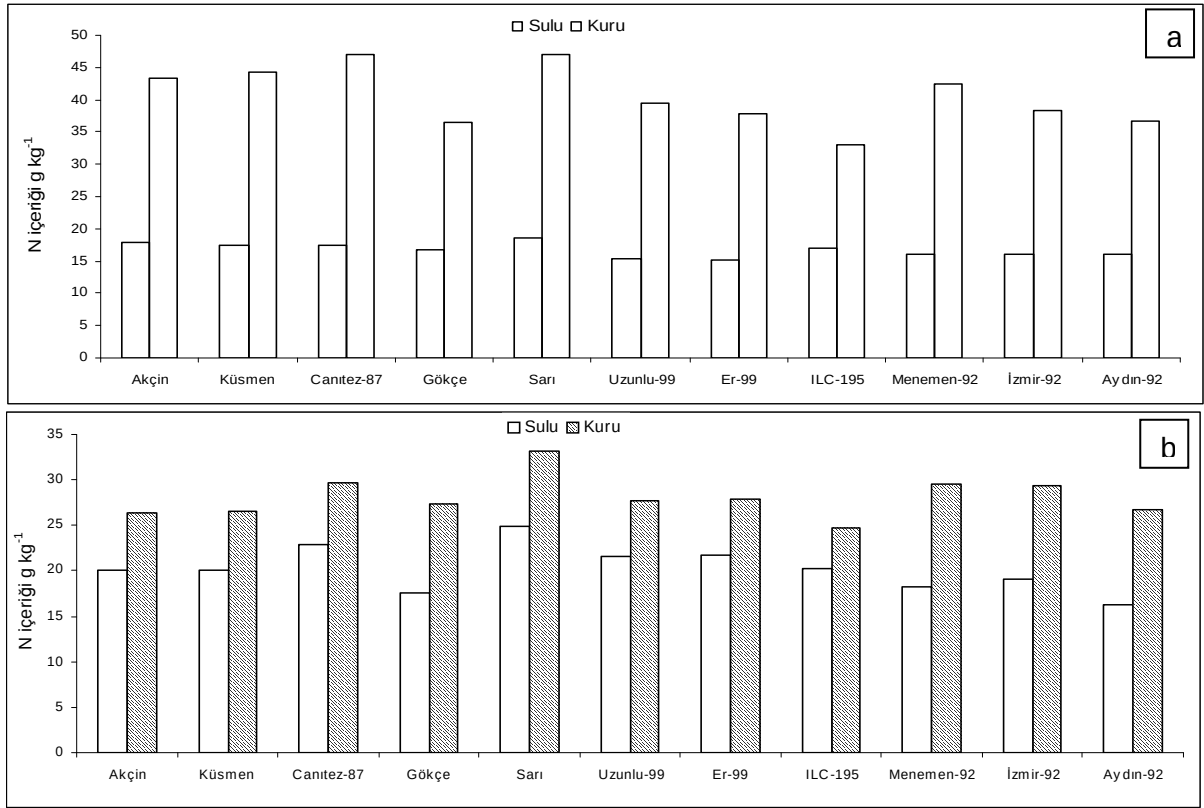
4.1.5. Nohut çeşitlerinin azot, fosfor, potasyum ve sodyum içerikleri

Nohut çeşitlerinin 2007 yılında sulu ve kuru koşullarda N, P, K ve Na içerikleri Çizelge 4.5' ile Şekil 4.16-4.19' da gösterilmiştir. Sulu koşullara göre kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot ve fosfor içerikleri artarken potasyum içerikleri kimi çeşitlerde artarken, kimi çeşitlerde ise azalmıştır. Kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin Na içerikleri sulu koşullarla kıyaslandığında Akçin ve Menemen-92 çeşitleri hariç diğer çeşitlerde artış göstermiştir. 2008 yılı sera denemesinde ise çeşitlerin azot, fosfor, potasyum ve sodyum içerikleri incelendiğinde çeşitlerin N içeriklerinin 2007 yılına benzer şekilde kurak koşullarda daha yüksek olduğu, P, K ve Na içeriklerinin kimi çeşitlerde artış kimi çeşitlerde ise azalış gösterdiği belirlenmiştir.

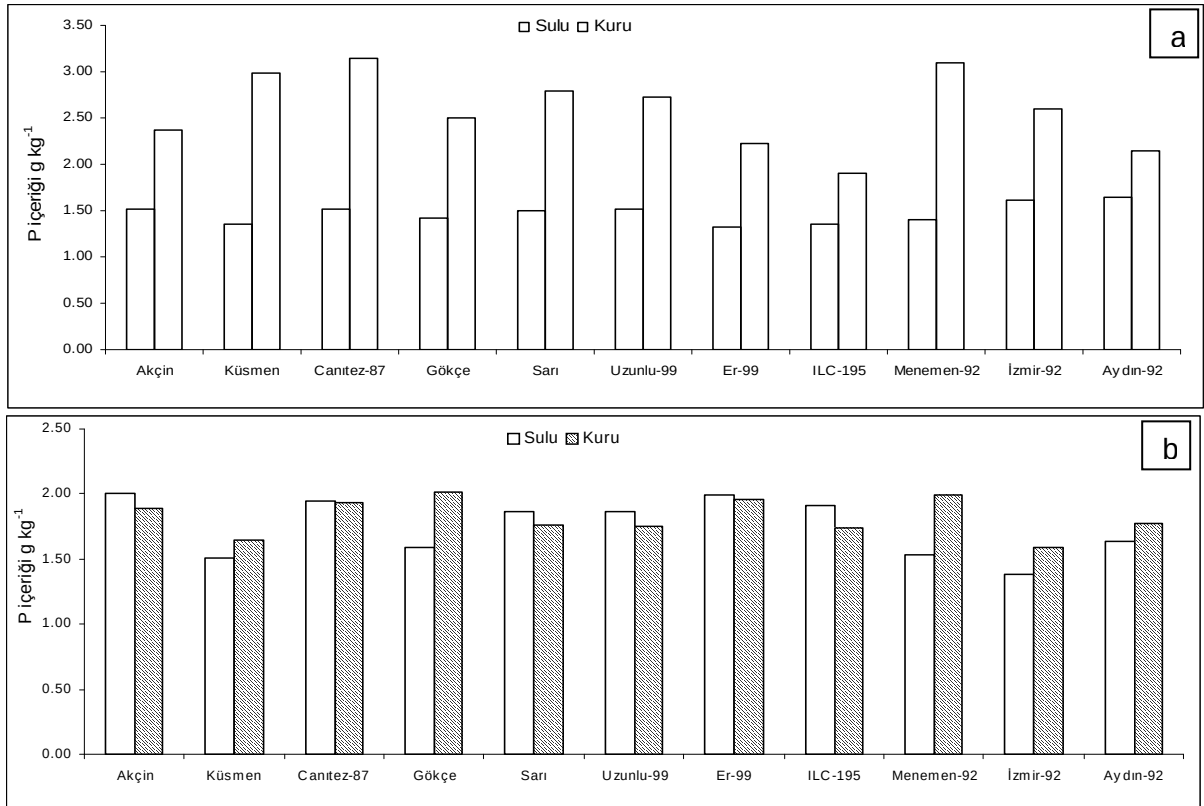
Çizelge 4.5. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N), fosfor (P), potasyum (K), ve sodyum (Na) içerikleri

2007 YILI	N, g kg ⁻¹		P, g kg ⁻¹		K, g kg ⁻¹		Na, g kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	17.86	43.35	1.52	2.37	23.96	24.06	1.54	0.98
Küsmen	17.44	44.19	1.35	2.98	17.33	16.96	0.47	0.89
Canitez-87	17.46	47.04	1.52	3.15	23.08	21.74	0.83	1.19
Gökçe	16.84	36.50	1.43	2.50	19.55	22.06	0.95	1.27
Sarı	18.46	46.92	1.50	2.79	24.18	16.62	0.62	0.65
Uzunlu-99	15.39	39.43	1.52	2.73	23.17	20.39	0.73	1.01
Er-99	15.10	37.84	1.33	2.22	19.21	22.33	0.92	1.27
ILC-195	16.93	33.03	1.35	1.90	22.54	23.74	0.63	1.01
Menemen-92	15.97	42.51	1.41	3.09	22.28	23.53	0.68	0.51
İzmir-92	16.10	38.22	1.61	2.60	20.73	19.21	0.65	1.39
Aydın-92	16.01	36.66	1.65	2.14	21.26	18.43	1.03	1.29
F uygulama	1881**		253**		2.65öd		11.64**	
F çeşit	8.36**		3.31**		6.40**		4.51**	
F interaksyon	4.95**		3.21**		3.88**		2.60**	
2008 YILI	N, g kg ⁻¹		P, g kg ⁻¹		K, g kg ⁻¹		Na, g kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	20.00	26.30	2.01	1.89	34.92	33.47	0.65	0.40
Küsmen	20.01	26.61	1.51	1.65	27.87	27.94	0.41	0.42
Canitez-87	22.89	29.69	1.95	1.93	33.59	27.88	1.08	1.35
Gökçe	17.56	27.36	1.59	2.02	28.64	31.69	1.92	1.79
Sarı	24.84	33.19	1.86	1.77	32.98	28.96	1.48	1.11
Uzunlu-99	21.51	27.62	1.86	1.75	34.53	28.59	1.29	1.38
Er-99	21.79	27.94	2.00	1.96	30.99	30.95	1.87	1.62
ILC-195	20.19	24.73	1.91	1.74	33.12	30.31	1.18	0.97
Menemen-92	18.18	29.52	1.53	1.99	25.55	32.62	0.46	1.06
İzmir-92	19.06	29.34	1.39	1.59	24.95	28.36	0.71	0.78
Aydın-92	16.25	26.76	1.64	1.78	33.03	30.84	0.77	0.58
F uygulama	674**		4.39*		2.86öd		0.26öd	
F çeşit	17.1**		6.95**		7.24**		21.66**	
F interaksyon	5.04**		3.66*		6.97**		1.88öd	

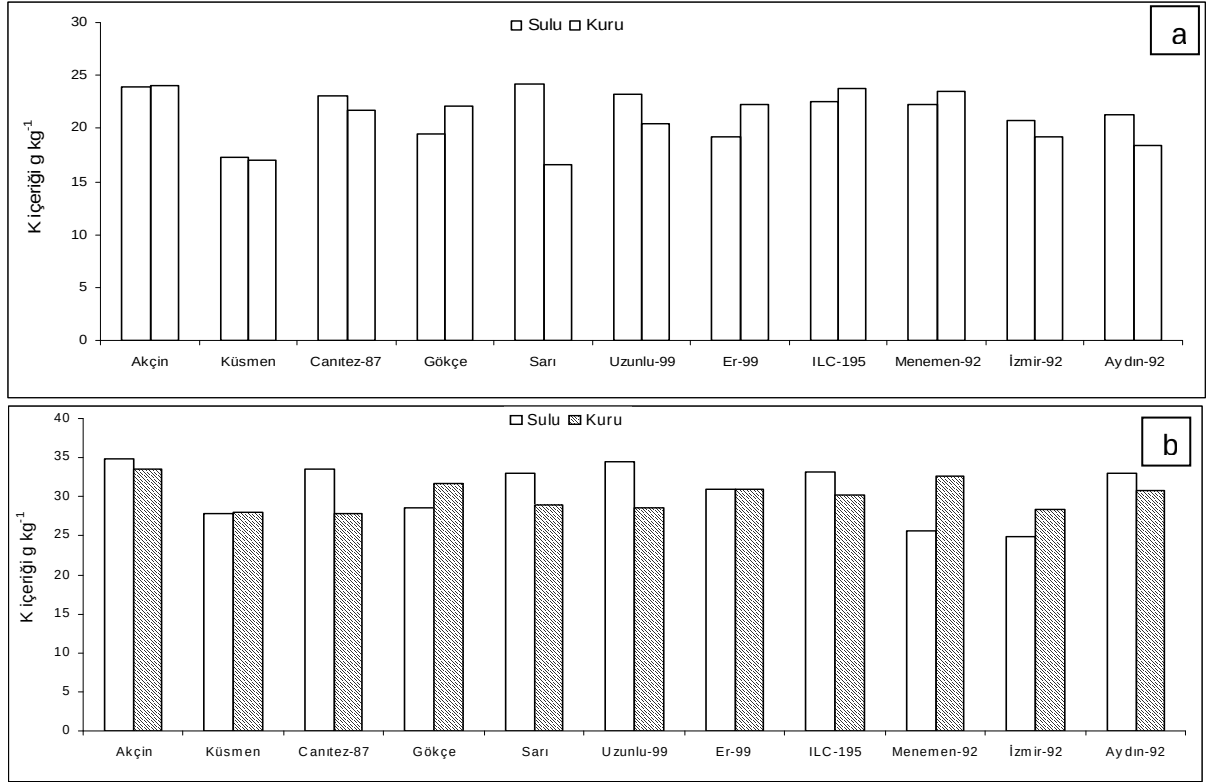
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli



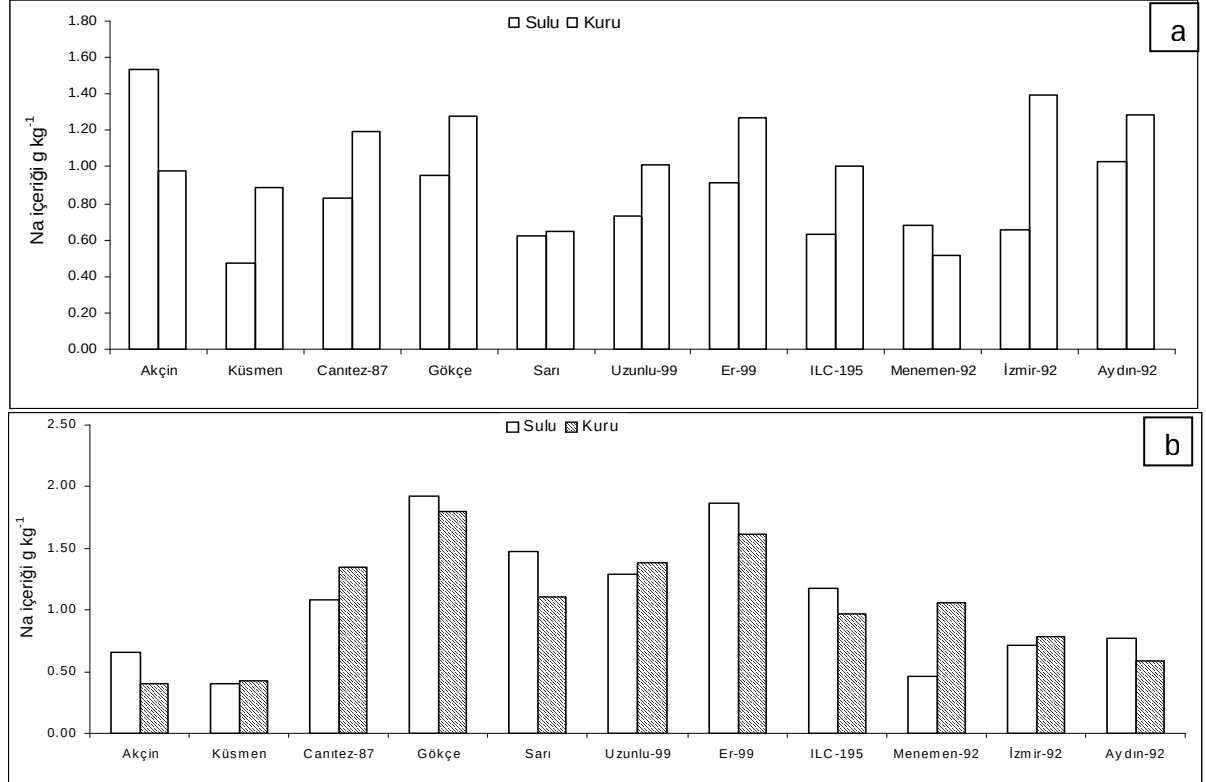
Şekil 4.16. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.17. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin fosfor (P) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.18. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin potasyum (K) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.19. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin sodyum (Na) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.1.6. Nohut çeşitlerinin kalsiyum, magnezyum ve bor içerikleri

Kuru ve sulu koşullarda 2007 ve 2008 yıllarında sera koşullarında yetiştirilen nohut çeşitlerinin Ca, Mg ve B içeriklerindeki değişimler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.20-4.22’ de verilmiştir.

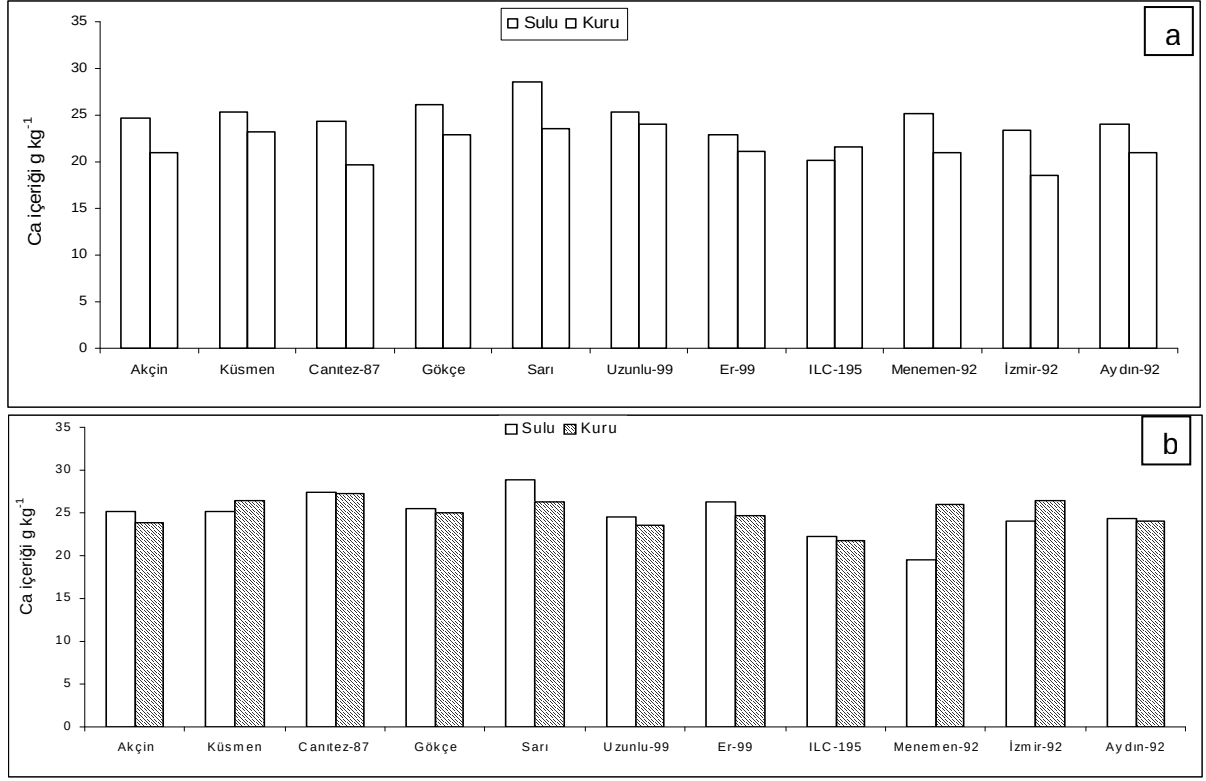
Çizelge 4.6. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve bor (B) içerikleri

2007 YILI	Ca, g kg ⁻¹		Mg, g kg ⁻¹		B, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	24.69	21.00	3.99	4.99	31.24	20.06
Küsmen	25.27	23.26	3.71	5.03	28.44	23.20
Canitez-87	24.39	19.68	4.02	4.65	28.09	22.50
Gökçe	26.13	22.88	4.29	4.34	36.48	22.85
Sarı	28.57	23.53	4.44	5.03	35.78	30.54
Uzunlu-99	25.39	24.11	4.13	4.95	55.00	48.01
Er-99	22.88	21.14	3.61	4.61	23.90	16.21
ILC-195	20.09	21.55	3.72	4.62	26.70	15.16
Menemen-92	25.18	20.93	3.92	4.99	17.96	16.56
İzmir-92	23.38	18.55	3.79	4.67	20.75	15.86
Aydın-92	24.02	21.04	3.55	4.72	28.79	20.40
F uygulama	36.62**		114.3**		22.74**	
F çeşit	4.21**		2.07*		13.63**	
F interaksiyon	1.46öd		1.66öd		0.47öd	
2008 YILI	Ca, g kg ⁻¹		Mg, g kg ⁻¹		B, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	25.22	23.89	4.77	4.84	19.01	8.87
Küsmen	25.12	26.52	3.93	4.39	15.51	12.02
Canitez-87	27.41	27.19	4.94	4.99	23.90	22.15
Gökçe	25.46	25.04	4.51	4.77	23.20	22.50
Sarı	28.95	26.25	5.64	5.21	23.90	20.06
Uzunlu-99	24.56	23.51	4.77	4.53	22.85	22.50
Er-99	26.28	24.67	5.23	5.02	24.25	21.80
ILC-195	22.22	21.75	4.44	4.39	21.80	18.66
Menemen-92	19.50	25.93	3.68	4.95	9.92	16.91
İzmir-92	24.07	26.49	4.14	5.17	16.91	16.56
Aydın-92	24.29	24.09	4.03	4.47	7.82	8.17
F uygulama	0.45öd		17.9**		7.98**	
F çeşit	11.4**		16.8**		26.9**	
F interaksiyon	6.10**		7.86*		4.09**	

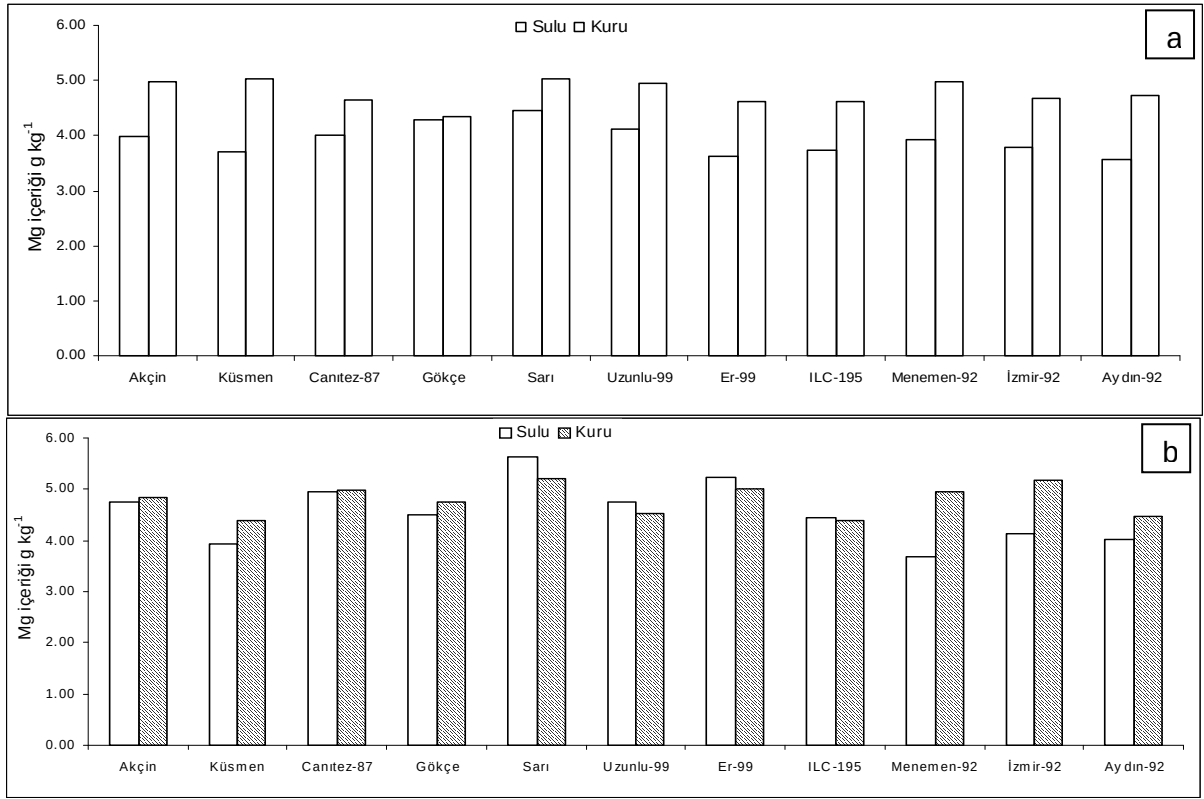
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

2007 yılı sera denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin Ca ve B içeriklerinin sulu koşullarla kıyaslandığında genel olarak azalma gösterdiği, Mg içeriklerinin ise artış gösterdiği belirlenmiştir. 2008 yılı sera denemesinde sulu koşullar ile kuru koşullar karşılaştırıldığında, genelde çeşitlerin Ca içeriklerinin kuru koşullarda azalma gösterdiği

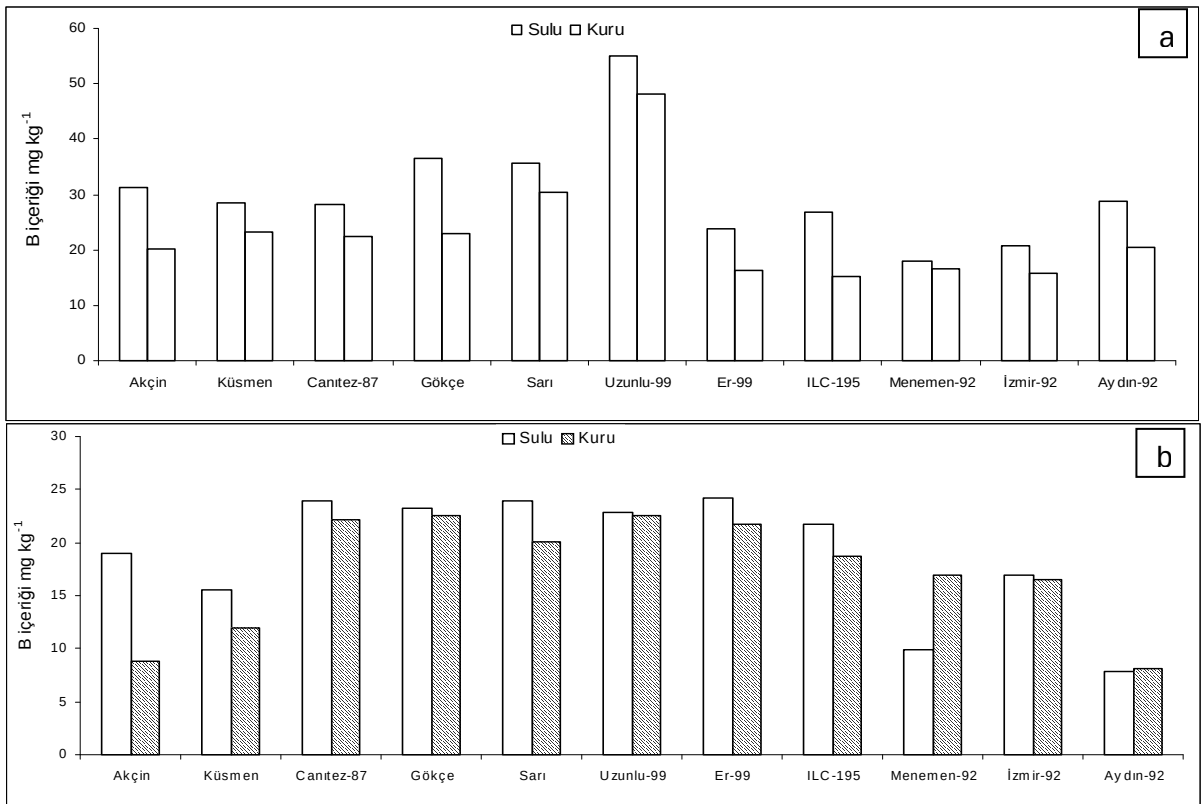
belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Çiçeklenme başlangıcında uygulanan kuraklık stresi nedeniyle kuru koşullarda Sarı, Uzunlu-99, Er-99 ve ILC-195 çeşitlerinin Mg içerikleri artarken diğer çeşitlerin Mg içeriği azalmıştır. Diğer taraftan, sulu koşullarla karşılaştırıldığında kuru koşullarda Menemen-92 ve Aydın-92 dışında, diğer çeşitlerin B içerikleri azalmıştır.



Şekil 4.20. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.21. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin magnezyum (Mg) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.22. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bor (B) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.1.7. Nohut çeşitlerinin demir, bakır, çinko ve mangan içerikleri

2007 yılı sera denemesi sonuçlarına göre kuraklık uygulamasına bağlı olarak nohut çeşitlerinin Cu (Uzunlu-99 hariç) ve Zn içerikleri artmıştır.

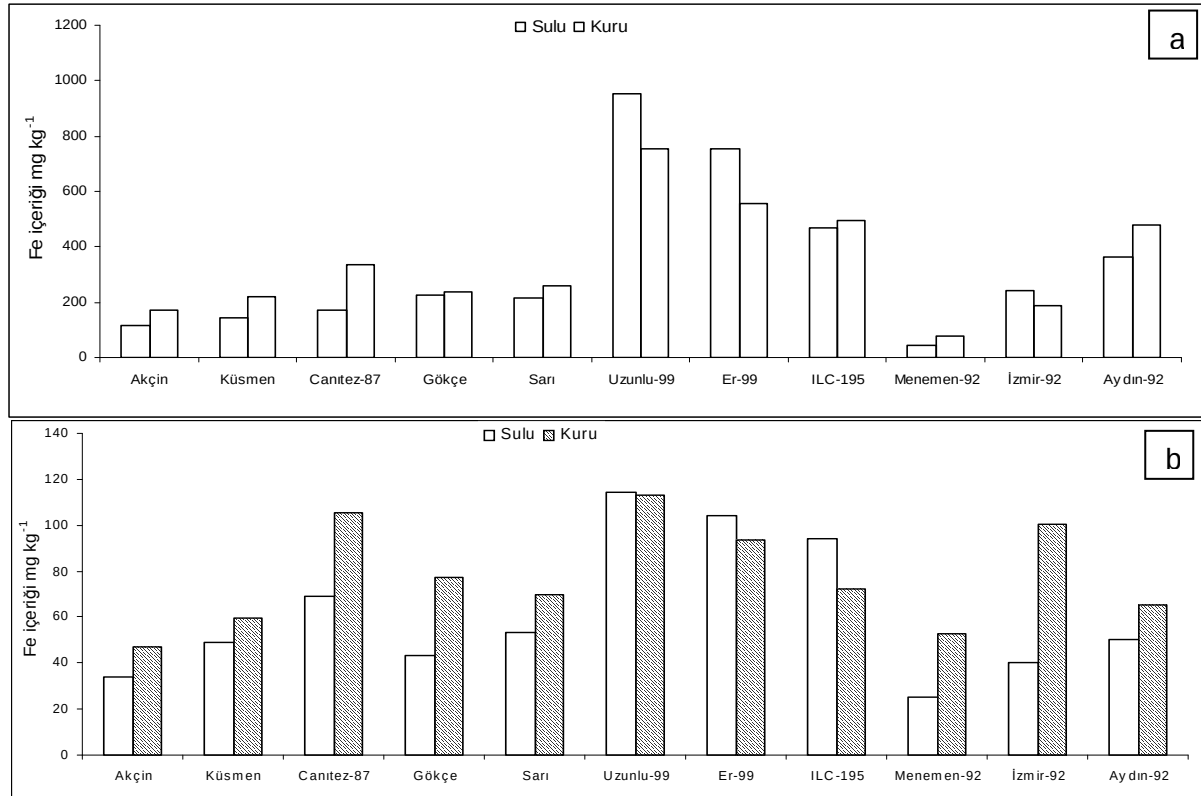
Çizelge 4.7. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri

2007 YILI	Fe, mg kg ⁻¹		Cu, mg kg ⁻¹		Zn, mg kg ⁻¹		Mn, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	115.7	172.1	7.10	11.55	9.15	32.95	50.30	41.25
Küsmen	144.7	217.6	5.40	9.90	9.60	29.85	45.35	39.80
Canitez-87	171.5	338.4	4.50	10.40	7.50	28.80	44.50	36.25
Gökçe	227.3	236.0	6.00	8.25	6.80	21.85	52.25	60.05
Sarı	214.5	260.8	5.65	9.05	9.80	29.75	51.45	81.80
Uzunlu-99	953.0	756.6	10.55	8.80	11.65	29.00	76.10	62.65
Er-99	756.9	557.4	7.15	8.70	7.55	24.15	53.35	51.90
ILC-195	468.5	492.8	5.35	9.45	5.45	20.08	49.55	56.95
Menemen-92	42.1	77.7	5.45	8.90	9.15	37.25	51.90	40.10
İzmir-92	244.7	189.4	5.95	9.10	8.75	26.20	48.20	38.40
Aydın-92	362.2	478.7	8.35	14.30	10.45	31.10	57.00	54.00
F uygulama	0.40öd		55.76**		463**		1.25öd	
F çeşit	173**		3.26**		4.35**		17.95**	
F interaksiyon	10.09**		2.11*		1.75öd		7.89**	
2008 YILI	Fe, mg kg ⁻¹		Cu, mg kg ⁻¹		Zn, mg kg ⁻¹		Mn, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	33.9	47.2	4.35	6.45	6.00	8.95	56.35	55.35
Küsmen	49.0	59.7	5.70	3.90	7.25	9.85	45.25	52.65
Canitez-87	69.2	105.3	9.15	13.70	7.80	9.25	57.65	63.65
Gökçe	43.5	77.4	11.10	13.35	6.55	8.20	45.00	50.35
Sarı	53.4	69.9	15.15	7.75	5.65	7.95	57.70	53.45
Uzunlu-99	114.6	112.9	8.10	9.85	8.15	8.95	55.40	55.95
Er-99	104.3	93.9	6.80	6.90	5.60	7.50	54.75	56.75
ILC-195	94.3	72.2	4.80	6.10	5.30	8.35	52.75	48.80
Menemen-92	24.9	52.8	3.75	4.20	4.00	8.60	39.65	65.40
İzmir-92	39.9	100.4	2.35	3.75	3.50	6.00	50.95	61.45
Aydın-92	50.4	65.5	3.50	3.15	3.90	6.40	47.90	54.00
F uygulama	27.51**		0.20öd		91.92**		44.11**	
F çeşit	21.04**		5.55**		9.79**		9.63**	
F interaksiyon	5.01**		1.09öd		1.45öd		11.44**	

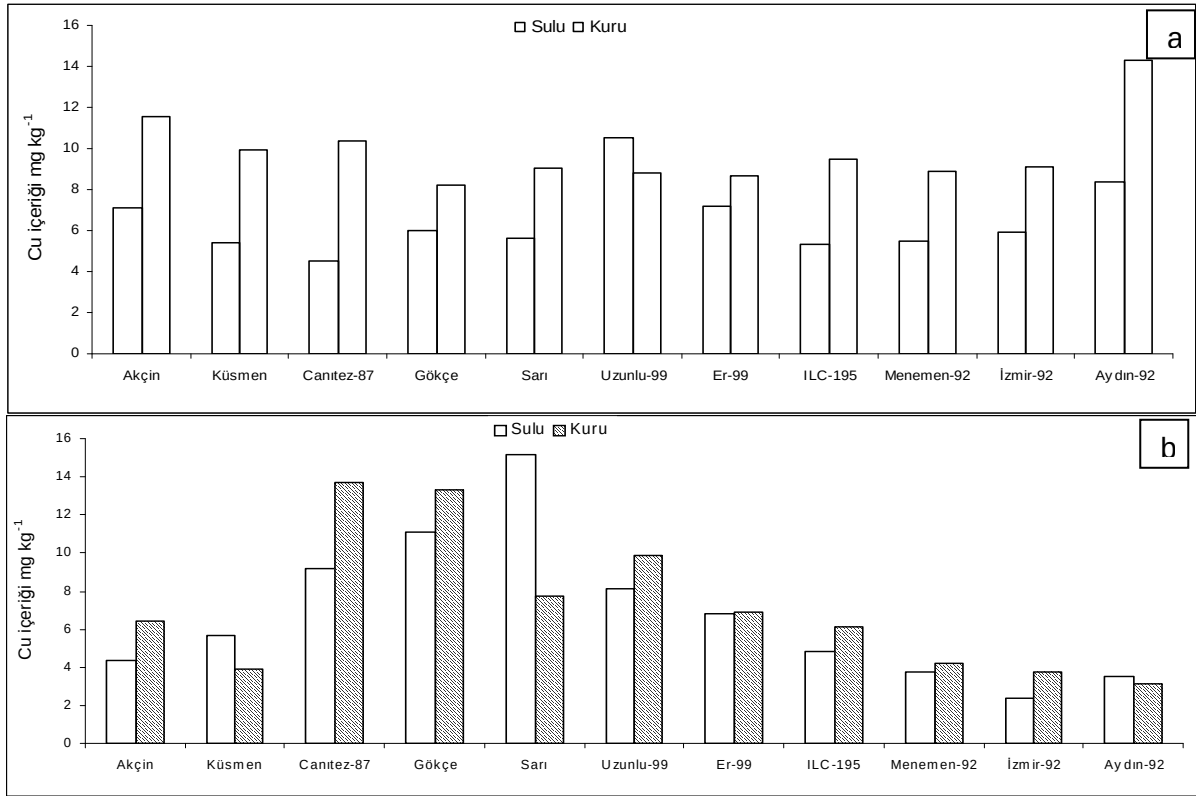
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

Demir içerikleri Uzunlu-99, Er-99 ve İzmir-92 dışındaki çeşitlerde artarken, Mn içerikleri Gökçe, sarı ve ILC-195 dışındaki çeşitlerde azalmıştır. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler arasında Cu içeriği Uzunlu-99 dışında ki bütün çeşitlerde sulu koşullarda artmıştır. Kuru koşullarda diğer çeşitlere göre daha fazla Cu içeren çeşitler sırasıyla Aydın-92, Akçin ve

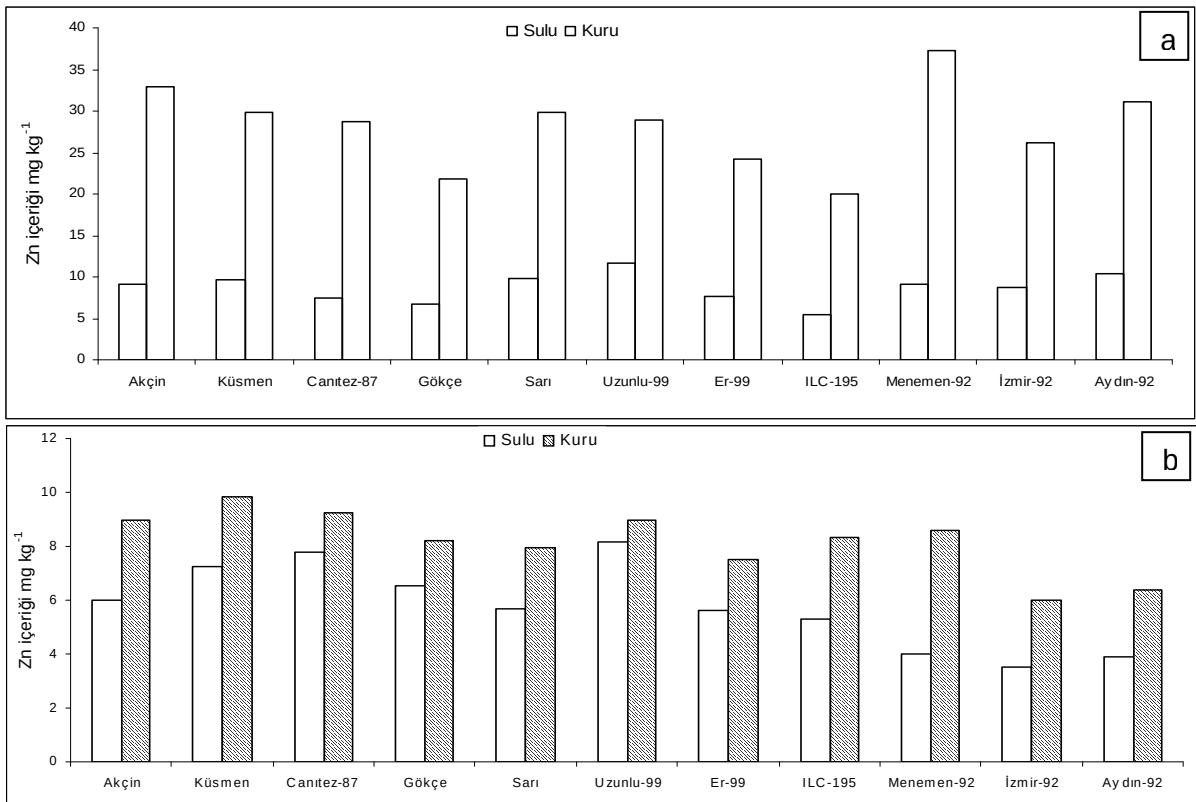
Canitez çeşitleri olmuştur. Sulu koşullarla kıyaslandığında kuru koşullarda yetiştirilen Menemen-92 ve Canitez-87 çeşitlerinin çinko içerikleri diğer çeşitlere göre daha fazla artış göstermiştir. 2008 yılı sera denemesinde çiçeklenme başlangıcında uygulanan kuraklığa bağlı olarak Fe içerikleri Er-99 ve ILC-195 dışındaki çeşitlerde, Cu içeriği küsme, Sarı ve Aydın-92 dışındaki çeşitlerde, B içeriği Akçin, sarı ve ILC-195 dışındaki çeşitlerde, Zn içeriği ise tüm çeşitlerde artış göstermiştir. Ayrıca her iki yılda da Uzunlu-99, Er-99 ve ILC-195 çeşitlerinin hem sulu hemde kuru koşullarda Fe içeriği önemli oranda yüksek olmuştur (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.23-4.26).



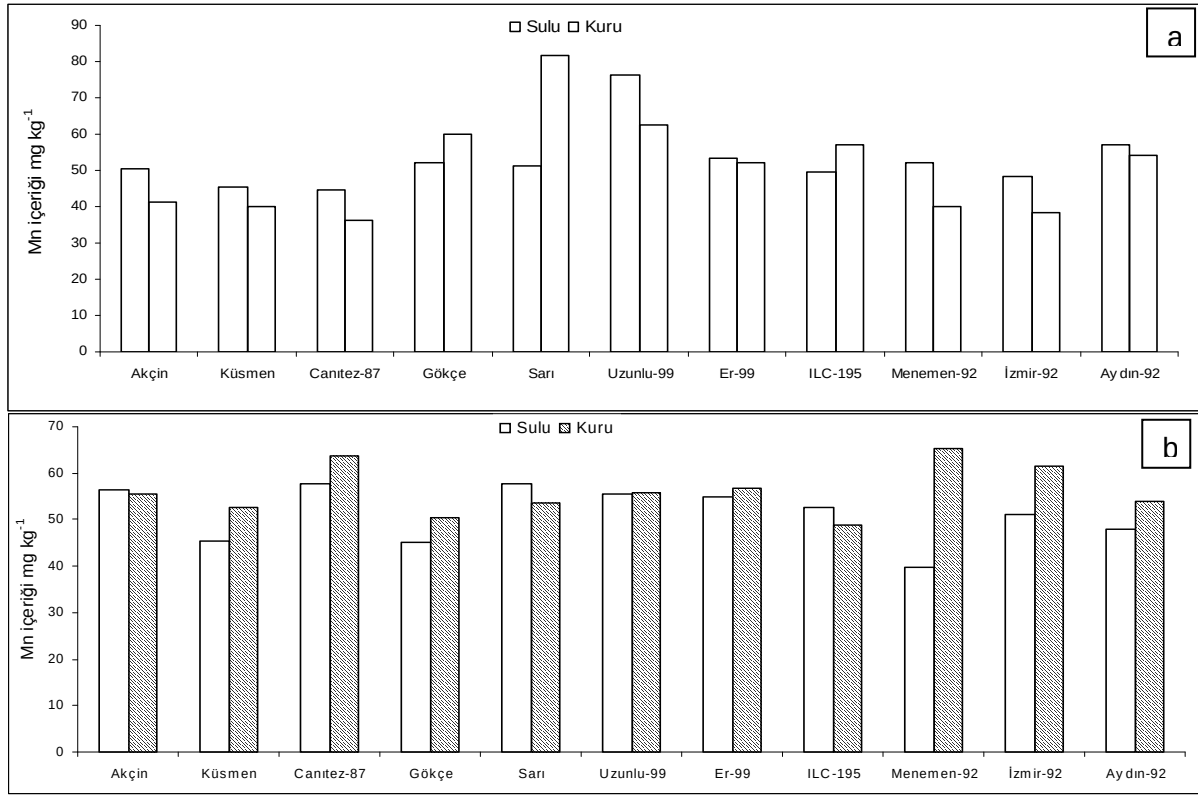
Şekil 4.23. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.24. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bakır (Cu) içerikleri
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.25. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin çinko (Zn) içerikleri
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.26. Sulu ve kuru koşullarda serada yetiştirilen nohut çeşitlerinin mangan (Mn) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.2. Tarla Denemesi

4.2.1. Verim ve verim ögeleri

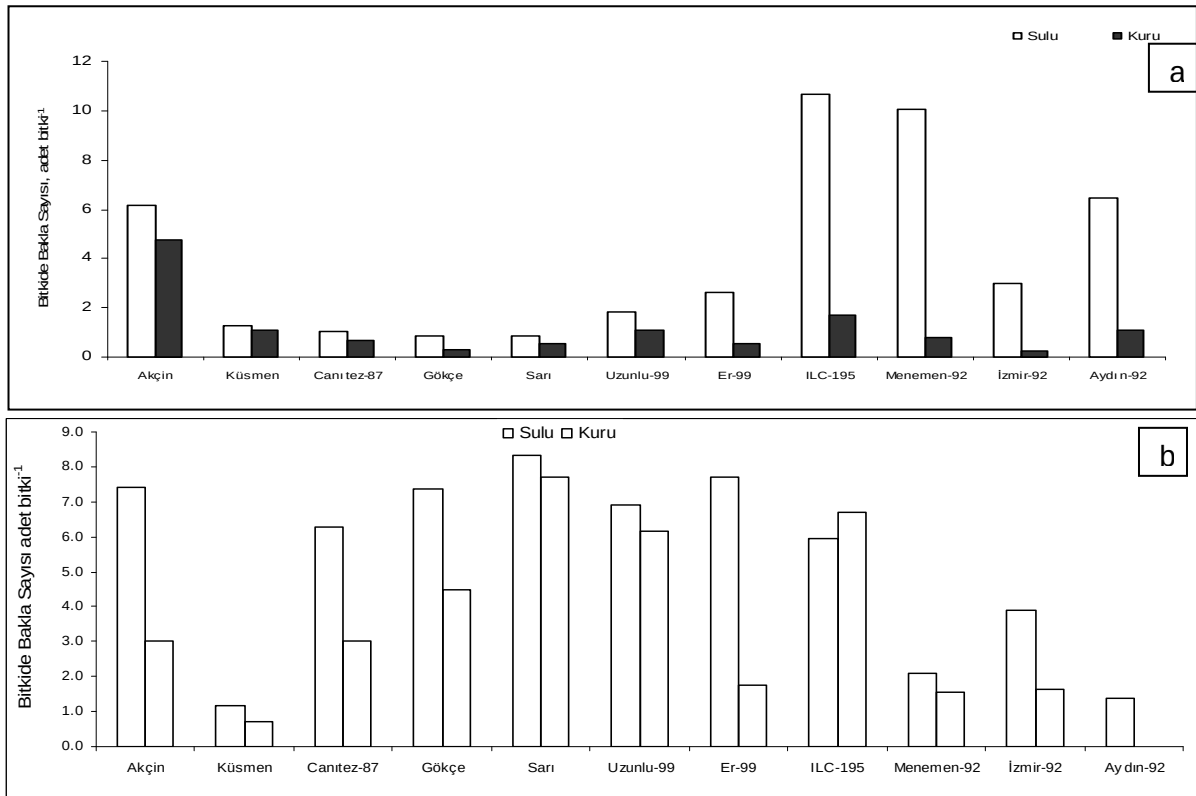
Tarla koşullarında 2 yıl süre ile yürütülen denemelerde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilmiş olan 11 nohut çeşidine ait verim ve verim ögeleri Çizelge 4.8 ve bu çizelgeden yararlanılarak hazırlanan Şekil 4.27-4.33 de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin verim ve verim ögelerine ait sonuçlar

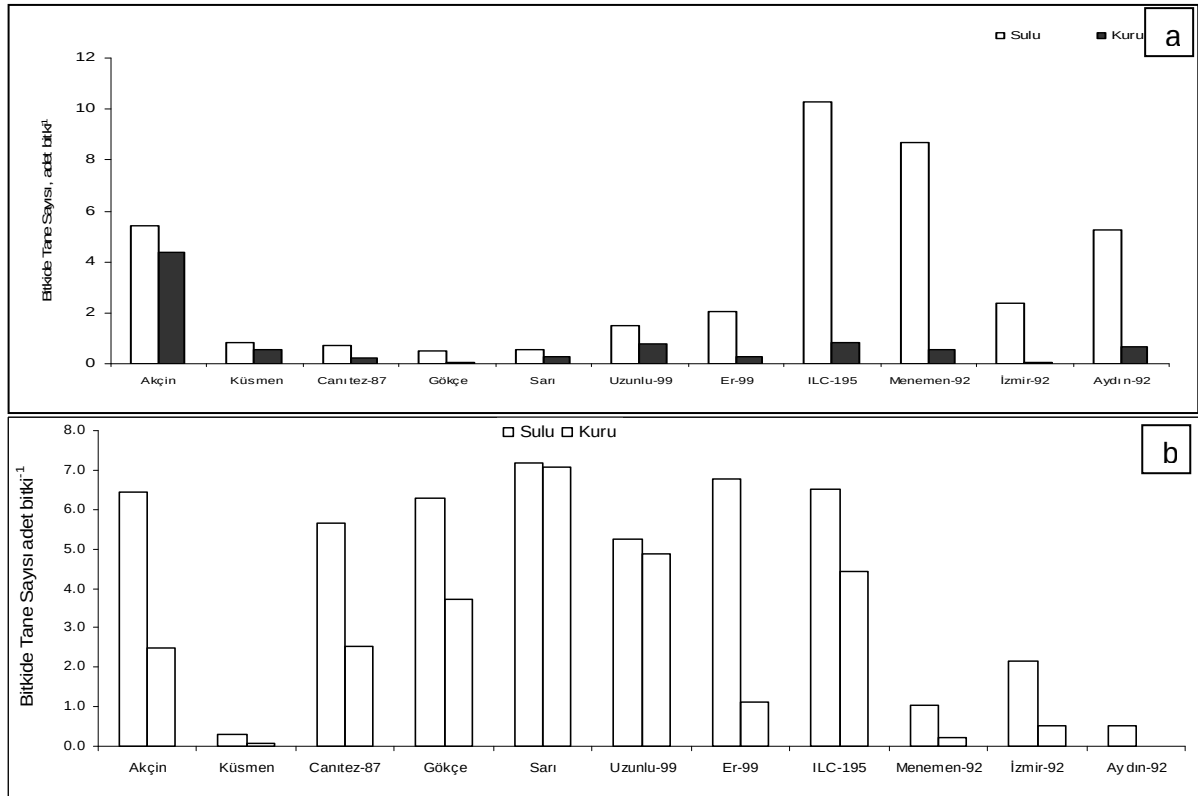
2007 YILI	Bitkide Bakla Sayısı, adet bitki ⁻¹		Bitkide Tane Sayısı, adet bitki ⁻¹		Tane Verimi g bitki ⁻¹		Biyolojik Verim, kg da ⁻¹		Tane Verimi, kg da ⁻¹		100 Tane Ağırlığı, g		Hasat İndeksi, %	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçın	6.16	4.73	5.42	4.35	1.89	1.63	268.3	214.1	125.8	108.5	34.81	37.62	47.00	50.46
Küsmen	1.25	1.07	0.85	0.58	0.24	0.19	104.3	97.0	16.2	12.8	25.41	31.85	13.94	11.92
Canitez-87	1.02	0.69	0.73	0.24	0.23	0.06	75.0	75.8	15.2	4.2	32.11	25.71	19.87	5.37
Gökçe	0.84	0.30	0.48	0.05	0.15	0.01	67.9	40.1	9.9	0.6	30.00	18.80	14.16	1.53
Sarı	0.87	0.56	0.55	0.28	0.19	0.08	86.6	72.0	12.9	5.6	33.63	32.78	13.95	7.53
Uzunlu-99	1.84	1.07	1.51	0.78	0.49	0.21	103.1	66.7	32.5	14.0	32.61	26.39	31.43	19.65
Er-99	2.62	0.54	2.03	0.30	0.70	0.09	136.2	61.1	46.9	5.9	34.25	31.14	32.50	9.46
ILC-195	10.63	1.68	10.30	0.85	2.35	0.18	307.3	56.3	156.6	12.3	22.79	20.57	50.94	19.48
Menemen-07	10.08	0.77	8.70	0.55	2.77	0.14	435.2	64.7	184.5	9.1	31.97	22.55	42.62	10.95
İzmir-92	3.01	0.23	2.38	0.07	0.72	0.01	190.1	62.5	48.3	0.9	30.04	10.70	24.52	1.35
Aydın-92	6.46	1.10	5.27	0.65	1.58	0.18	318.8	99.3	105.4	11.8	29.93	23.38	32.39	10.99
F uygulama	315**		262**		278**		273**		277**		18.8**		156**	
F çeşit	60.7**		53.2**		56.2**		40.7**		56.3**		4.99**		33.3**	
F interak.	38.4**		18.02**		32.3**		31.1**		32.3**		2.43*		6.14**	
2008 YILI	Bitkide Bakla Sayısı, adet bitki ⁻¹		Bitkide Tane Sayısı, adet bitki ⁻¹		Tane Verimi g bitki ⁻¹		Biyolojik Verim, kg da ⁻¹		Tane Verimi, kg da ⁻¹		100 Tane Ağırlığı, g		Hasat İndeksi, %	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçın	7.43	3.03	6.43	2.49	2.39	1.04	320.2	136.6	159.5	69.4	37.35	42.11	49.72	52.66
Küsmen	1.16	0.73	0.29	0.08	0.09	0.01	169.6	145.1	5.95	0.87	31.04	15.00	3.47	0.58
Canitez-87	6.30	3.03	5.64	2.54	2.57	1.17	338.7	194.0	171.5	78.1	45.05	46.24	49.35	40.12
Gökçe	7.38	4.48	6.29	3.73	2.38	1.54	315.5	251.8	158.4	102.6	38.65	41.14	50.05	40.47
Sarı	8.34	7.71	7.19	7.09	3.43	3.37	450.5	424.4	228.6	224.4	47.47	47.59	50.42	51.98
Uzunlu-99	6.89	6.14	5.24	4.89	2.23	2.08	376.4	367.0	148.4	138.4	42.42	42.47	38.89	37.55
Er-99	7.69	1.74	6.79	1.10	2.68	0.42	389.4	171.8	178.5	27.9	39.45	35.68	45.82	13.44
ILC-195	5.93	6.70	6.50	4.41	1.62	1.05	249.8	193.7	107.9	69.9	24.90	23.78	42.99	35.60
Menemen-07	2.10	1.54	1.04	0.21	0.31	0.05	174.8	148.8	21.0	3.36	30.80	24.18	12.20	2.13
İzmir-92	3.89	1.63	2.18	0.54	0.71	0.16	181.9	162.2	47.4	10.9	32.69	22.06	25.92	6.19
Aydın-92	1.40	0.00	0.53	0.00	0.13	0.00	136.3	91.3	8.98	0.00	25.89	0.00	6.29	0.00
F uygulama	64.5**		70**		58.3**		50.8**		58.5**		18.9**		47.6**	
F çeşit	35.5**		40.1**		49.1**		32.7**		49.1**		32.7**		87.5**	
F interak.	5.96**		5.59**		5.51**		4.60**		5.51**		5.75**		6.0**	

öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

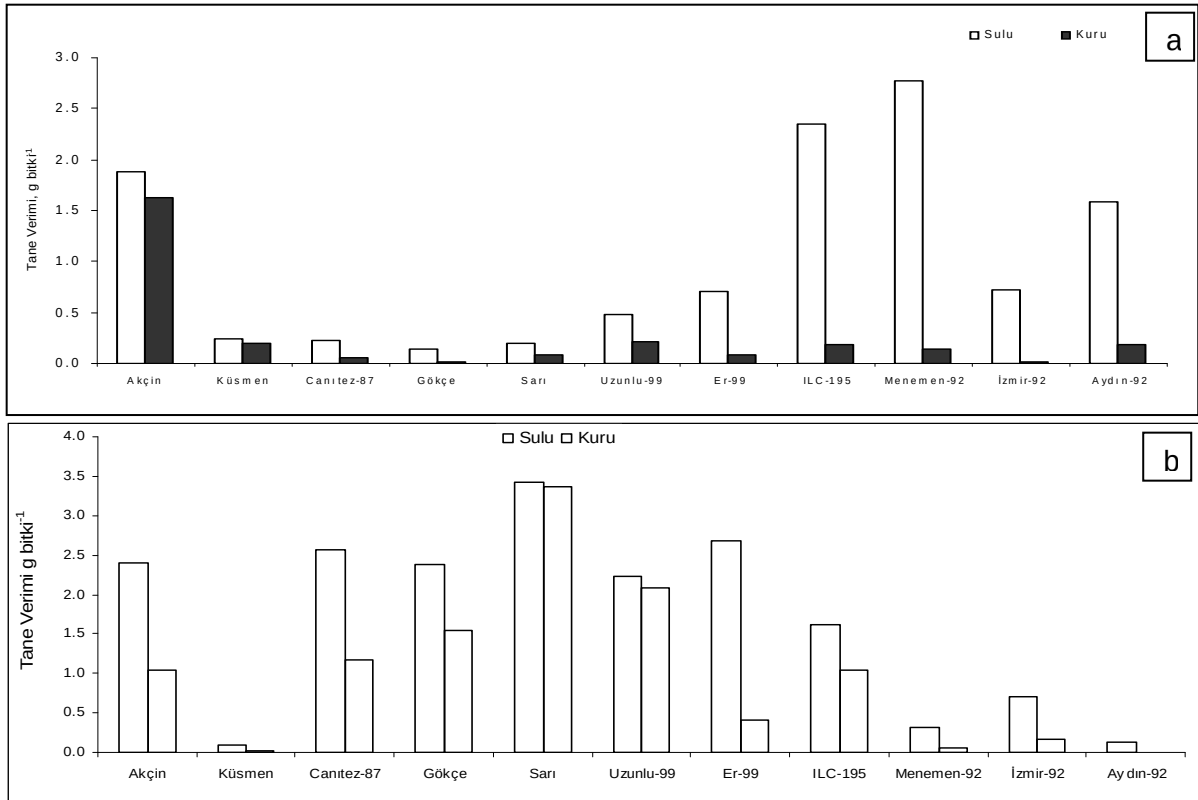
Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin verim öğelerinden bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı ve tane verimi her iki yılda da çeşitler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Yıllar arası karşılaştırma sonucunda 2007 yılına göre 2008 yılında genel olarak bitkide bakla sayısı, tane sayısı ve tane veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür. Her iki yılda da bütün çeşitlerin bakla sayısı, tane sayısı ve tane verimi kuraklığa bağlı olarak önemli düzeyde azalmıştır. 2007 yılında kuru koşullarda en yüksek bakla sayısı, tane sayısı ve tane verimi Akçin, ILC-195 ve Aydın-92 çeşitlerinden elde edilmiştir. 2008 yılında ise en yüksek bakla sayısı, tane sayısı ve tane verimi Sarı, Uzunlu, ILC-195 ve Gökçe çeşitlerinden elde edilmiştir. Bu üç parametre dikkate alındığında özellikle Aydın-92, Menemen-92 ve İzmir-92 çeşitlerinin 2008 yılı tarla koşullarında, gerek sulu koşullarda gerekse sulu koşullarda oldukça düşük performans gösterdiği görülmüştür (Çizelge 4.27-4.29).



Şekil 4.27. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitkide bakla sayıları
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



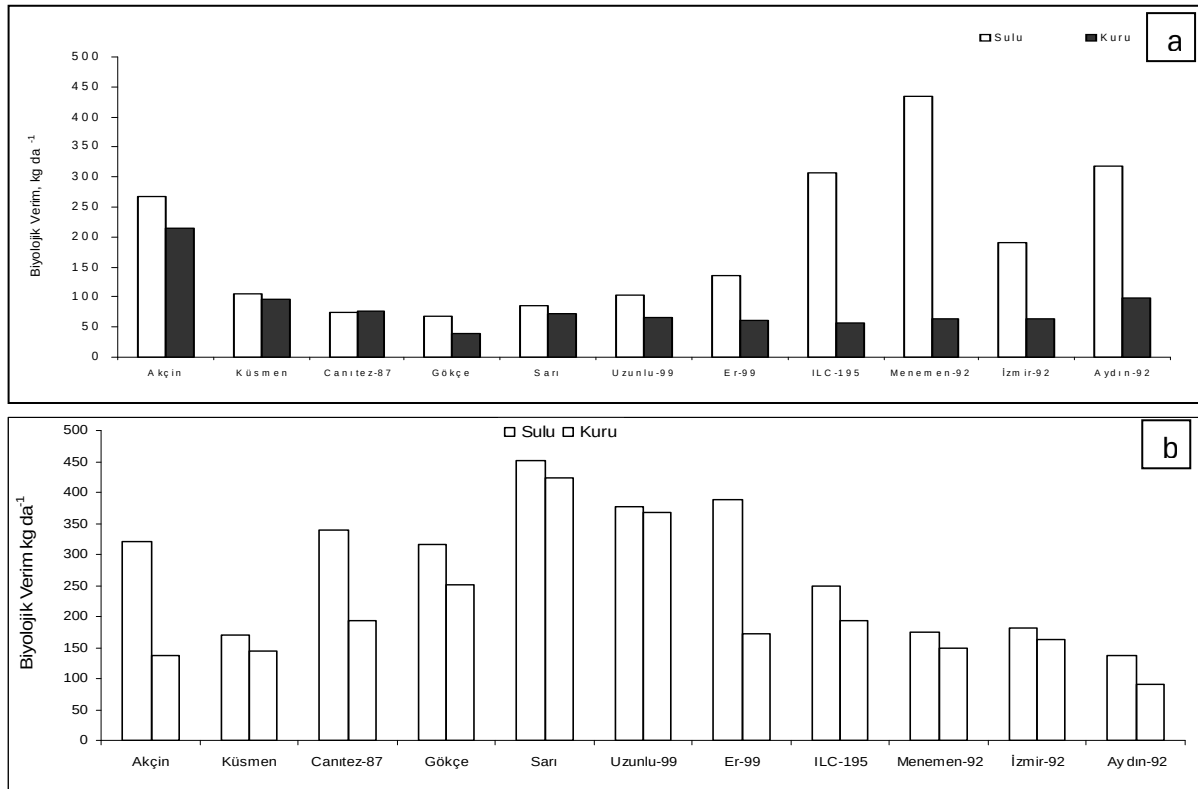
Şekil 4.28. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitkide tane sayıları
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.29. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin tane verimleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

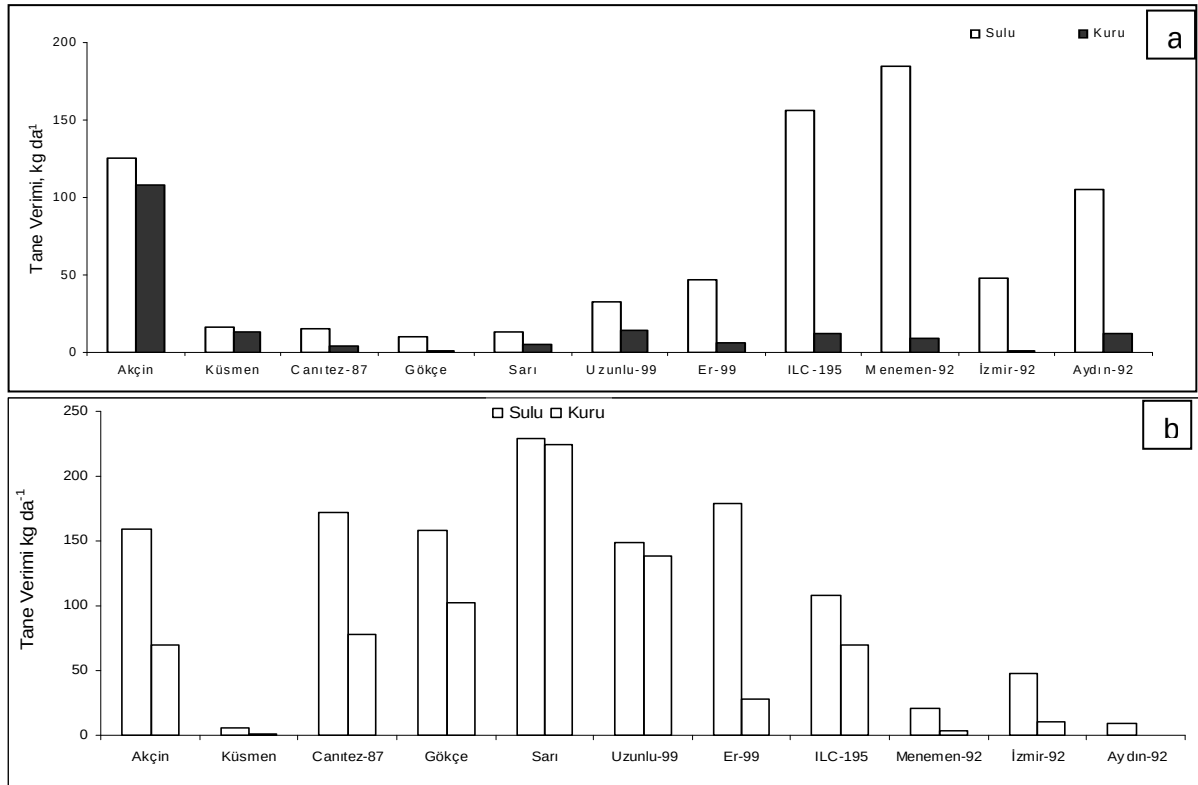
Biyolojik verim sonuçlarının verildiği Çizelge 4.8 ve Şekil 4.30' un incelenmesinden anlaşılabacağı gibi, 2007 yılı tarla denemesinde Canitez-87 hariç tüm çeşitlerde kuraklık stresi biyolojik verimi azaltmıştır. Kuraklık stresi altında biyolojik verim kaybı Menemen-92, ILC-195, Aydın-92, ve İzmir-92 çeşitlerinde daha yüksek olmuştur. Bu çeşitleri sırasıyla Er-99, Akçin, Uzunlu-99, Gökçe, Sarı ve Küsmen çeşitleri izlemiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen Canitez-87 çeşidinin biyolojik veriminde ise değişim olmamıştır. Sulu koşullarda Menemen-92, Aydın-92, ILC-195 ve Akçin çeşitleri daha yüksek biyolojik verim değerlerine sahip olmuşlardır. Kuru koşullarda biyolojik verim Akçin çeşidinde en yüksek olurken Gökçe çeşidinde en düşük olmuştur.

2008 yılı tarla denemesinde kuraklık uygulaması sonucu tüm çeşitlerin biyolojik verimlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Kuru koşullarda yetiştirildiklerinde çeşitler arasında en yüksek biyolojik verim Sarı ve Uzunlu-99 çeşitlerinde gözlenmiştir. Sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerle kıyaslandığında kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler arasında en fazla biyolojik verim azalması Er-99, Canitez-87 ve Akçin çeşitlerinde olmuştur.



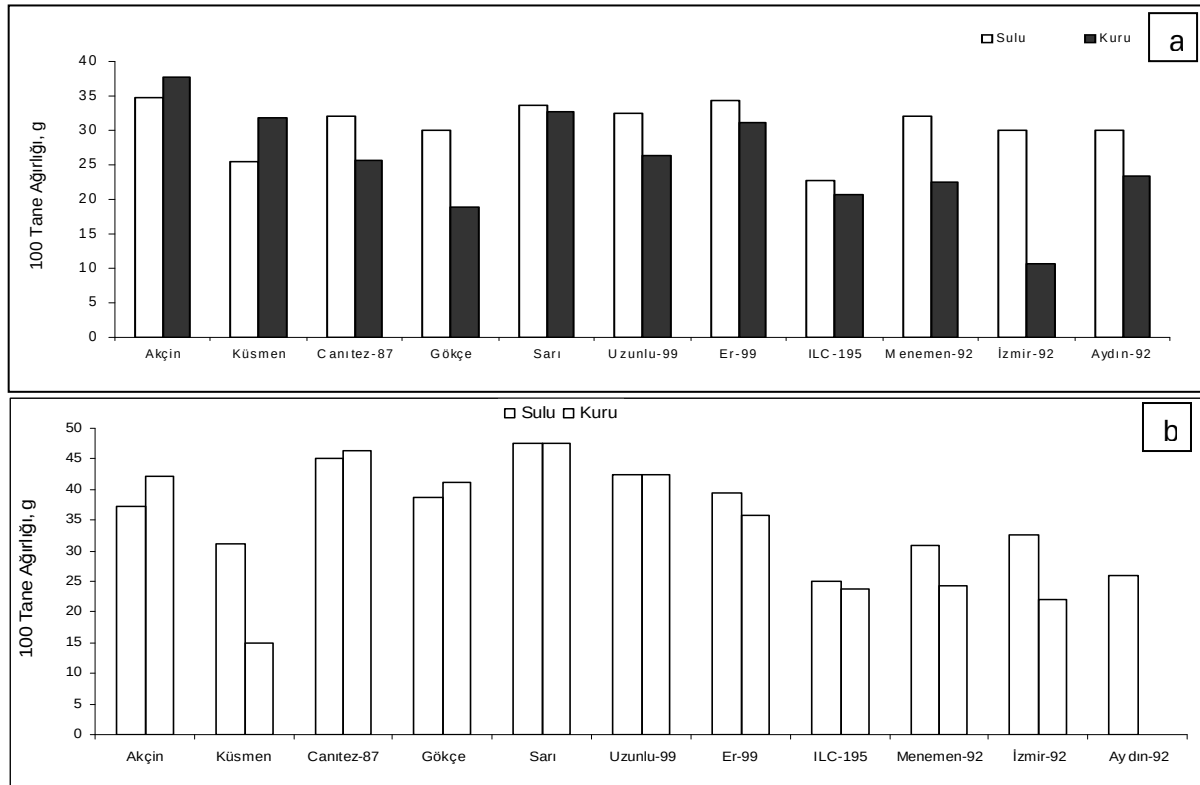
Şekil 4.30. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin biyolojik verimleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Nohut çeşitlerinin tane verimleri Çizelge 4.8 ve Şekil 4.31’ de verilmiştir. Buna göre 2007 yılı tarla denemesinde tüm çeşitlerde kuraklık stresi birim alandan alınan tane veriminin azalmasına sebep olmuştur. Sulu koşullarda yetiştirilen çeşitler kendi içlerinde karşılaştırıldığında, birim alandan alınan en yüksek tane veriminin sırasıyla Menemen-92, ILC-195, Akçin ve Aydın-92 çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir. En düşük tane verimi ise sırasıyla Gökçe, Sarı ve Canitez-87 çeşitlerinde olmuştur. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin kendi içlerinde karşılaştırılması sonucu, birim alandan alınan tane veriminin en yüksek Akçin, Uzunlu-99 ve Küsmen çeşitlerinde ve en düşük ise Gökçe, İzmir-92 ve Canitez-87 çeşitlerinde olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında çeşitler arasında birim alanda en fazla tane verimi kaybı Menemen-92, ILC-195, Aydın-92 ve İzmir-92 çeşitlerinde olmuştur. Bunları sırasıyla Er-99, Uzunlu-99, Akçin, Canitez-87, Gökçe, Sarı ve Küsmen çeşitleri takip etmiştir. 2008 yılı tarla denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin tane verimleri sulu koşullarda yetiştirilenlerle kıyaslandığında daha düşük çıkmıştır. Kuraklık uygulaması sonucu çeşitlerin tane verimlerinde meydana gelen azalmalarda en dikkati çeken çeşitler Er-99, Canitez-87 ve Akçin olmuştur.



Şekil 4.31. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin tane verimleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

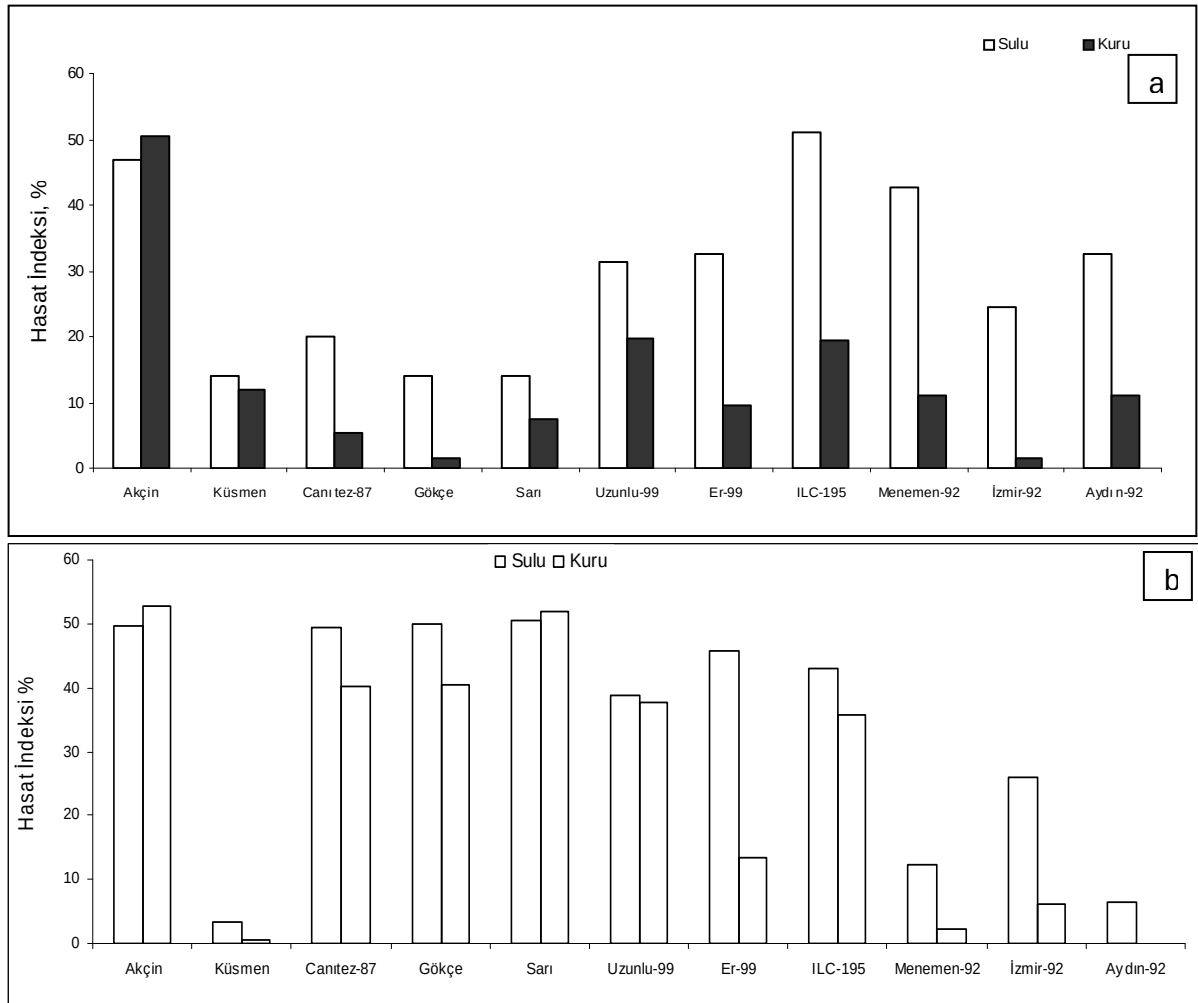
Çizelge 4.8 ve Şekil 4.32' nin incelenmesinden anlaşılabacağı gibi, 2007 yılı tarla denemesinde, Küsmen ve Akçin çeşitleri hariç diğer çeşitlerde 100 tane ağırlıkları kuraklık stresine bağlı olarak azalmıştır. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerden İzmir-92, Gökçe ve ILC-195 çeşitleri diğer çeşitlere göre daha en düşük 100 tane ağırlığına sahip çeşitler olarak belirlenmiştir. Sulu koşullara göre kuru koşullarda 100 tane ağırlığında meydana gelen azalma İzmir-92 çeşidinde daha fazla olmuştur. Sarı çeşidi 100 tane ağırlığı yönünden belirgin bir şekilde diğer çeşitlerden ayrılırken Akçin, Canitez-87 ve Gökçe çeşitlerinin kuru koşullarda 100 tane ağırlıkları sulu koşullara göre artış göstermiştir. ICARDA kökenli ILC-195 çeşidinin kuru koşullarda 100 tane ağırlığı azalmıştır.



Şekil 4.32. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin 100 tane ağırlıkları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

2007 yılı tarla denemesinde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin hasat indeksleri Şekil 4. 33'de gösterilmiştir. Sulu koşullarda ILC-195 ve Akçin çeşitlerinin hasat indeksi diğer çeşitlere göre daha yüksek olmuştur. Akçin çeşidi gerek kuru koşullarda diğer çeşitlere gerekse kendi sulu kontrolüne göre daha yüksek hasat indeksi sergilemiştir. Akcin çeşidinin kuru koşullardaki hasat indeksi değeri, sulu koşullarda en yüksek hasat imndeksi değeri sergileyen ILC-195 çeşidi hariç tüm çeşitlerin hasat indeksinden daha yüksek olmuştur.

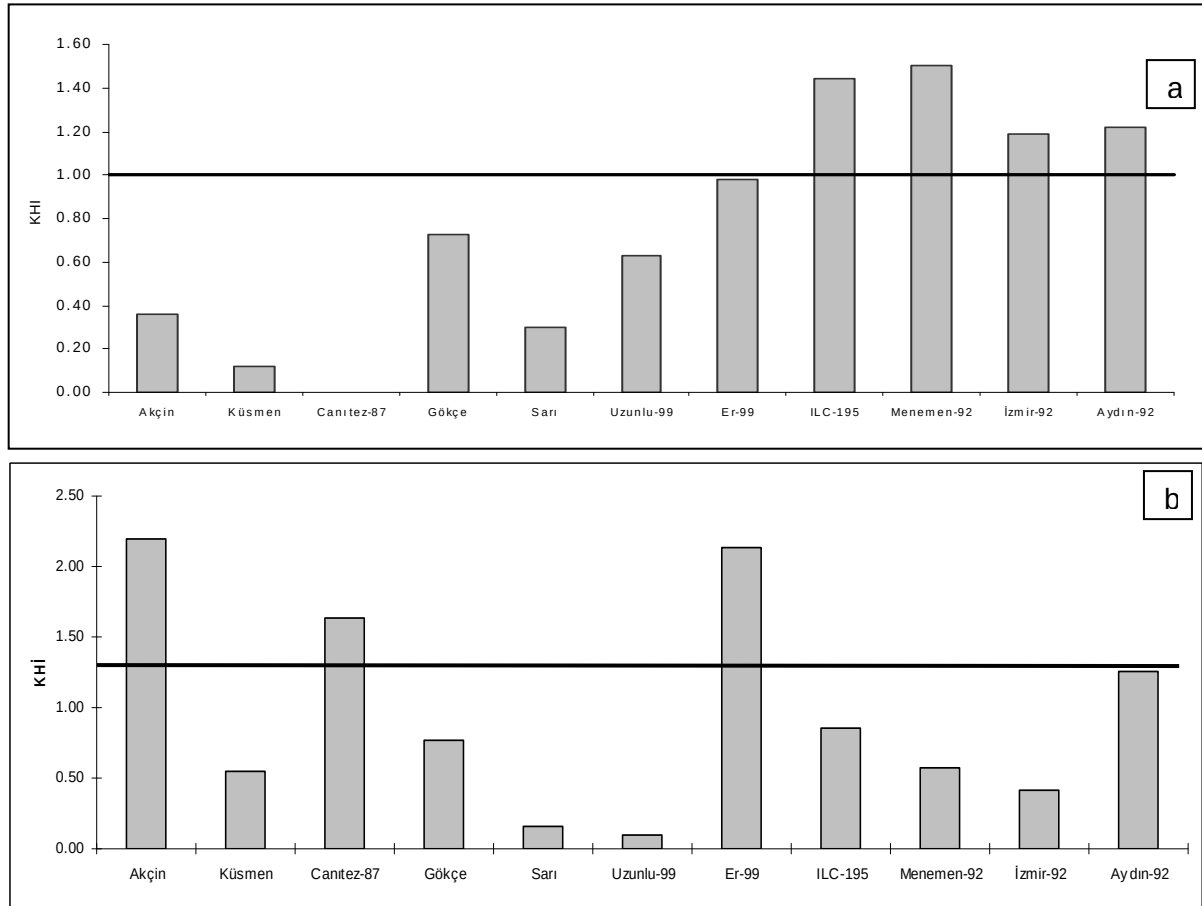
Bununla birlikte Uzunlu-99 ve ILC-195 çeşitlerinin hasat indekslerinin kuru koşullarda diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşılık kuru koşullarda yetiştirilen İzmir-92 ve Gökçe çeşitlerinin hasat indeksi diğer çeşitlerin hasat indeksinden düşük olmuştur. Hasat indeksleri açısından sulu koşullara göre kuru koşullarda fark Menemen-92, ILC-195, İzmir-92 ve Er-99 çeşitlerinde daha yüksek, Küsmen, Sarı ve Uzunlu-99 çeşitlerinde ise daha düşük olmuştur. 2008 yılı tarla denemesinde, sulu koşullarda yetiştirilen küsmen, Aydın-92, Menemen-92 ve İzmir-92 çeşitlerinin hasat indeksleri diğer çeşitlerle kıyaslandığında oldukça düşüktür ve bu çeşitlerin kuru koşullardaki hasat indeksleri sıfır ya da sıfıra çok yakın bir değerdedir. Özellikle bu çeşitlerden dikkati çeken Aydın-92 çeşidi kuru koşullardaki hasat indeksi değeri sıfırdır. Orta Anadolu çeşitlerinden yine Sarı ve Akçin çeşitlerinin kuru koşullardaki hasat indeksi sulu koşullarda yetiştirilenlerle kıyaslandığında artış göstermiştir. Bu çeşidi Akçin izlemiştir.



Şekil 4.33. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin hasat indeksleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.2.2. Kuraklığa hassasiyet indeksi (KHİ)

Nohut çeşitlerinin kuraklık hassasiyet indeksleri Şekil 4.34’ de verilmiştir. Şeklin incelenmesinden görüleceği gibi kuraklığa hassasiyet bakımından çeşitler arasında önemli farklılıkların olduğu görülmüştür.



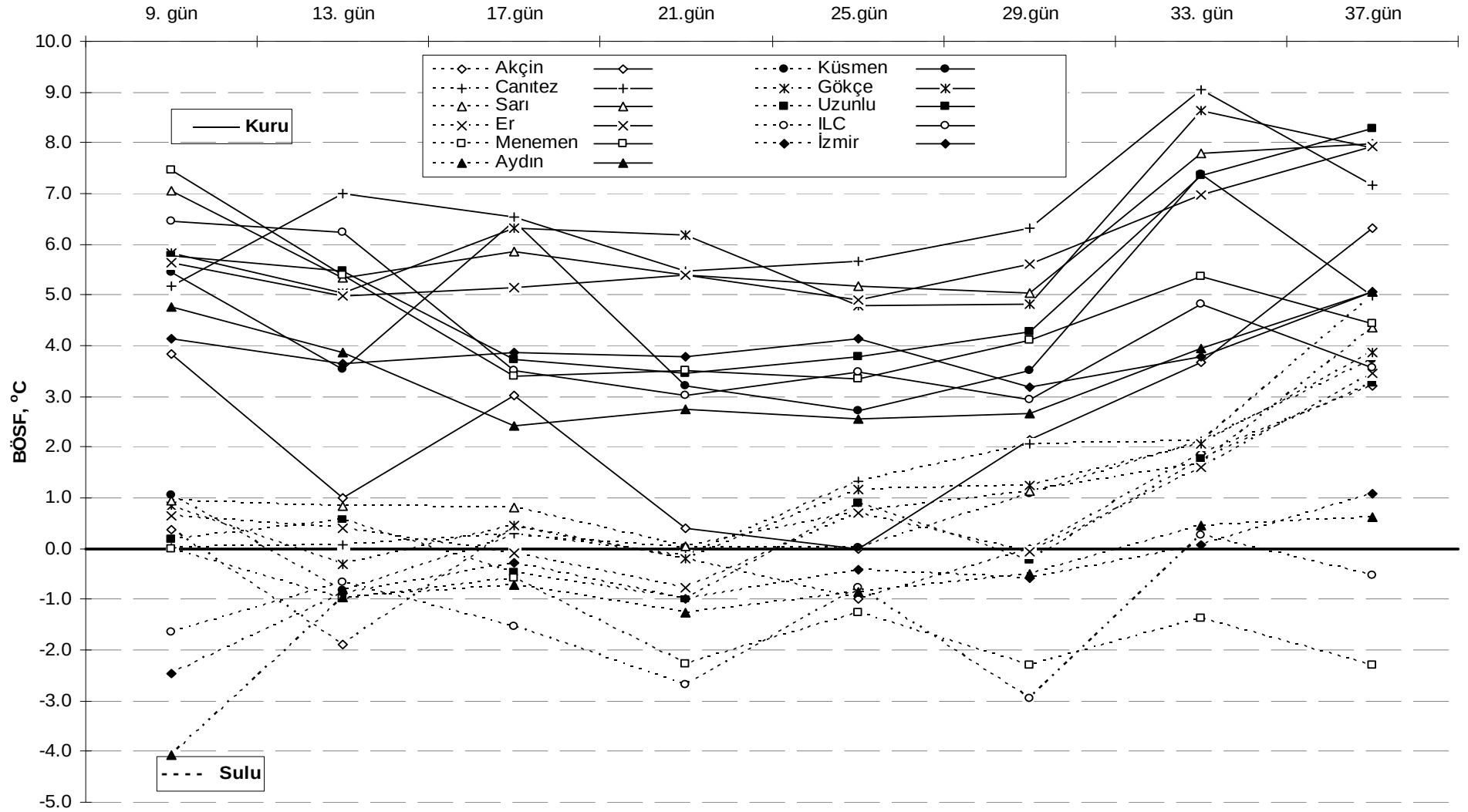
Şekil 4.34. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kuraklık hassasiyet indeksleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Kuraklığa en yüksek hassasiyeti 2007 yılında Menemen-92 çeşidinin gösterdiği, bunu ILC-195, Aydın-92 ve İzmir-92 çeşitlerinin izlediği görülmektedir. Çeşitler arasında sırasıyla Canitez-87, Küsmen, Sarı ve Akçın çeşitlerinin kuraklık stresine dayanıklı, diğer çeşitlerin ise orta derecede dayanıklı olduğu belirlenmiştir. 2008 yılı tarla denemesi sonuçlarının kuraklık hassasiyet indekslerine bakıldığında değerlerin bir önceki senenin değerlerine göre daha yüksek olduğu Şekil 34’de görülmektedir. Er-99, Akçın, Canitez-87 ve Aydın-92 çeşitlerinin KHI’leri 1.00’ in üzerinde, diğer çeşitlerin ise 1.00’ in altında olduğu belirlenmiştir. Sarı ve Uzunlu-99 çeşitlerinin KHI’leri ise sifıra en yakın değerler olmuştur.

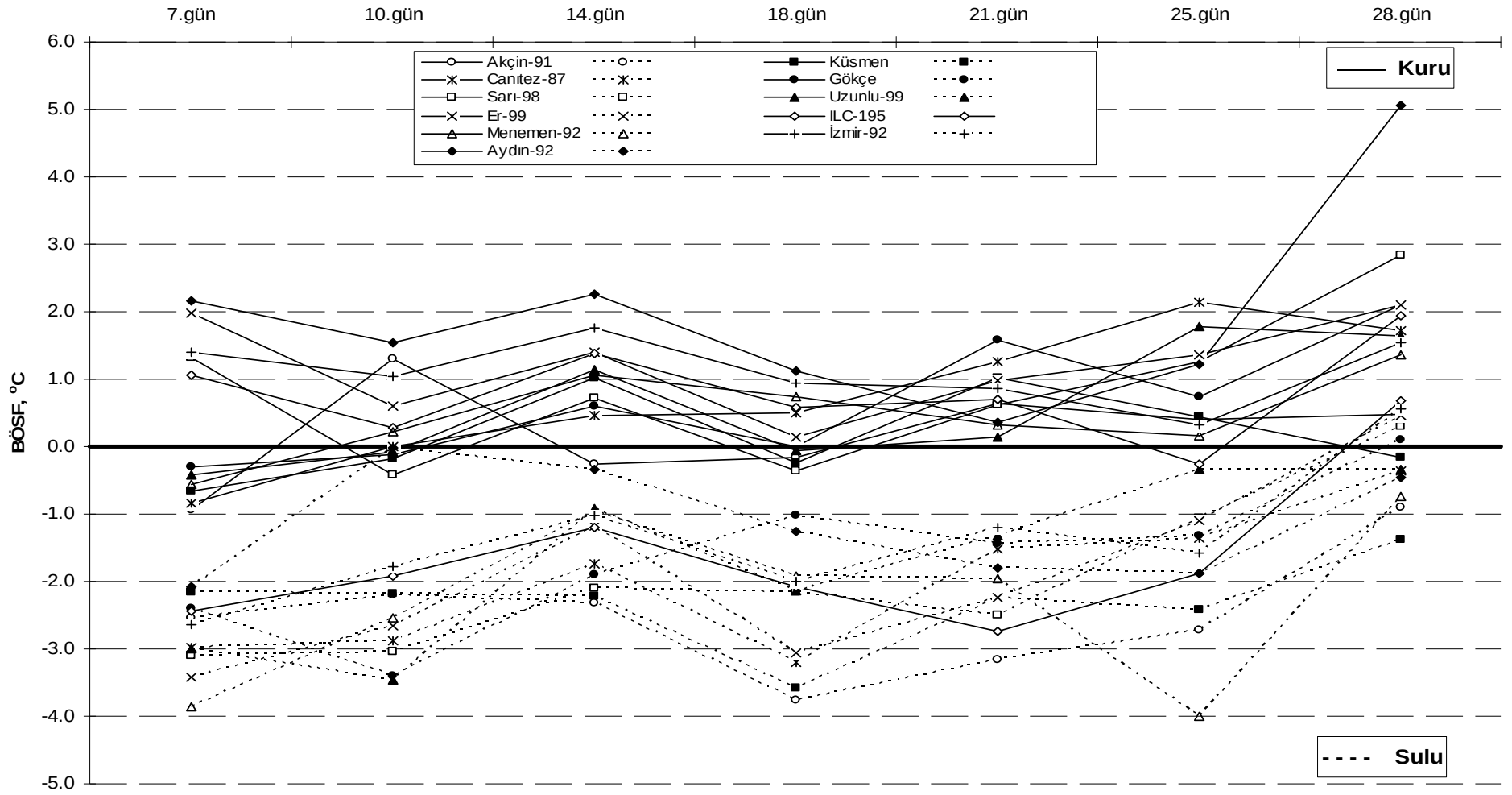
4.2.3. Bitki örtüsü sıcaklığı (Canopy Temperature):

Arazide doğrudan infrared termometre ile bitki örtüsü üzerinden temsil edecek sayıda ölçülmesiyle ortam sıcaklığı ile bitki örtüsü sıcaklığı arasındaki fark (BÖSF) olarak elde edilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin BÖSF'nin sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerin BÖSF' ndan daha değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.35). Günlük ortalama BÖSF incelendiğinde yine kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinde ortalama değerlerin daha yüksek olduğu; diğer taraftan her iki koşulda yetiştirilen bitkilerin BÖSF değerlerinin hasat zamanına yaklaştıkça yükseldiği gözlenmektedir (Şekil 4.37 ve 4.38). Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlere ait BÖSF değerleri Şekil 4.39-4.42 de verilmiştir.

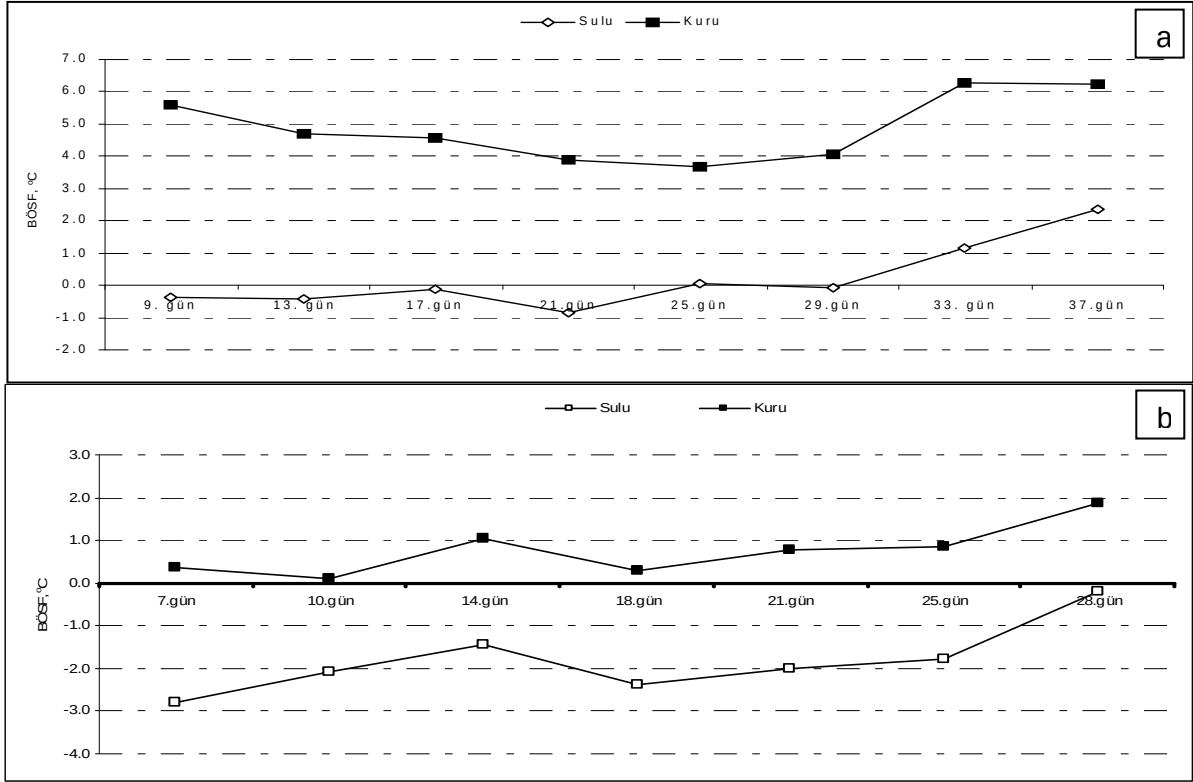
2008 yılı tarla denemesinde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin BÖSF değerleri Şekil 4.36'da verilmiştir. Sulu koşullarla kıyaslandığında kuru koşullarda elde edilen BÖSF değerleri daha yüksek olmuştur. Bu parametreler günlük sıcaklık değerlerine göre değişim göstermiştir. Ayrıca sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlere ait BÖSF değerleri Şekil 4.39-4.42'de verilmiştir.



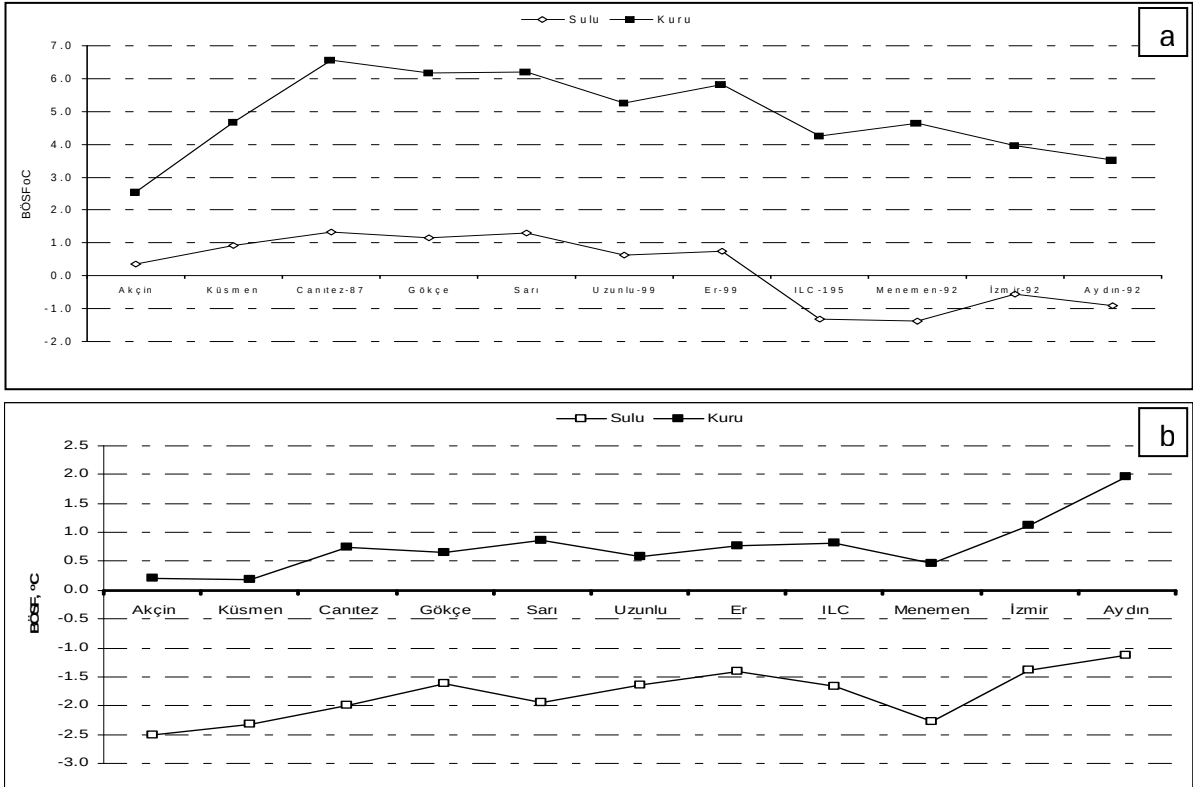
Şekil 4.35. 2007 Yılı 28 günlük gelişim döneminde sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler (Ölçüm zamanlarında alınmış ortam sıcaklıkları: 9.gün: 35-37°C; 13. gün: 32-36 °C; 17. gün: 31-40.5 °C; 21. gün: 38-41 °C; 25. gün: 30-32 °C; 29. gün: 35.6-35.7 °C; 33. gün: 32-42.4 °C; 37. gün: 41.5-46 °C)



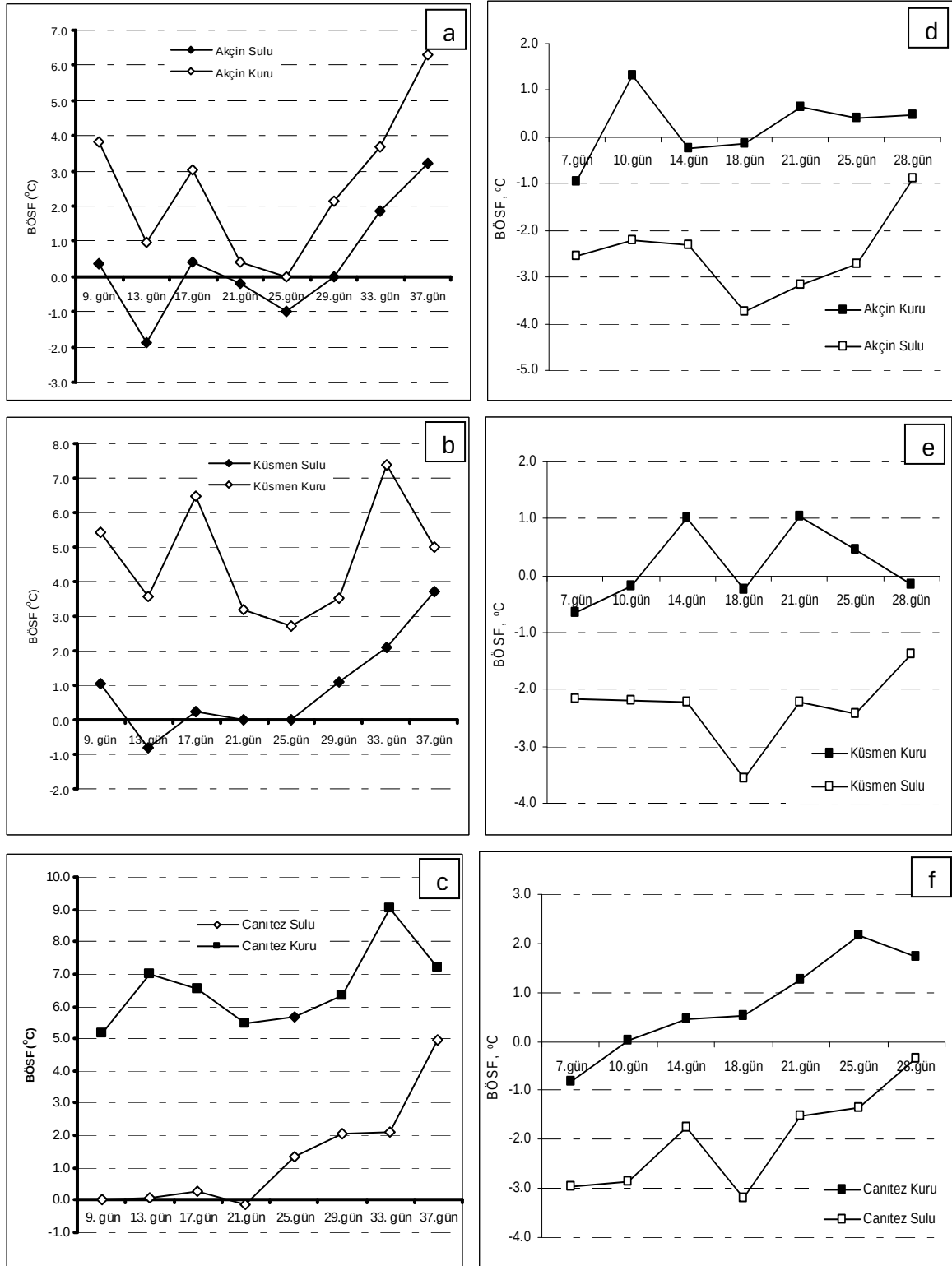
Şekil 4.36. 2008 Yılı 21 günlük gelişim döneminde sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler (Ölçüm zamanlarında alınmış ortam sıcaklıkları: 7.gün: 31.1-36°C; 10. gün: 26.9-31.7°C; 14. gün: 25-30.7 °C; 18. gün: 25.8-29.3 °C; 21. gün: 27.3-31.7 °C; 25. gün: 28-29.7 °C; 28. gün: 22-27.2 °C)



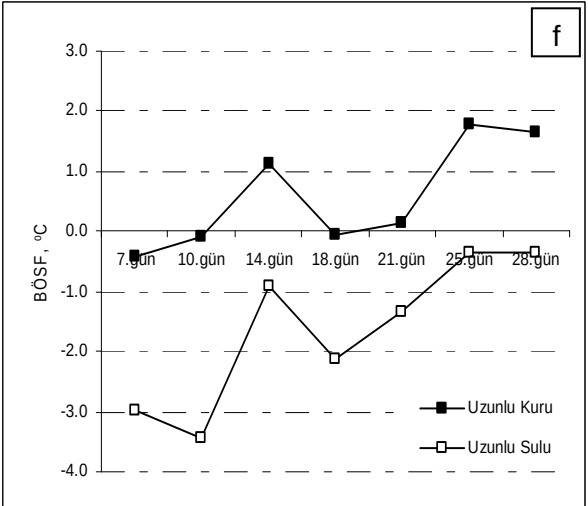
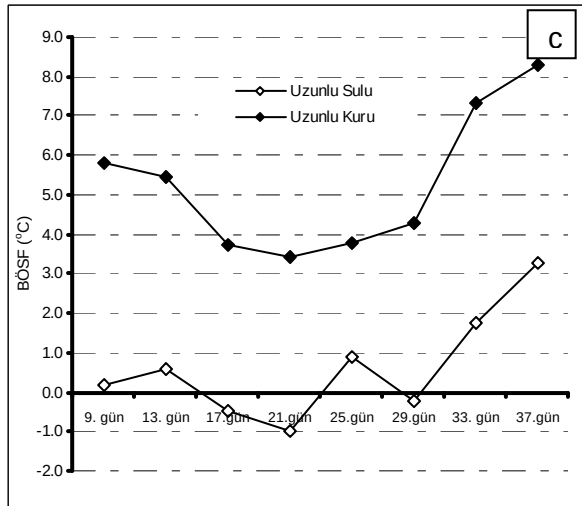
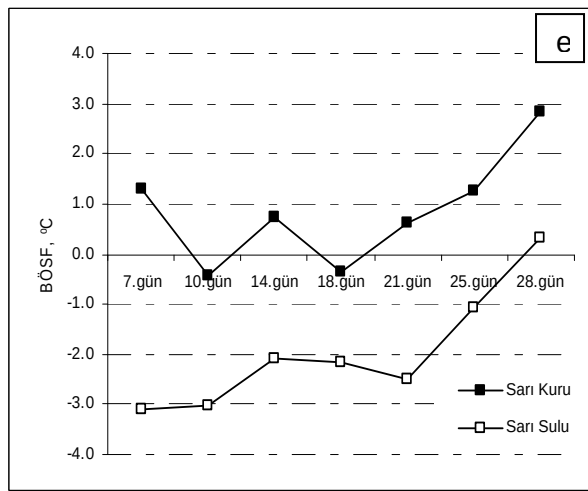
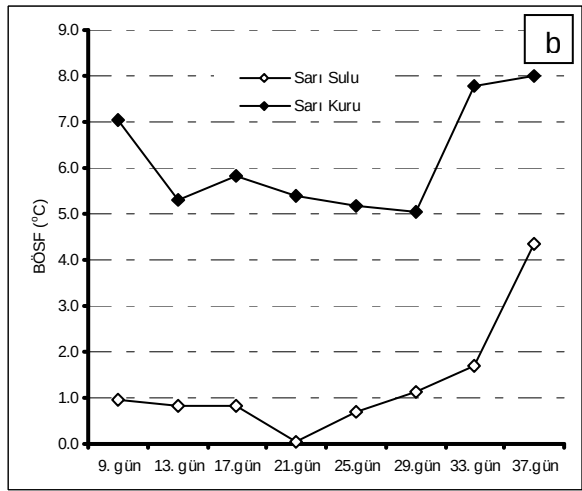
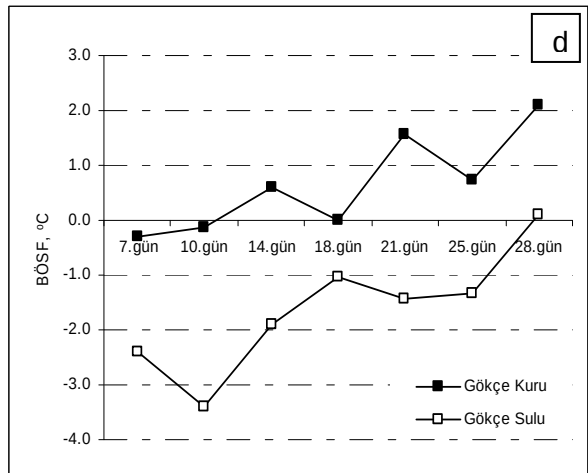
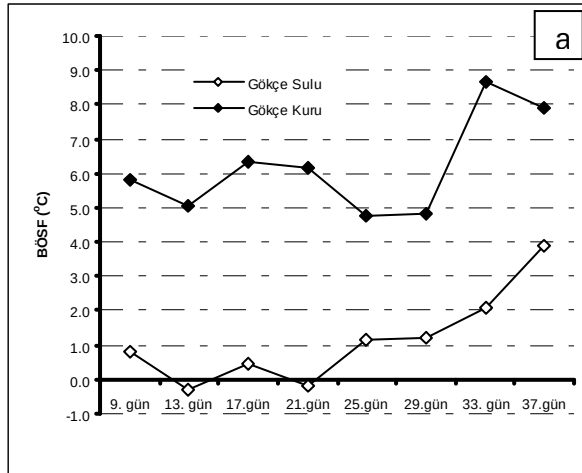
Şekil 4.37. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre sulamadan sonraki günlerde bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



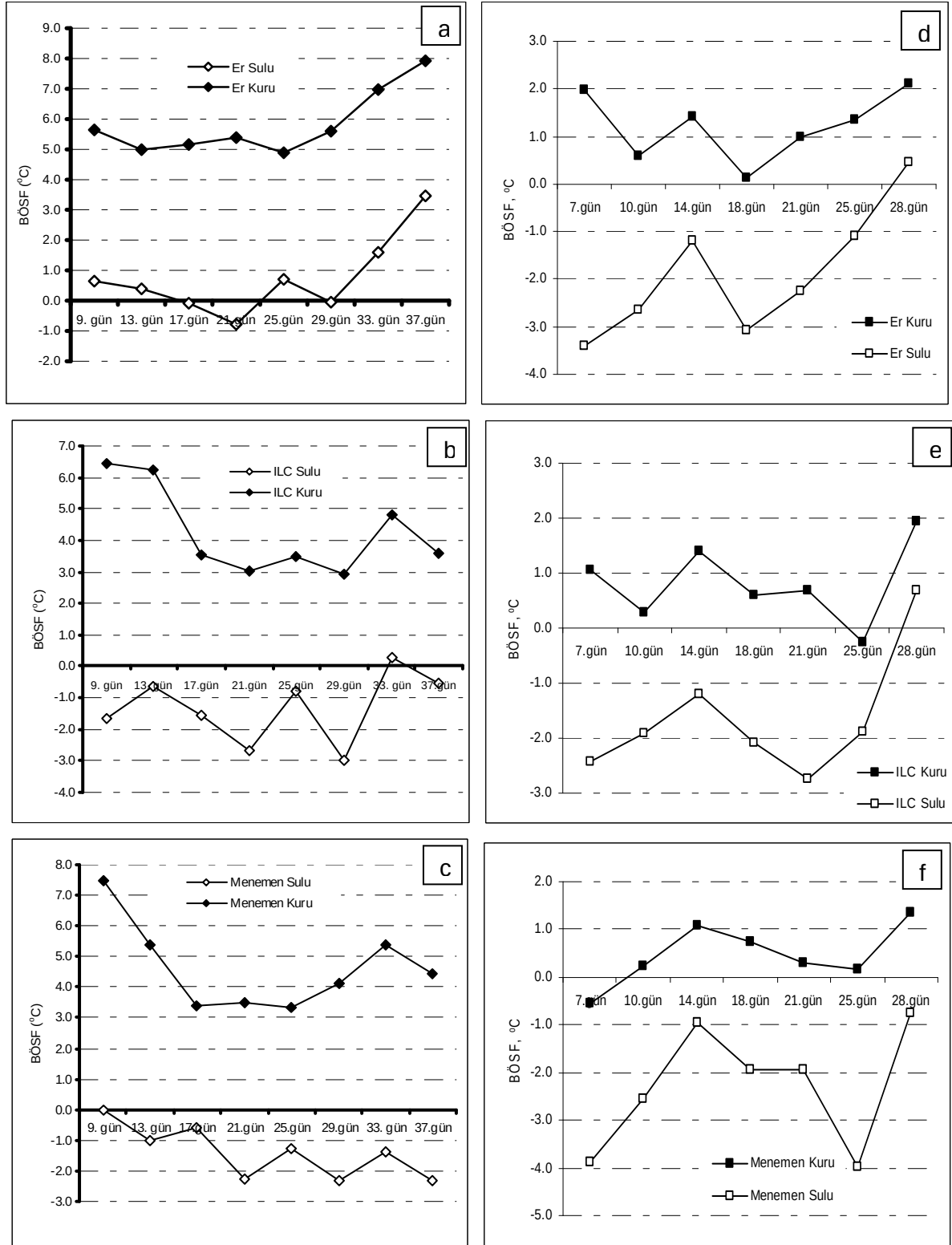
Şekil 4.38. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimlerin günlük ortalamaları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



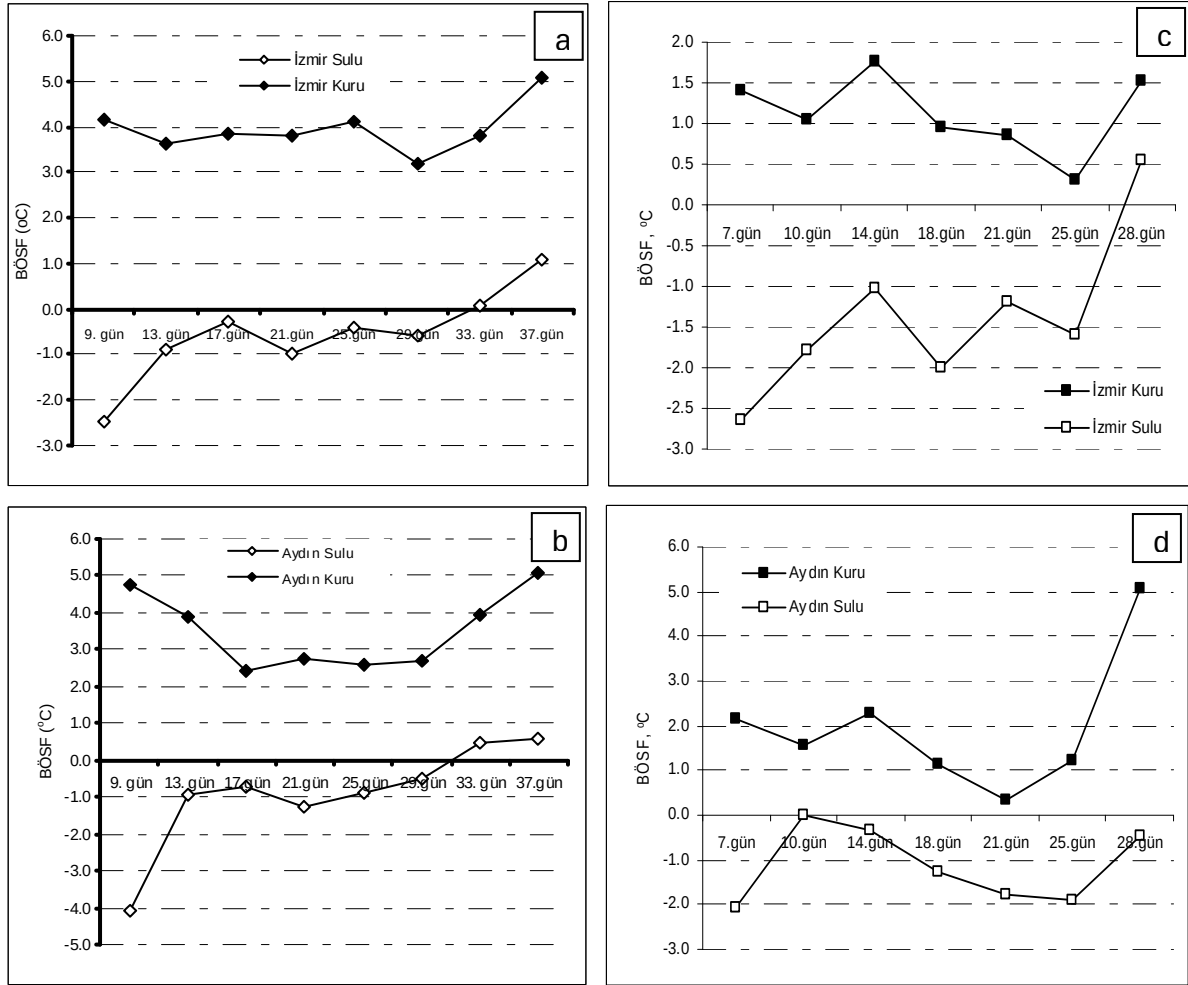
Şekil 4.39. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 Akçin, b) 2007 Küsmen, c) 2007 Canitez-87, d)2008 Akçin, e) 2008 Küsmen, f) 2008 Canitez-87



Şekil 4.40. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 Gökçe, b) 2007 Sarı, c) 2007 Uzunlu-99, d) 2008 Gökçe, e) 2008 Sarı, f) 2008 Uzunlu-99



Şekil 4.41. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 Er-99, b) 2007 ILC-195, c) 2007 Menemen-92, d) 2008 Er-99, e) 2008 ILC-195, f) 2008 Menemen-92

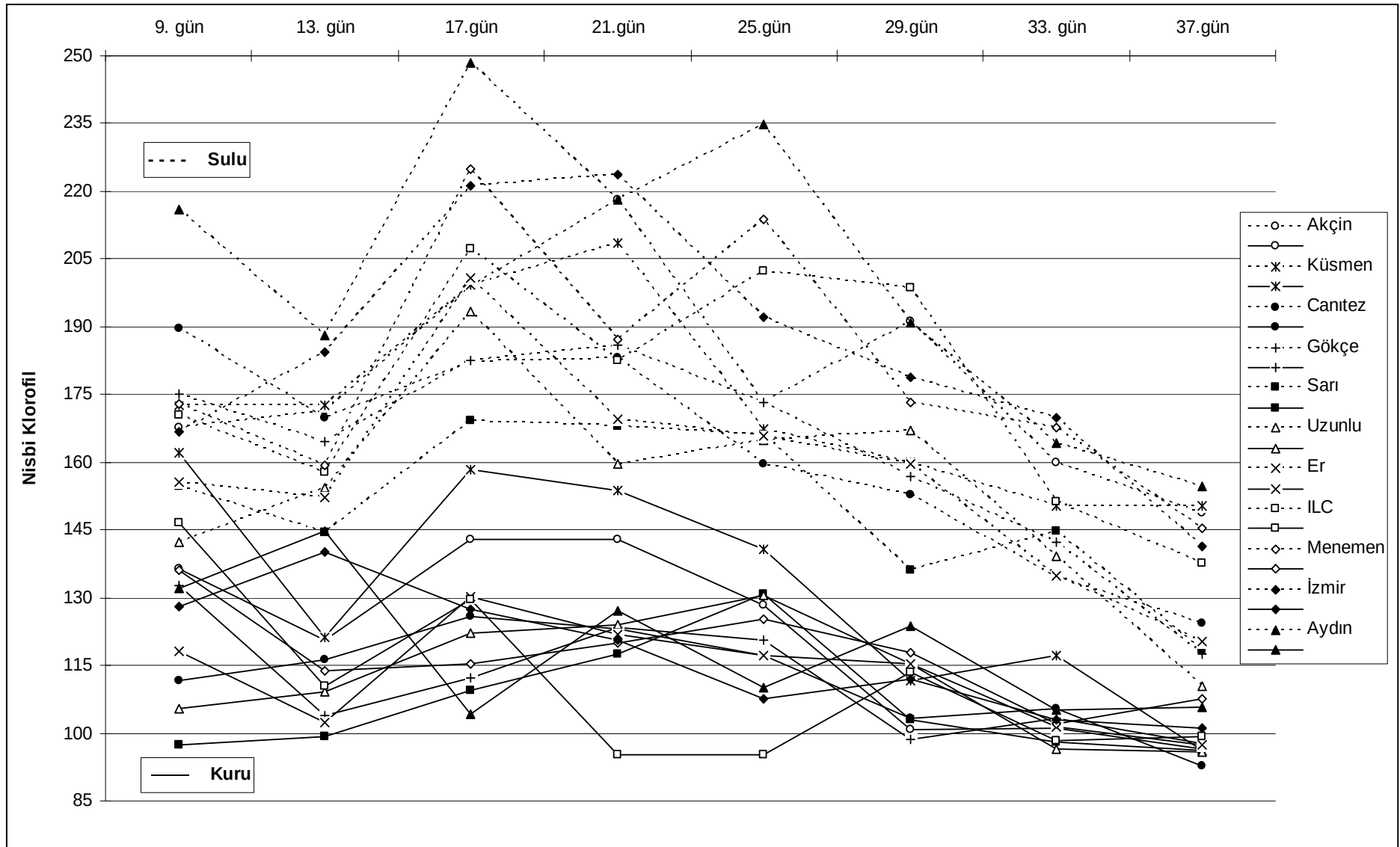


Şekil 4.42. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bitki örtüsü sıcaklıklarındaki ve ortam sıcaklıklarına göre bitki örtüsü sıcaklıklarındaki değişimler a) 2007 İzmir-92, b) 2007 Aydın-92, c) 2008 İzmir-92, d) 2008 Aydın-92

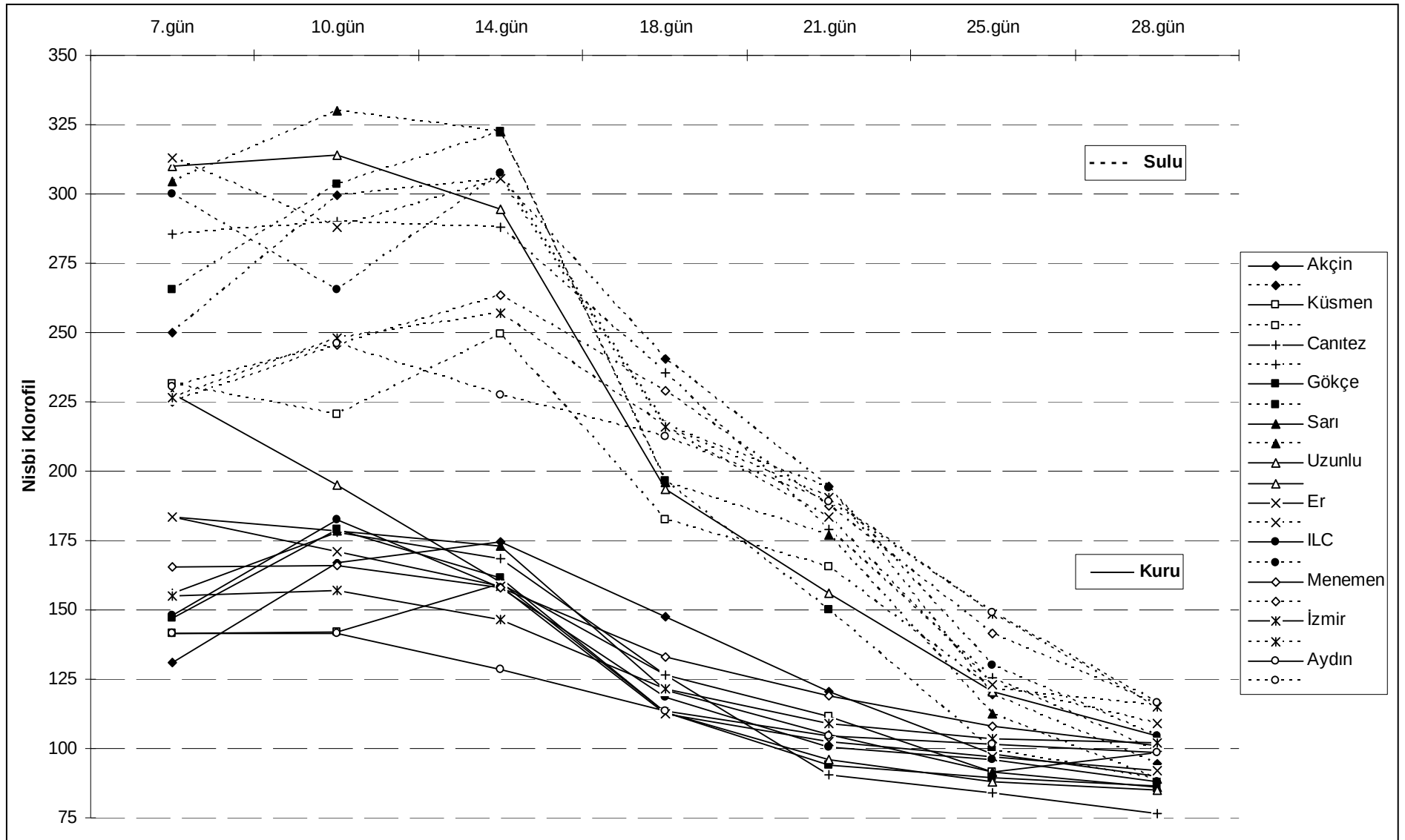
4.2.4. Nisbi klorofil

2007 yılı tarla denemesinde kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin düzenli aralıklarla ve günün aynı saatlerinde ölçülen nisbi klorofil değerleri Şekil 4.43'de gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde, sulu koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içeriklerinin, kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin nisbi klorofil içeriğinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Kuru koşullarda bitkilerin klorofil içeriklerinde azalmalar meydana gelmiştir. Her iki koşulda da yetiştirilen bitkilerin nisbi klorofil içerikleri hasat dönemine yaklaşıldıkça düşmektedir. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlere ait nisbi klorofil değerleri Şekil 4.47-4.50'de gösterilmiştir. 2008 yılında 21 günlük periyotta sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin nisbi klorofil içeriklerine ait veriler Şekil 4.44'de verilmektedir. Sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerin nisbi klorofil içerikleri kuru koşullarda

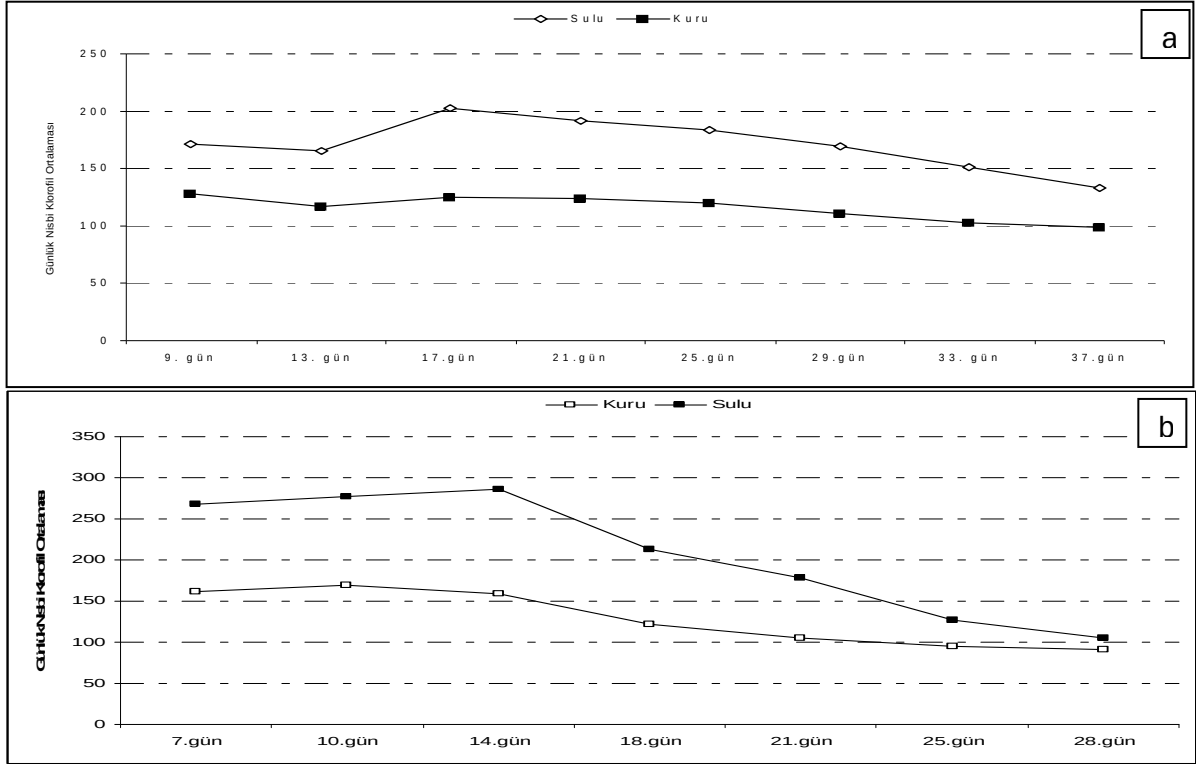
yetiştirilen çeşitlerle kıyaslandığında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum stres ortamında pigmentlerin parçalanmasından dolayı oldukça doğaldır. 2007 yılı tarla ve sera denemelerinde elde edilen klorofil değerleri ile uyuşmaktadır. Hasat dönemine yaklaşıldıkça her iki koşulda da yetiştirilen çeşitlerin nisbi klorofil içeriklerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin her birine ait nisbi klorofil değerleri şekil 4.47-4.50’de verilmiştir.



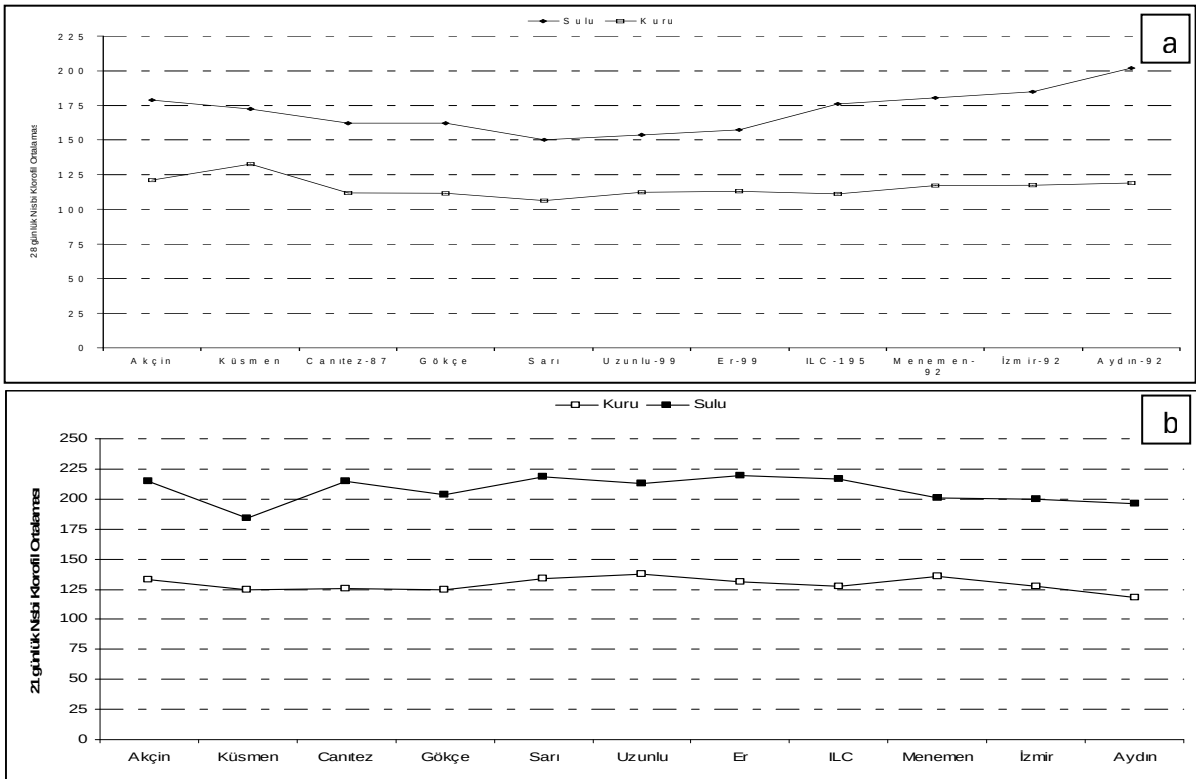
Şekil 4.43. 2007 Yılı 28 günlük periyotta sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri



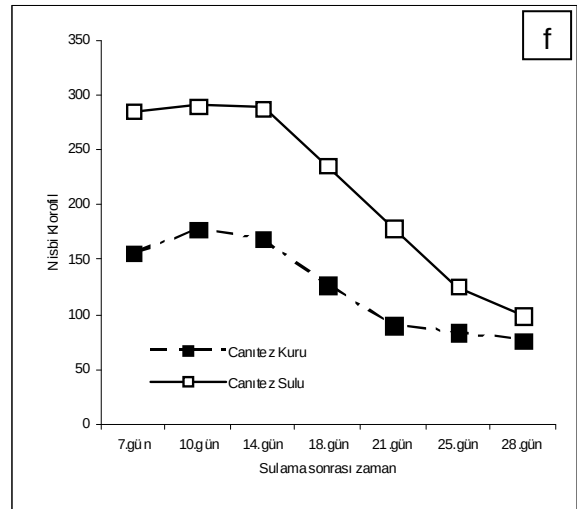
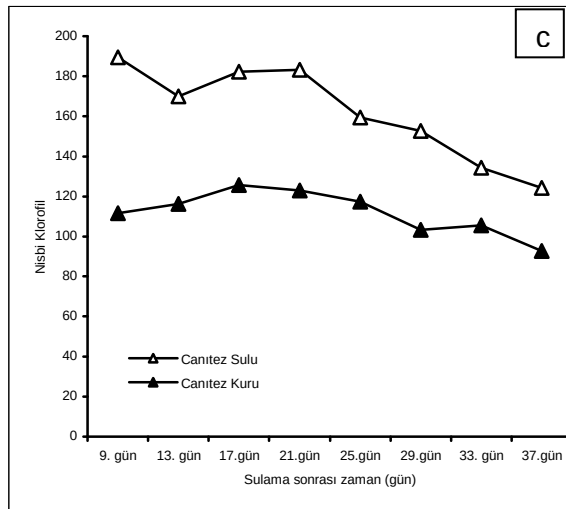
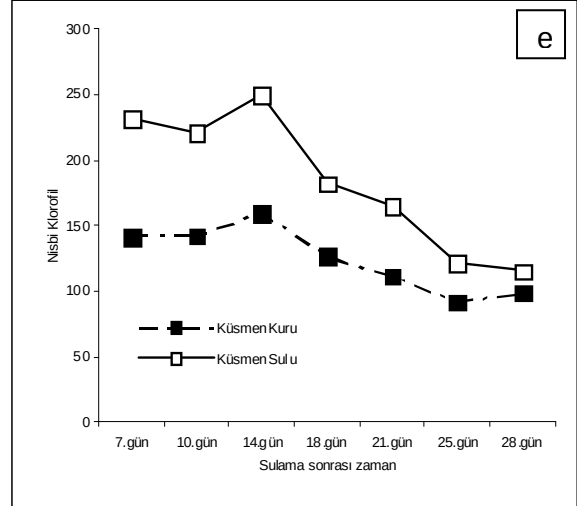
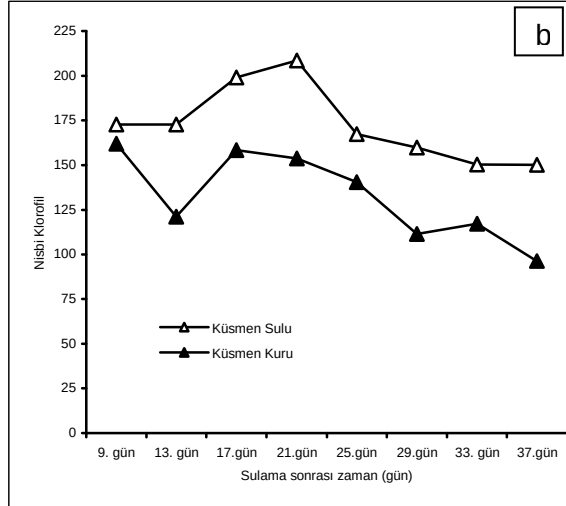
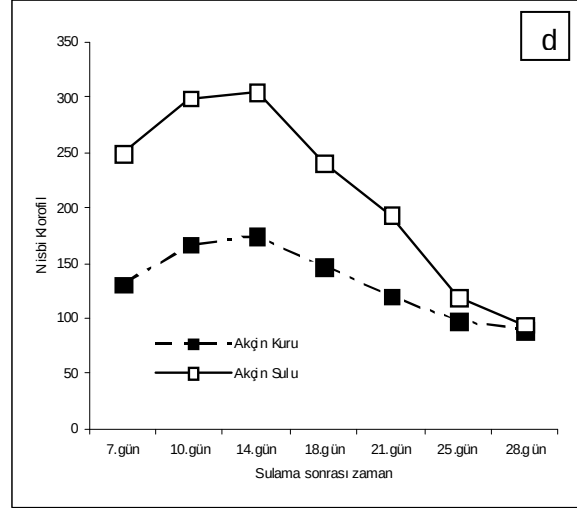
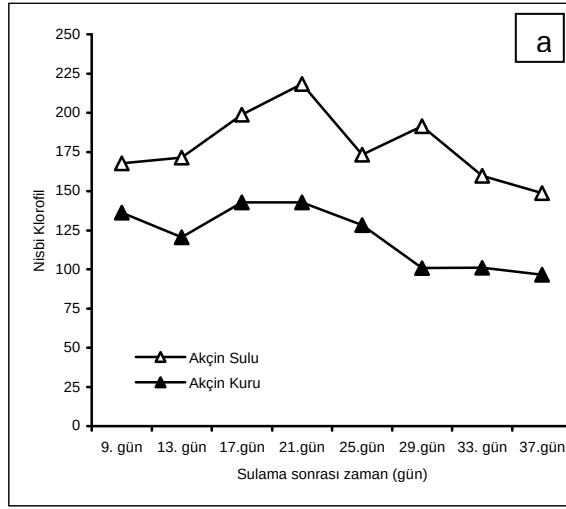
Şekil 4.44. 2008 Yılı 21 günlük periyotta sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri



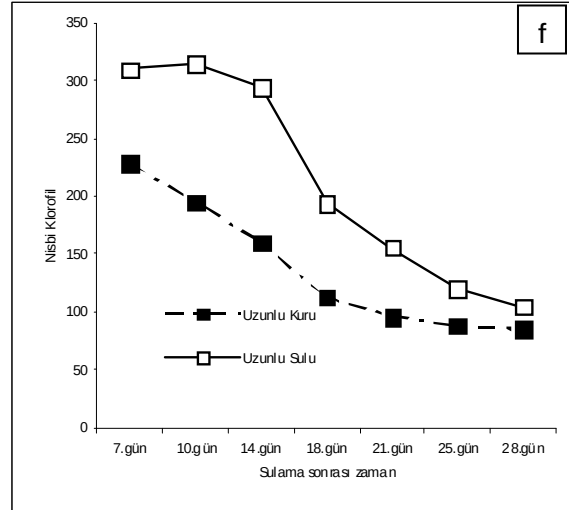
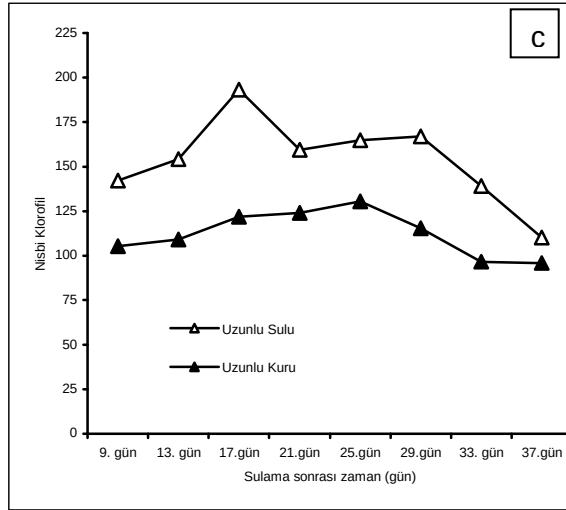
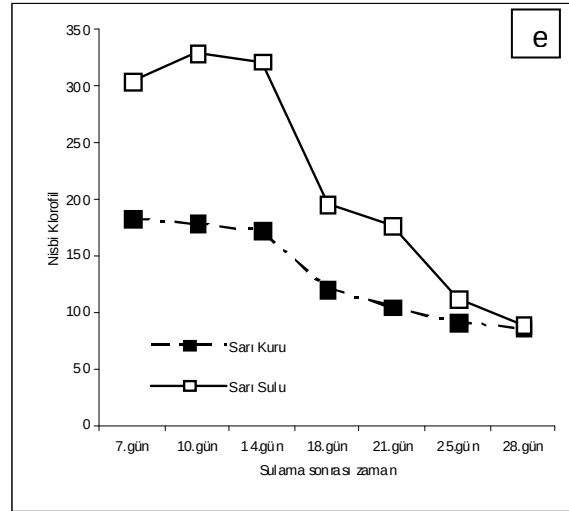
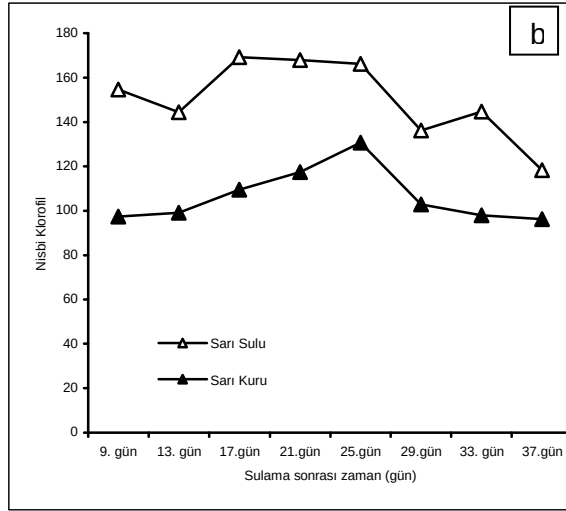
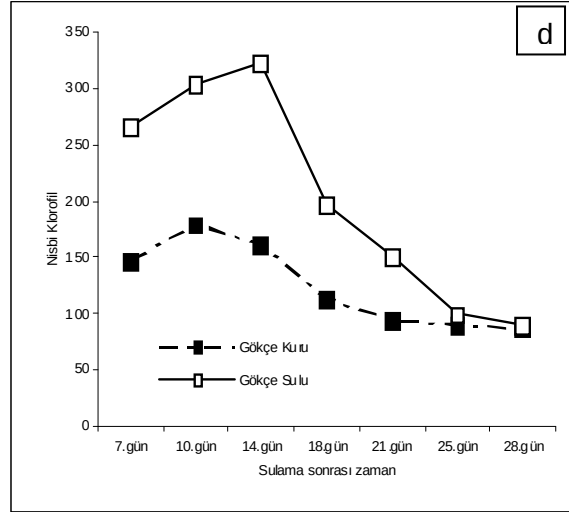
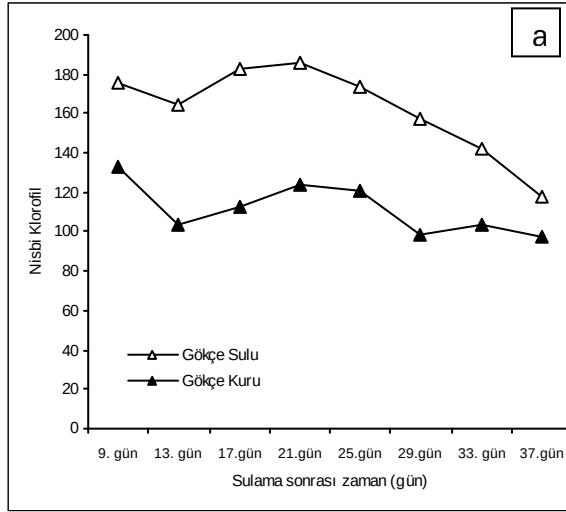
Şekil 4.45. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin günlük ortalama nisbi klorofil içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



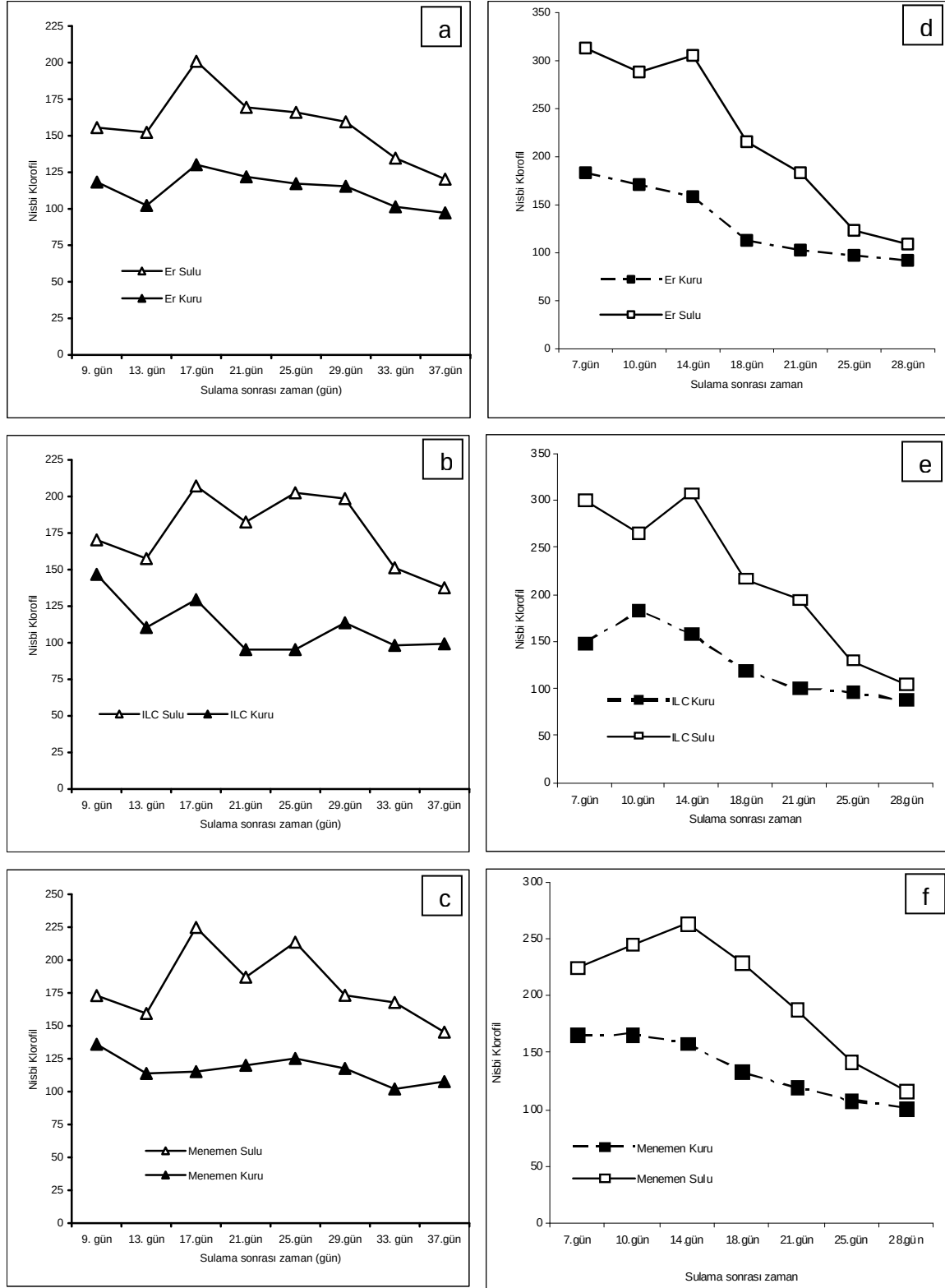
Şekil 4.46. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içeriklerinin günlük ortalamaları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



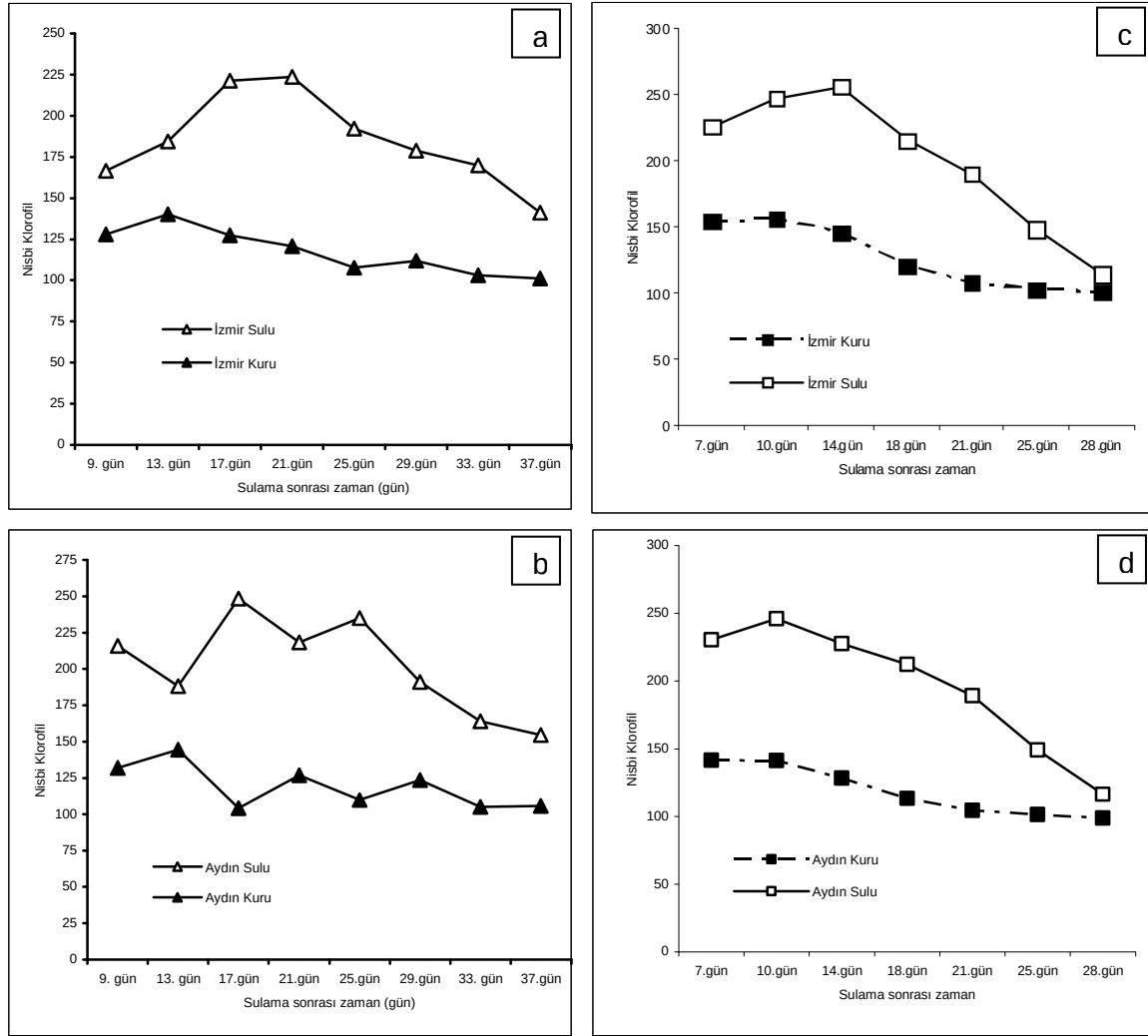
Şekil 4.47. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 Akçin, b) 2007 Küsmen, c) 2007 Canitez-87, d) 2008 Akçin, e) 2008 Küsmen, f) 2008 Canitez-87



Şekil 4. 48. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 Gökçe, b) 2007 Sarı, c) 2007 Uzunlu-99, d) 2008 Gökçe, e) 2008 Sarı, f) 2008 Uzunlu-99



Şekil 4.49. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 Er-99, b) 2007 ILC-195, c) 2007 Menemen-92, d) 2008 Er-99, e) 2008 ILC-195, f) 2008 Menemen-92



Şekil 4.50. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi klorofil içerikleri a) 2007 İzmir-92, b) 2007 Aydın-92, c) 2008 İzmir-92, d) 2008 Aydın-92

4.2.5. Membran stabilite indksi (MSİ), nisbi nem içeriği (NNİ) ve yaprak su tutma kapasitesi (YSTK)

2007 ve 2008 yılında yürütülen tarla denemesinde kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin fizyolojik parametreleri yönünden stres etmenine göstermiş oldukları tepkiler Çizelge 4.9 ve Şekil 4.51-4.53' verilmiştir. 2007 yılında Küsmen ve Aydın-92 çeşitleri dışında tüm çeşitlerin kuru koşullar altında MSİ' leri düşmüştür. Er-99 ve Menemen-92 çeşitlerinin kuru koşullardaki MSİ değerleri diğer çeşitlerden daha düşük olmuştur (Çizelge 4.9 ve Şekil 4.51). Akçin, ILC-195 ve İzmir-92 çeşitleri haricinde tüm çeşitlerin kuru

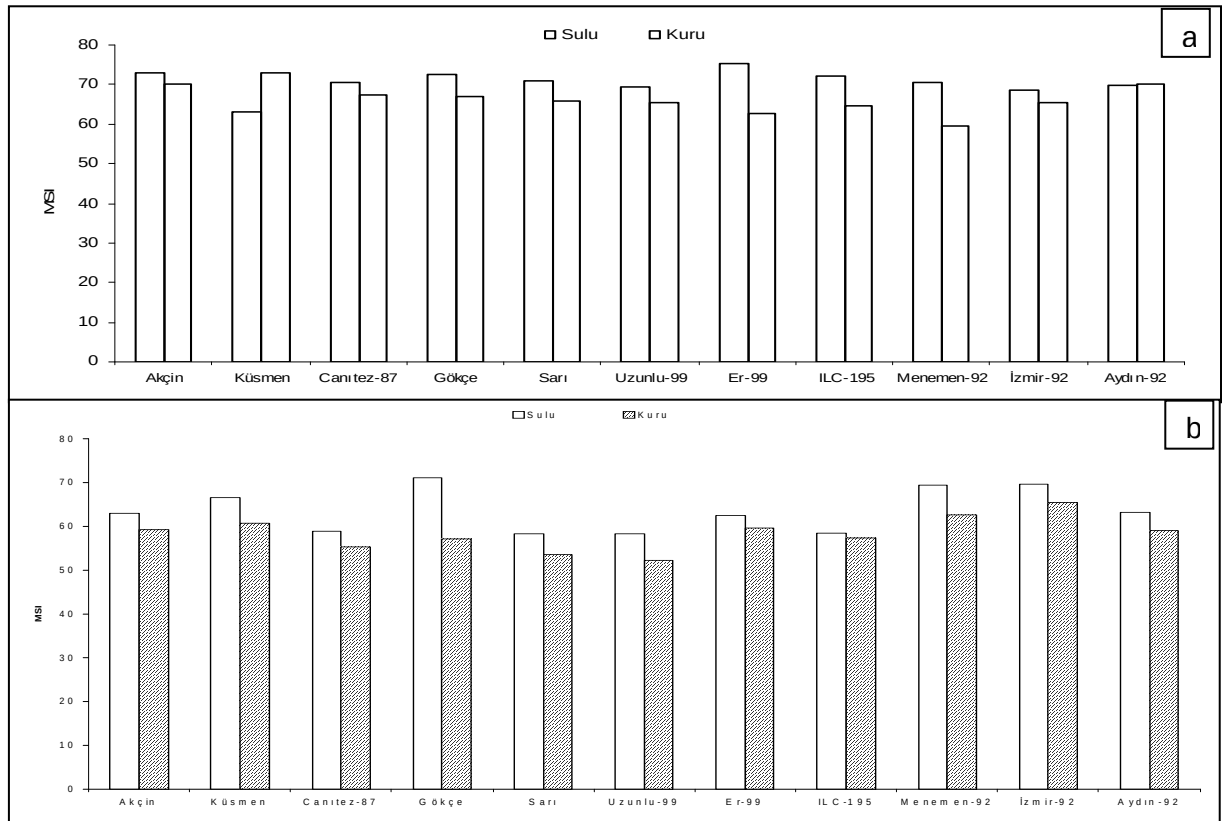
koşullarda elde edilen NNI'nin sulu koşullara göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4.52). Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler arasında, sulu koşullarla kıyaslandığında NNI en yüksek olan çeşitler sırasıyla Canitez-87, Aydın-92 ve Uzunlu-99'dur. Şekil 4.53'de sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin yaprak su tutma kapasiteleri gösterilmektedir. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin YSTK değerleri ile sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerin YSTK değerleri farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu parametreye göre bazı çeşitler kuru koşullarda daha yüksek, bazı çeşitler ise daha düşük değerler göstermiştir.

Çizelge 4.9. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin membran stabilite indeksi (MSİ), nisbi nem içeriği (NNİ) ve yaprak su tutma kapasitesi (YSTK) sonuçları

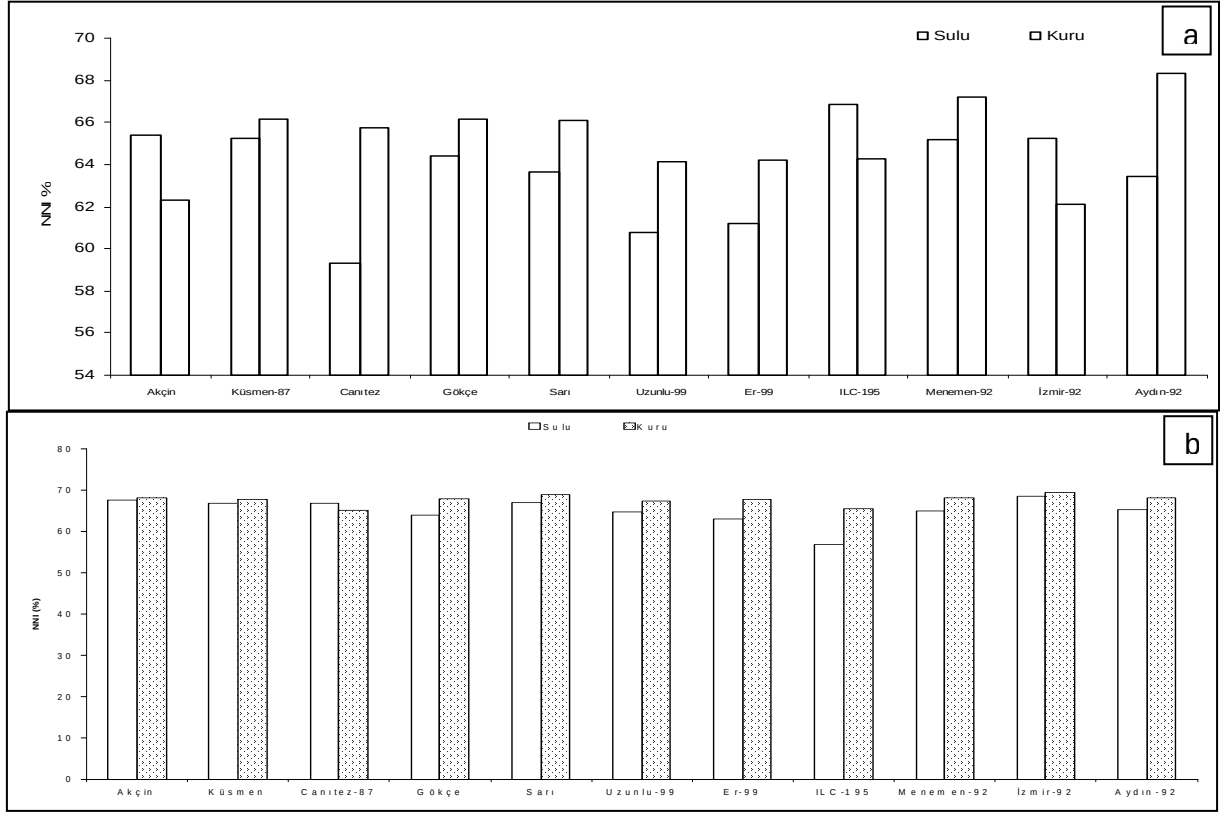
2007 YILI	MSİ		NNİ, %		YSTK	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	72.89	70.07	65.41	62.35	0.218	0.151
Küsmen	63.21	72.85	65.23	66.16	0.218	0.214
Canitez-87	70.57	67.58	59.30	65.73	0.137	0.127
Gökçe	72.66	67.10	64.39	66.19	0.123	0.174
Sarı	70.83	65.82	63.62	66.11	0.131	0.138
Uzunlu-99	69.43	65.57	60.80	64.12	0.126	0.131
Er-99	75.45	62.73	61.17	64.19	0.172	0.138
ILC-195	72.31	64.48	66.84	64.26	0.186	0.141
Menemen-92	70.58	59.45	65.15	67.17	0.213	0.126
İzmir-92	68.47	65.60	65.26	62.14	0.104	0.113
Aydın-92	69.60	70.15	63.41	68.36	0.152	0.141
F uygulama	33.9**		3.45*		11.45**	
F çeşit	2.17öd		1.18öd		12.72**	
F interaksiyon	6.68**		1.48öd		5.51**	
2008 YILI	MSİ		NNİ, %		YSTK	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	63.0	59.3	67.60	68.05	0.119	0.106
Küsmen	66.5	60.7	66.77	67.61	0.103	0.178
Canitez-87	58.8	55.3	66.68	65.10	0.064	0.093
Gökçe	71.0	57.0	63.87	67.93	0.087	0.089
Sarı	58.3	53.5	66.89	68.87	0.083	0.095
Uzunlu-99	58.2	52.2	64.66	67.30	0.102	0.068
Er-99	62.4	59.6	63.00	67.68	0.115	0.071
ILC-195	58.4	57.4	56.67	65.35	0.114	0.090
Menemen-92	69.5	62.6	64.91	68.04	0.077	0.066
İzmir-92	69.6	65.5	68.44	69.44	0.092	0.060
Aydın-92	63.2	59.1	65.20	68.14	0.109	0.086
F uygulama	27.87**		4.95**		0.92öd	
F çeşit	6.43**		1.10öd		3.99**	
F interaksiyon	1.06öd		0.47öd		3.15**	

öd: önemli değil, *: $p < 0.05$ ve **: $p < 0.01$ düzeyinde önemli

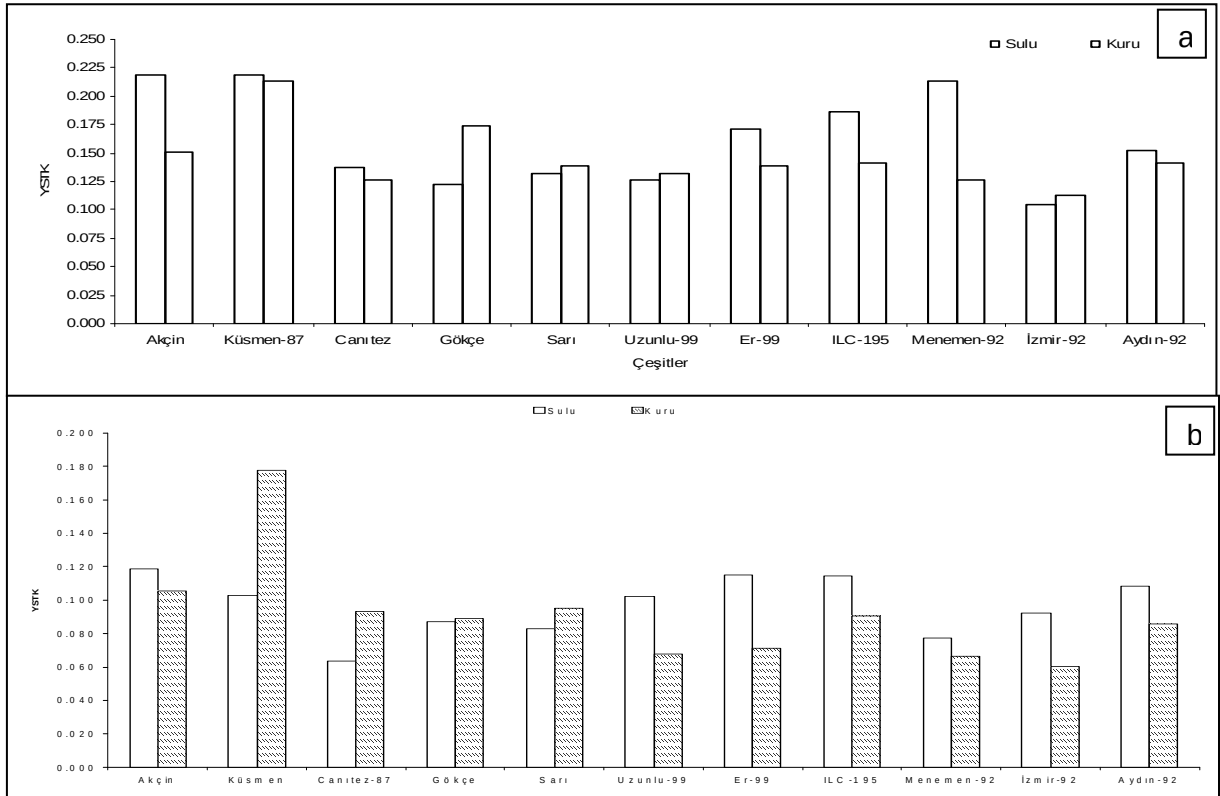
Çizelge 4.9’ da verilen 2008 yılı tarla denemesi sonuçlarına göre tüm çeşitlerin membran stabilite indeksleri (MSİ) kuru koşullarda azalmıştır. Kuru koşullarda yetiştirilen İzmir-92, Menemen-92 ve Küsmen çeşitlerinin MSİ değerlerinin diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.51). Kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi nem içeriklerinin (NNİ) ise Canitez-87 çeşidi haricinde sulu koşullarla kıyaslandığında yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 4.52).Yaprak su tutma kapasiteleri (YSTK) değerlendirildiğinde, çeşitlerin farklı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen Küsmen, Canitez-87, Sarı ve Gökçe çeşitlerinin yaprak su tutma kapasiteleri sulu koşullarla kıyaslandığında artmış, diğer çeşitlerin ise azalmıştır (Şekil 4.53).



Şekil 4.51. Sulu ve kuru koşullarda taralada yetiştirilen nohut çeşitlerinin membran stabilite indeksi (MSI) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.52. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin nisbi nem içeriği (NNI) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.53. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin yaprak su tutma kapasitesi (YSTK) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.2.6. Lipid peroksidasyonu (MDA), hidrojen peroksit (H₂O₂), prolin ve askorbik asit içerikleri (AA)

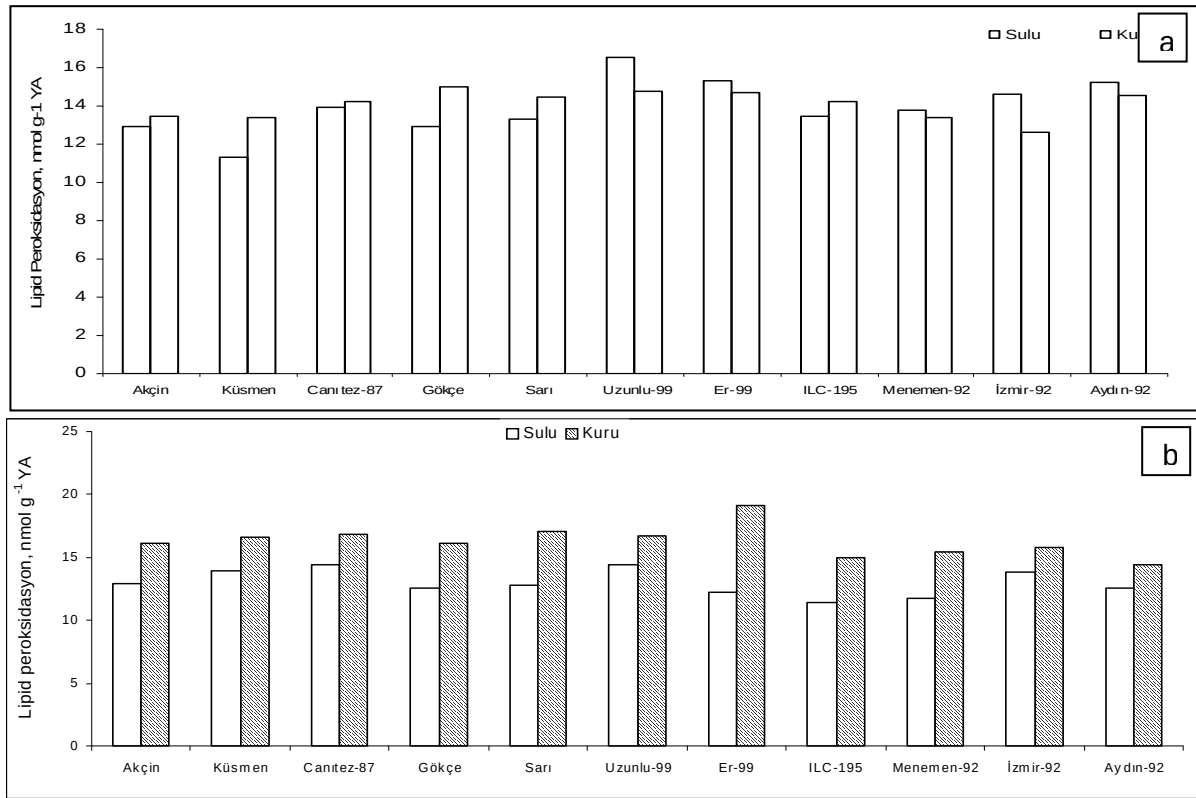
Sulu ve kuru koşullarda 2007 ve 2008 yılında tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonu (MDA), hidrojen peroksit (H₂O₂), prolin ve askorbik asit içerikleri Çizelge 4.10 ve Şekil 4.54- 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonu (MDA), H₂O₂, prolin ve askorbik asit (AA) içerikleri

2007 YILI	Lipid Peroksidasyon, nmol g ⁻¹ YA		H ₂ O ₂ , μmol g ⁻¹ YA		Prolin, μmol g ⁻¹ YA		Askorbik Asit, μmol g ⁻¹ YA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	12.90	13.45	19.64	47.72	4.93	4.36	37.08	34.21
Küsme	11.29	13.42	17.62	54.16	3.37	2.72	32.23	37.03
Canitez-87	13.94	14.23	31.85	49.37	8.59	4.71	46.29	50.63
Gökçe	12.90	15.00	39.86	59.93	9.18	7.99	44.24	49.71
Sarı	13.32	14.48	31.10	40.01	8.77	9.38	52.32	51.37
Uzunlu-99	16.52	14.74	17.32	29.15	8.52	6.46	39.66	46.16
Er-99	15.32	14.68	8.63	28.93	7.34	5.87	45.36	46.00
ILC-195	13.48	14.26	25.41	77.90	4.72	7.02	34.22	38.32
Menemen-92	13.81	13.42	23.38	51.17	5.08	6.88	30.99	36.15
İzmir-92	14.61	12.65	40.31	76.18	6.37	8.82	46.49	50.61
Aydın-92	15.23	14.55	69.59	91.53	6.45	4.71	46.84	45.38
F uygulama	0.22öd		675**		1.26öd		4.37**	
F çeşit	3.28**		111**		8.61**		9.28**	
F interaksiyon	1.92*		14.6**		2.85**		0.57öd	
2008 YILI	Lipid Peroksidasyon, nmol g ⁻¹ YA		H ₂ O ₂ , μmol g ⁻¹ YA		Prolin, μmol g ⁻¹ YA		Askorbik Asit, μmol g ⁻¹ YA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	12.87	16.10	12.53	31.55	2.78	3.66	59.51	67.19
Küsme	13.94	16.55	13.50	29.67	2.40	6.58	47.71	50.25
Canitez-87	14.35	16.77	16.20	24.13	3.36	6.05	53.95	63.83
Gökçe	12.52	16.16	12.30	26.45	2.14	4.40	54.13	59.55
Sarı	12.84	17.10	18.74	26.60	2.70	5.58	59.27	65.56
Uzunlu-99	14.45	16.74	13.20	38.21	4.34	7.97	56.12	62.35
Er-99	12.19	19.16	15.52	36.34	4.72	9.66	56.28	67.35
ILC-195	11.35	14.94	26.23	49.07	4.25	7.48	59.24	66.01
Menemen-92	11.74	15.48	28.03	42.55	4.09	6.55	59.98	70.55
İzmir-92	13.84	15.81	15.22	30.80	3.41	8.07	56.10	63.86
Aydın-92	12.52	14.42	22.86	35.96	4.32	11.09	51.83	59.86
F uygulama	148**		224**		133**		195**	
F çeşit	3.95**		11.5**		8.46**		25.8*	
F interaksiyon	2.52*		2.40*		2.49*		1.93*	

öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli

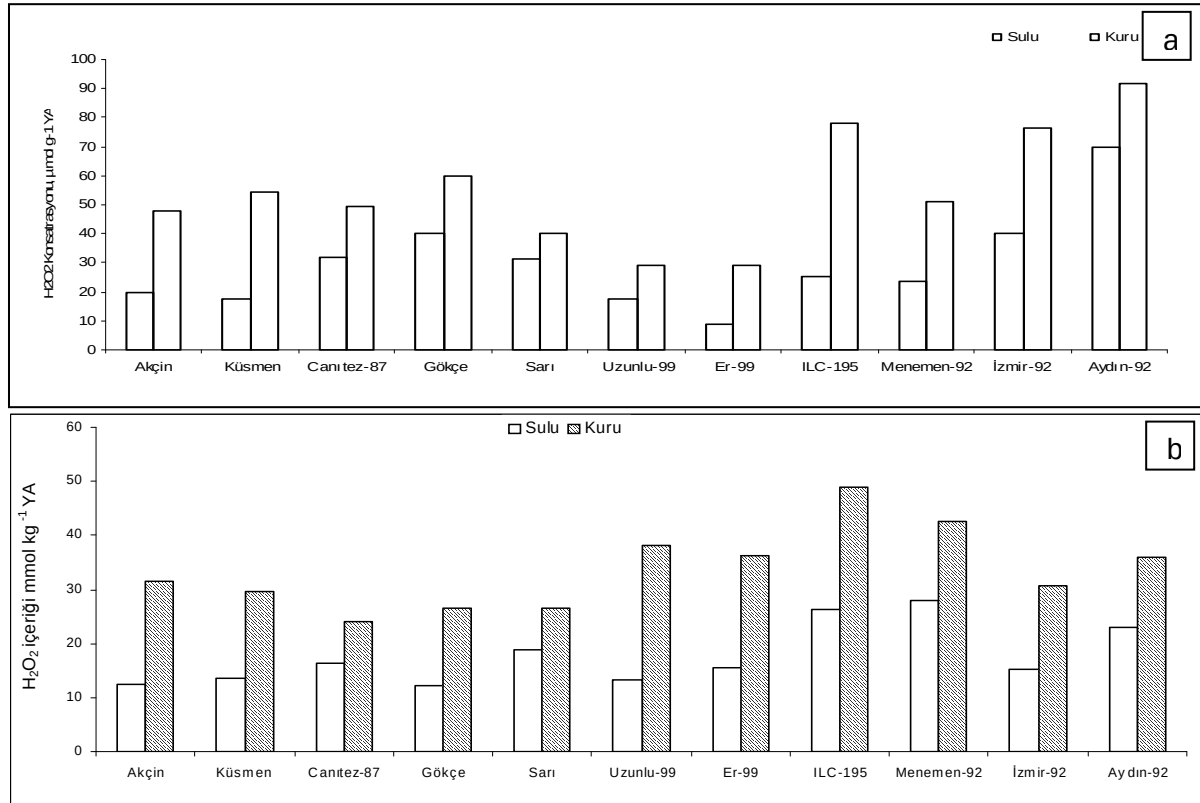
Nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonu üzerine kuraklığın etkisini gösteren Çizelge 4.10 ve Şekil 4.54' ün incelenmesinden görüleceği gibi, 2007 yılı tarla denemesinde, uygulanan kuraklık stresi Akçin, Küsmen, Canitez-87, Gökçe, Sarı ve ILC-195 çeşitlerinin lipid peroksidasyonlarını artırmıştır. Sulu koşullarla karşılaştırıldığında kuru koşullarda yetiştirilen ve lipid peroksidasyonlarında artış görülen çeşitlerden özellikle Canitez-87, Akçin ve ILC-195 çeşitlerinin, lipidlerinin daha az zarar gördüğü belirlenmiştir. Uzunlu-99, Er-99, Menemen-92, İzmir-92 ve Aydın-92 çeşitlerinin lipid peroksidasyonlarının ise kuru koşullarda yetiştirildiğinde sulu koşullara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. 2008 yılı tarla denemesinde yetiştirilen nohut çeşitlerin tamamında kuraklık uygulaması sonucu lipid peroksidasyon düzeyleri yükselmiştir (Şekil 4. 54).



Şekil 4.54. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin lipid peroksidasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

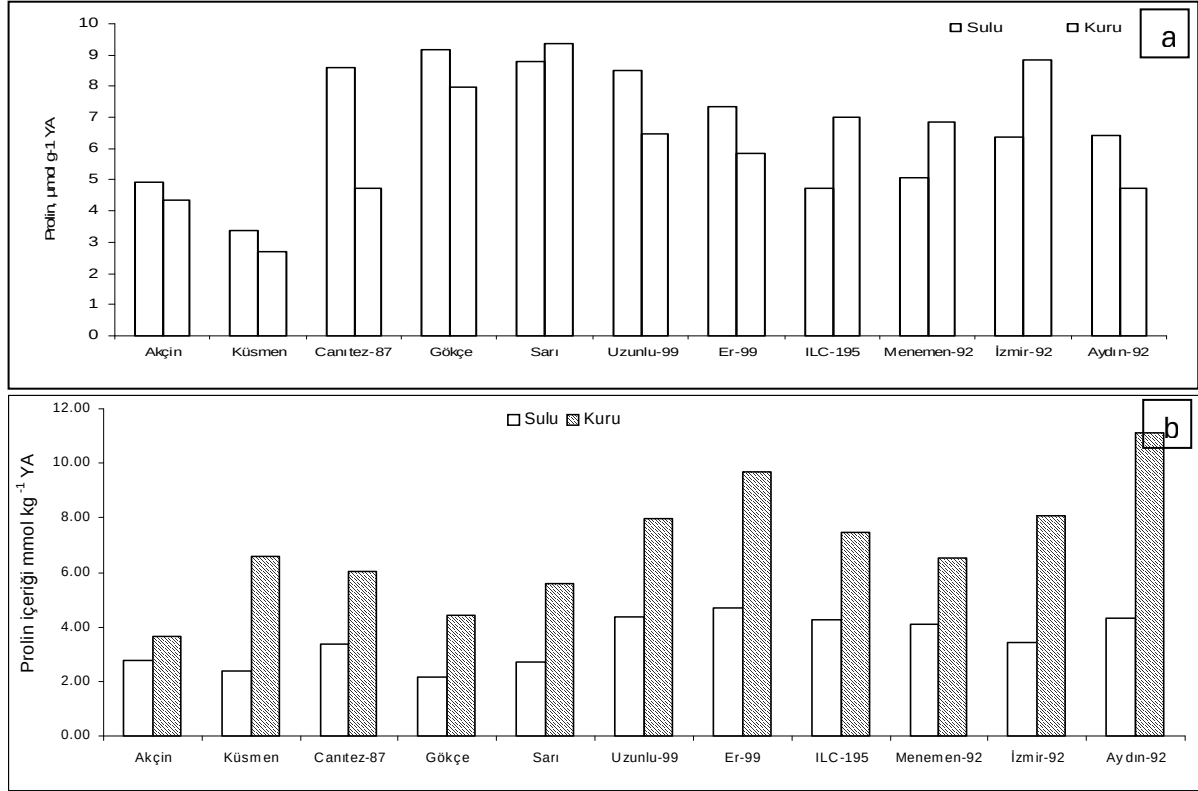
Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin H₂O₂ konsantrasyonlarında farklılıklar olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.10 ve Şekil 4.55). Kuru koşullarda çeşitlerin H₂O₂ düzeyleri sulu koşullara göre artmıştır. Kuru koşullarda meydana gelen H₂O₂ konsantrasyonlarındaki oransal artışın en yüksek olduğu çeşitler Er-99, ILC-195, İzmir-92 ve Küsmen çeşitleridir. Bunları sırasıyla; Akçin, Menemen-92, Aydın-92, Gökçe ve Canitez-87 çeşitleri izlemiştir.

Uzunlu-99 ve Sarı çeşitlerinin kuru koşullarda H_2O_2 konsantrasyonlarındaki oransal artışın ise diğer çeşitlere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. 2008 yılı tarla denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen bütün çeşitlerin H_2O_2 içeriklerinde sulu koşullara göre artış belirlenmiştir. En yüksek artış Uzunlu-99, en düşük artış ise Canitez-87 çeşidinde olmuştur.



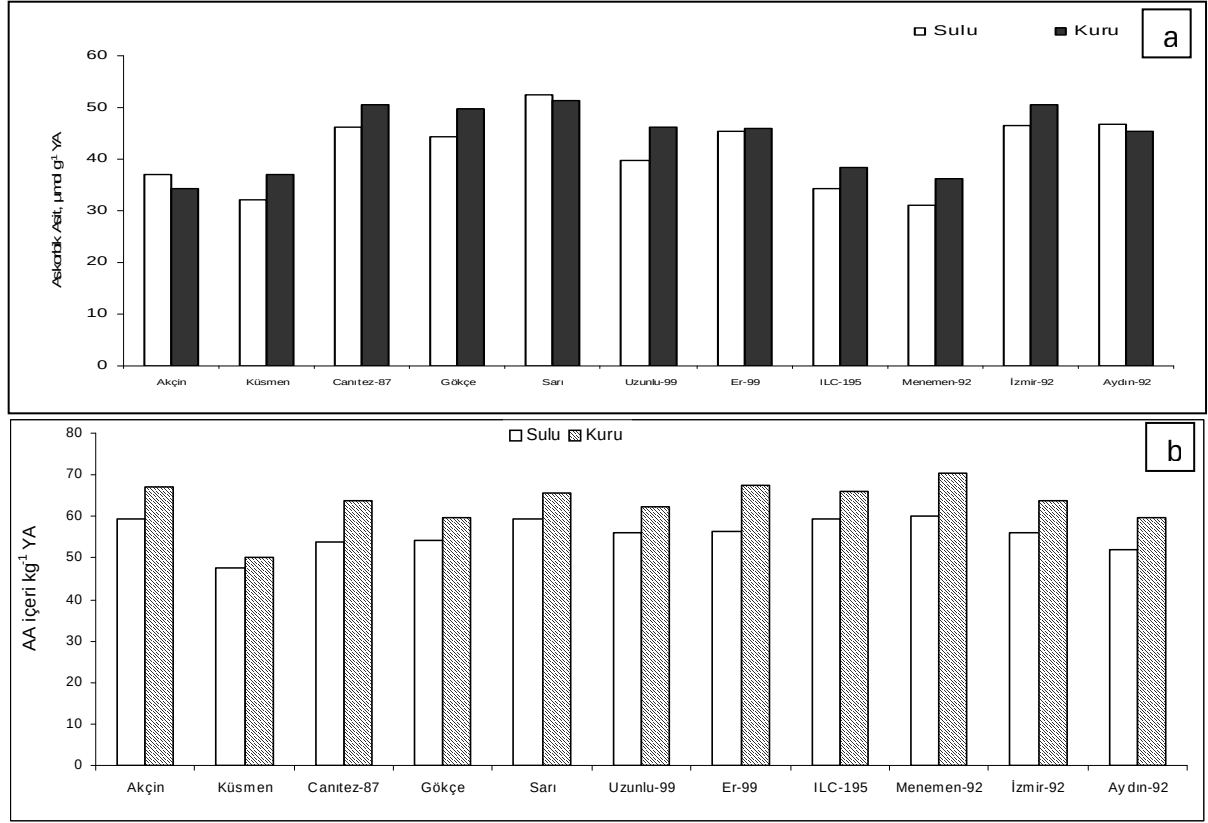
Şekil 4.55. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin H_2O_2 konsantrasyonları a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Kuraklık stresinin çeşitlerin prolin içeriklerine etkisi farklı olmuştur (Şekil 4.56). Sulu koşullar ile karşılaştırıldıklarında, kuru koşullarda Akçin, Küsmen, Canitez-87, Gökçe, Uzunlu-99, Er-99 ve Aydın-92 çeşitlerinin prolin içeriklerinde azalma gözlenirken; Sarı, ILC-195, Menemen-92 ve İzmir-92 çeşitlerinin prolin içeriklerinde artış gözlenmiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler içinde oransal olarak prolin artışının en yüksek olduğu çeşitler ILC-195 ve İzmir-92' çeşitleri olmuştur. 2008 yılı tarla denemesinde, sulu koşullara kıyasla kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin prolin içeriklerinde artışlar meydana gelmiş, en yüksek artış Aydın-92 çeşidinde, en düşük artış ise Akçin çeşidinde gözlenmiştir.



Şekil 4.56. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin prolin içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

Tarla koşullarında uygulanan kuraklık stresi Akçin, Sarı ve Aydın-92 çeşitleri hariç diğer tüm çeşitlerin askorbik asit içeriklerini azaltmıştır. Askorbik asit içeriğindeki azalma oransal olarak Akçin çeşidinde Aydın-92 ve Sarı çeşitlerine göre daha fazla olmuştur. 2008 yılı tarla denemesinde kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin AA içerikleri, sulu koşullara göre bütün çeşitlerde artış göstermiştir.



Şekil 4.57. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbik asit içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.2.7. Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar

2007 ve 2008 yılı tarla denemesinde sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin antioksidan enzim ve enzimatik olmayan antioksidan aktivitesine ait veriler Çizelge 4.11 ve Şekil 4.58-61'de verilmiştir.

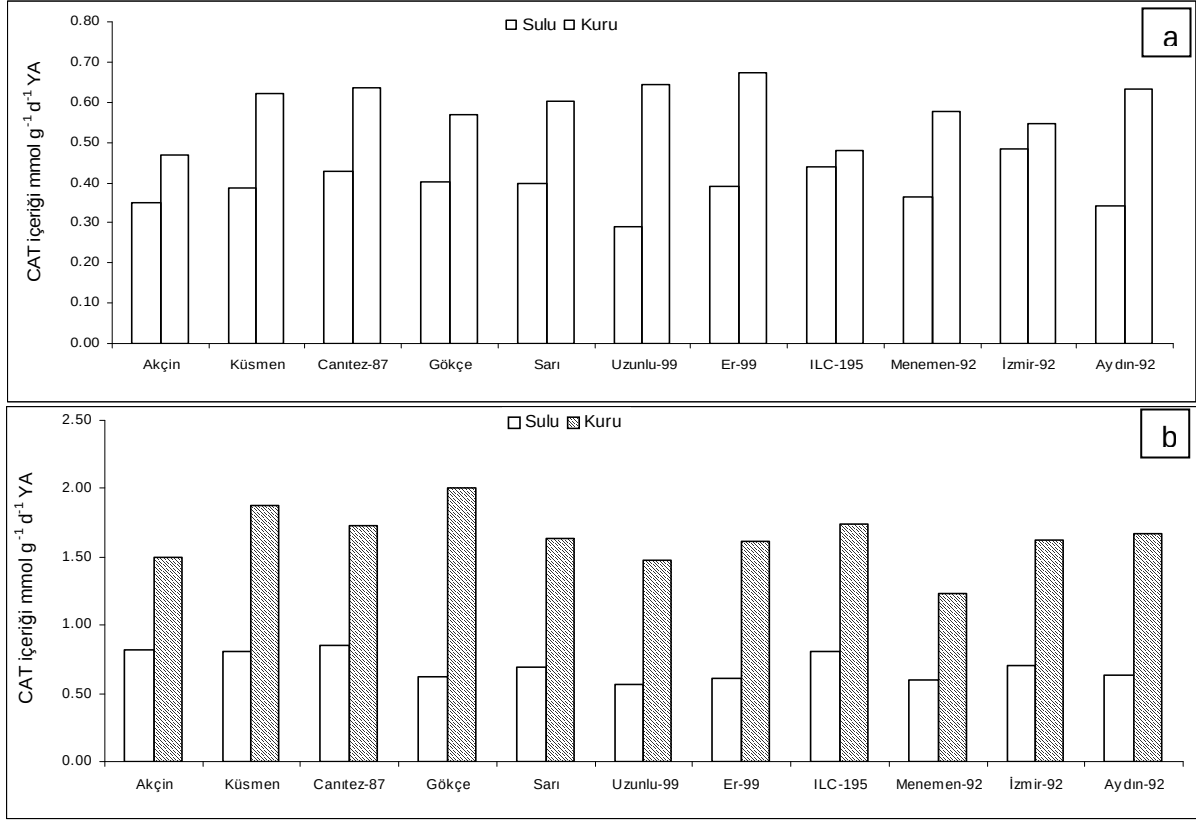
2007 yılında tarlada kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve enzimatik olmayan antioksidan (NEA) aktivitesinin sulu koşullarla kıyaslandığında daha yüksek, süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin ise daha düşük olduğu gözlenmiştir. Çeşitler arasında Uzunlu-99, Er-99 ve Aydın-92 çeşitlerinin sulu koşullara göre kuru koşullardaki CAT aktivitesindeki artış, diğer çeşitlerle kıyaslandığında daha yüksek olmuştur. Akçin ve Canitez-87 çeşitlerinin sulu koşullara göre kuru koşullarda APX aktivitesindeki artış diğer çeşitlere göre daha yüksek olmuştur. ILC-195 çeşidi haricinde kuru koşullarda yetiştirilen tüm çeşitlerin NEA aktivitesinin sulu koşullara göre artış gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.11' e göre, 2008 yılı sonuçları ile 2007 yılında elde edilen değerler benzerlik göstermektedir. Kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin CAT, APX ve NEA aktivitelerinde artış, SOD aktivitelerinde ise azalış meydana gelmiştir.

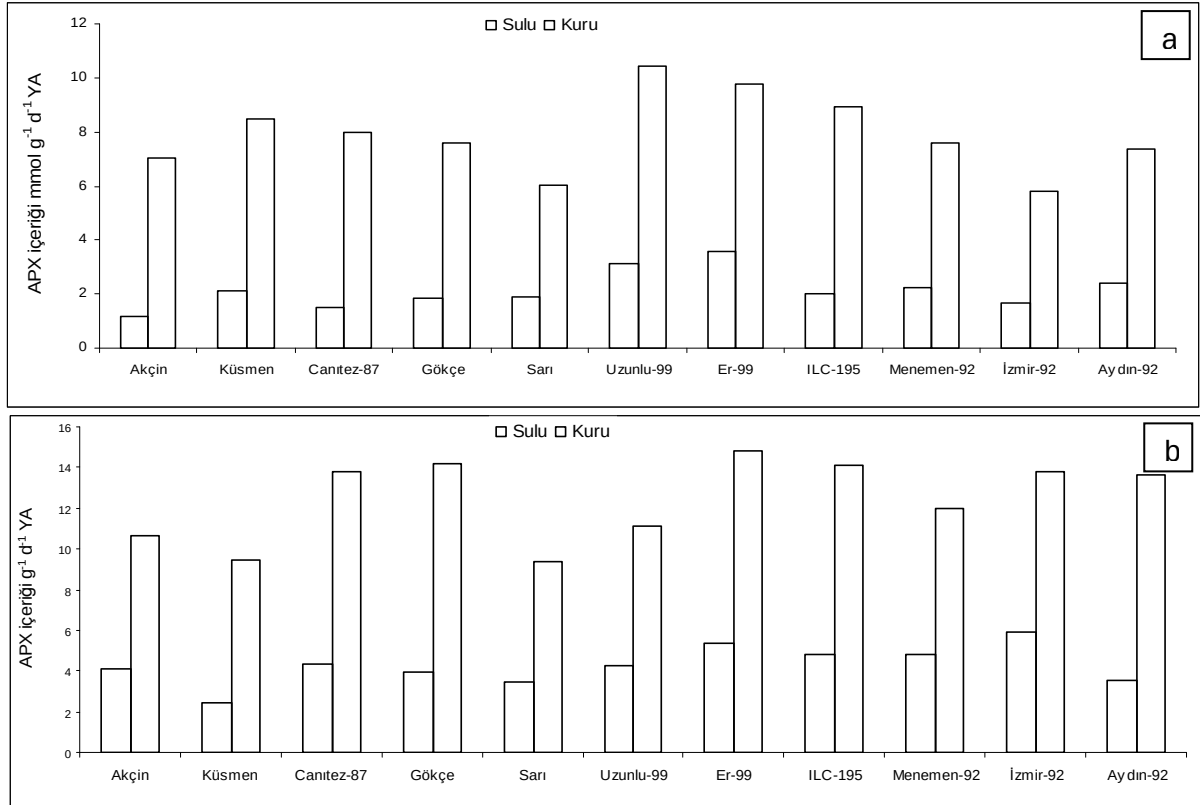
Çizelge 4.11. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik [katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD)] ve enzimatik olmayan antioksidan aktiviteleri

2007 YILI	CAT mmol g YA d ⁻¹		APX mmol g YA d ⁻¹		SOD unit g ⁻¹ YA		NEA mmol kg ⁻¹ KA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	0.351	0.468	1.161	7.058	263.38	164.75	102.30	115.28
Küsmen	0.386	0.620	2.094	8.478	279.58	235.38	98.34	113.82
Canitez-87	0.428	0.638	1.500	7.960	323.08	240.91	98.34	126.14
Gökçe	0.400	0.568	1.857	7.576	257.06	120.44	113.07	154.07
Sarı	0.397	0.603	1.875	6.027	416.10	177.29	105.11	169.08
Uzunlu-99	0.291	0.645	3.147	10.41	462.05	133.11	115.50	123.99
Er-99	0.389	0.673	3.549	9.741	220.74	170.74	101.74	132.14
ILC-195	0.440	0.480	2.000	8.942	312.46	163.37	101.05	100.65
Menemen-92	0.366	0.576	2.205	7.567	217.57	146.97	102.52	122.31
İzmir-92	0.483	0.545	1.696	5.790	653.59	178.21	110.60	124.27
Aydın-92	0.341	0.632	2.420	7.371	457.80	230.39	100.71	107.58
F uygulama	289**		1133**		110.5**		76.74**	
F çeşit	3.37**		12.19**		7.02**		7.70**	
F interaksyon	6.26**		3.39**		6.08**		4.89**	
2008 YILI	CAT mmol g YA d ⁻¹		APX mmol g YA d ⁻¹		SOD unit g ⁻¹ YA		NEA mmol kg ⁻¹ KA	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	0.817	1.501	4.089	10.607	1256.5	472.1	56.99	100.18
Küsmen	0.806	1.875	2.469	9.446	643.7	323.9	86.86	153.57
Canitez-87	0.858	1.730	4.348	13.817	628.1	250.4	66.63	113.69
Gökçe	0.618	2.002	3.924	14.210	436.4	194.9	63.17	118.25
Sarı	0.696	1.634	3.478	9.357	656.8	205.2	70.22	117.69
Uzunlu-99	0.570	1.478	4.250	11.098	602.9	362.4	96.40	111.41
Er-99	0.605	1.610	5.371	14.830	625.4	407.4	76.50	161.84
ILC-195	0.804	1.738	4.826	14.138	459.9	323.4	68.63	92.82
Menemen-92	0.600	1.231	4.808	11.955	400.6	284.3	90.51	146.05
İzmir-92	0.703	1.625	5.942	13.830	493.6	241.7	85.92	144.56
Aydın-92	0.639	1.671	3.531	13.652	612.4	288.8	69.85	134.73
F uygulama	894**		813**		200**		221**	
F çeşit	6.01**		8.30**		15.9**		7.38**	
F interaksyon	3.59*		2.79**		6.23**		2.94**	

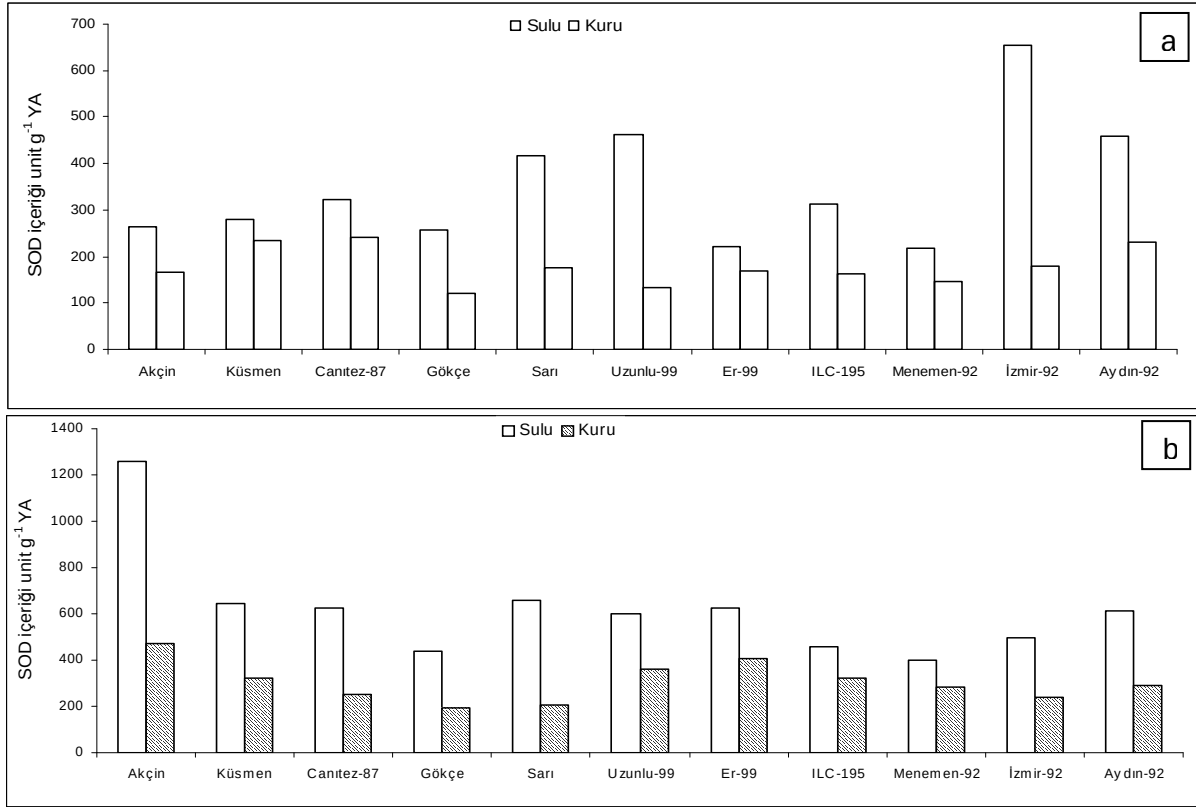
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli



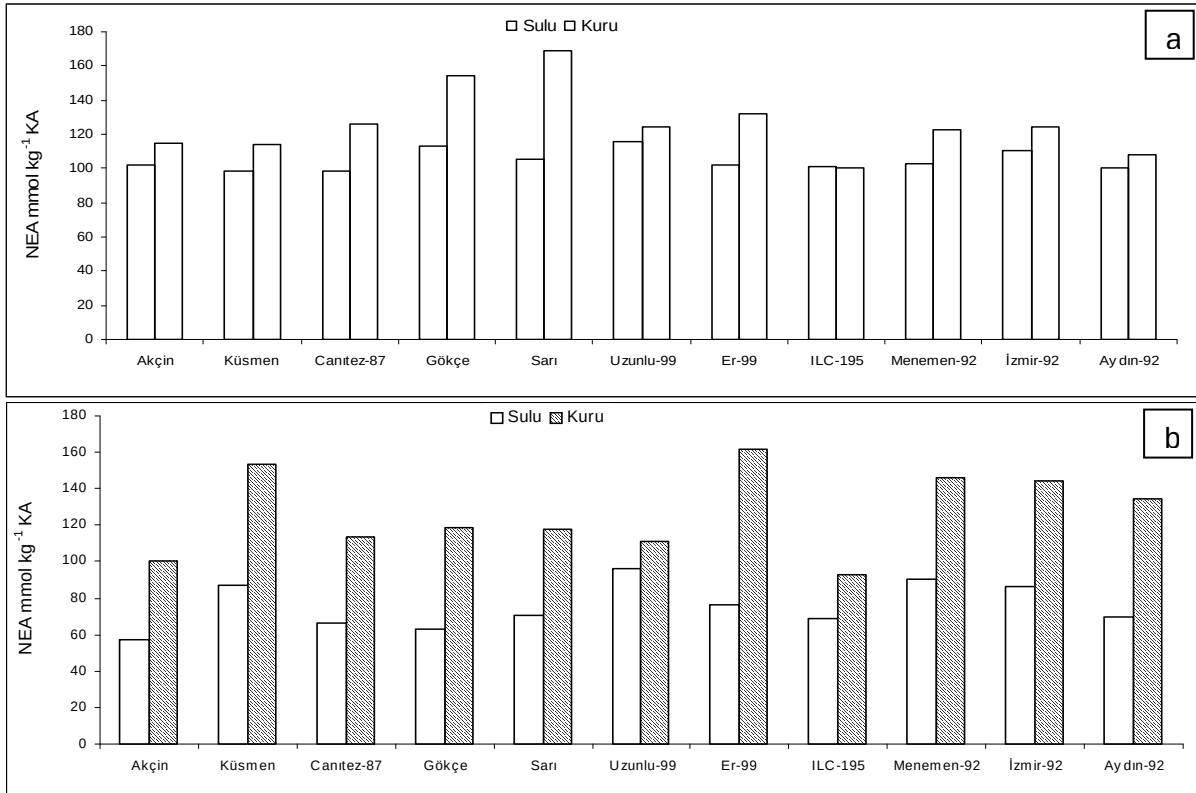
Şekil 4.58. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin katalaz enzim aktivitesi (CAT) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.59. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin askorbat peroksidaz aktivitesi (APX) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.60. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.61. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin enzimatik olmayan antioksidan aktivitesi (NEA) a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

4.2.8. Tarla koşullarında nohut çeşitlerinin besin maddesi içerikleri

2007 yılı tarla denemesine ait bitkilerin azot, fosfor, potasyum ve sodyum içerikleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Sulu koşullarla kıyaslandığında kuru koşullarda yetiştirilen nohutların azot içeriklerinin genel olarak artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.62). Kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin fosfor içerikleri ise azalmıştır. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler arasında sırasıyla Uzunlu-99, ILC-195 ve Menemen-92 çeşitlerinin fosfor içeriklerindeki azalma sulu koşullarıyla kıyaslandığında daha fazla olmuştur (Şekil 4.63). Çeşitlerin potasyum ve sodyum içerikleri incelendiğinde kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin sulu koşullara göre daha düşük K (Gökçe ve Sarı çeşidi hariç) ve daha yüksek Na içerdiği ve çeşitler arasında kuru koşullardan en çok etkilenen çeşidin ise yine Uzunlu-99’un çeşidi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.64 ve 4.65).

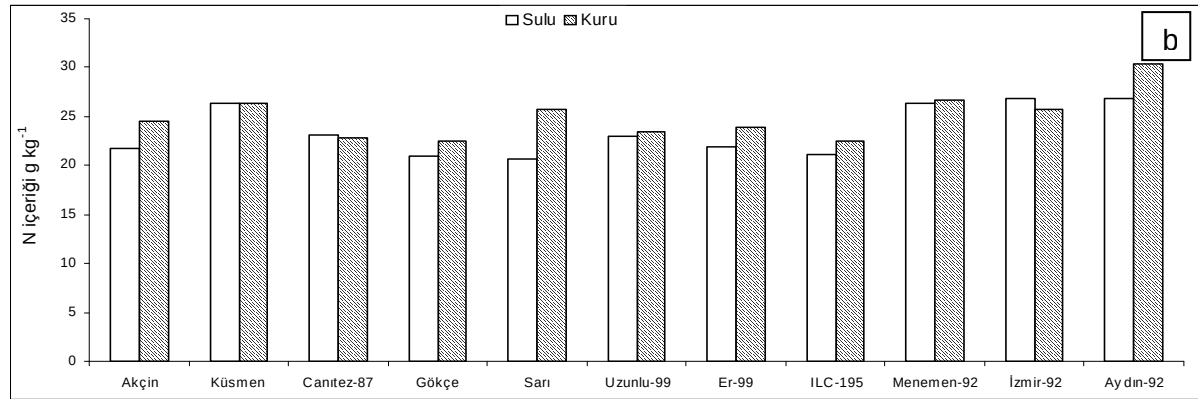
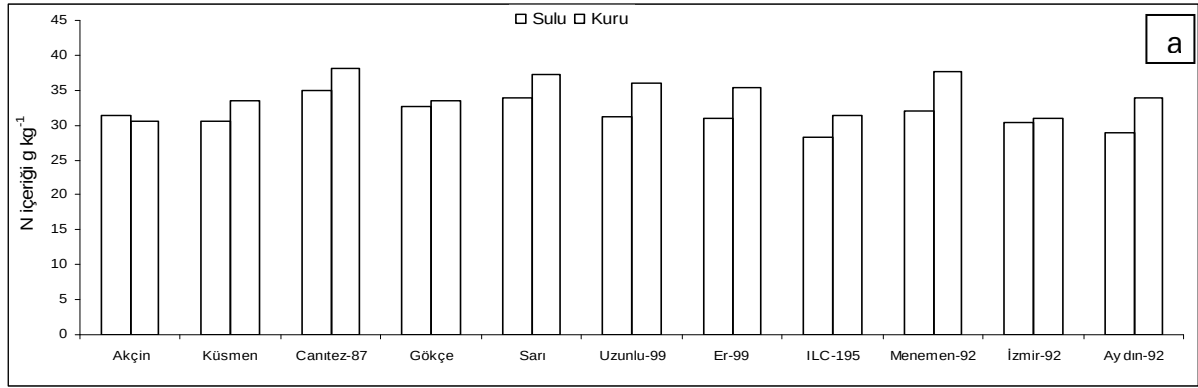
2007 yılı tarla denemesinde, sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin diğer besin elementlerinden kalsiyum, magnezyum ve bor içeriklerine ait veriler Çizelge 4.13 ve Şekil 4.66-68’de verilmiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen çeşitlerin sulu koşullarla kıyaslandığında Ca, Mg ve B içerikleri azalmıştır. Sadece gökçe çeşidinin Ca içeriği ile İzmir-92 ve Aydın-92 çeşitlerinin Na içeriği artmıştır.

2007 yılı tarla denemesi, mikro element içerikleri açısından sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin gösterdiği tepkiler oldukça farklı olmuştur (Çizelge 4.14). Sonuçlar incelendiğinde kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin genelinde Fe (Menemen-92 ve Aydın-92 hariç) ve Zn (Menemen-92, İzmir-92 ve Aydın-92 hariç) içeriklerinde artış, Cu ve Mn içeriklerinde ise azalış olduğu görülmüştür (Şekil 4.69- 4.72). Veriler Gökçe, Uzunlu-99 ve Sarı çeşitlerinin kuru koşullarda daha yüksek Fe içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Gökçe çeşidinin kuru koşullardaki Zn içeriği diğer çeşitlere göre yüksek olurken Menemen-92 çeşidinin Zn içeriği ise diğer çeşitlere göre daha düşük olmuştur. Kuru koşullarda yetiştirilen Canitez-87, Uzunlu-99 ve Akçın çeşitlerinin Cu içeriklerinde sulu koşullara göre meydana gelen azalmaların diğer çeşitlerle kıyaslandığında daha fazla olduğu görülmüştür. Aydın-92 çeşidinin sulu ve kuru koşullarda yetiştirildiğinde elde edilen Cu içeriği birbirine çok yakın bulunmuştur. Mangan içerikleri incelendiğinde ise Sarı ve Gökçe çeşitleri dışında diğer bütün çeşitlerin kuru koşullardaki Mn içeriklerinin sulu koşullara göre azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.14).

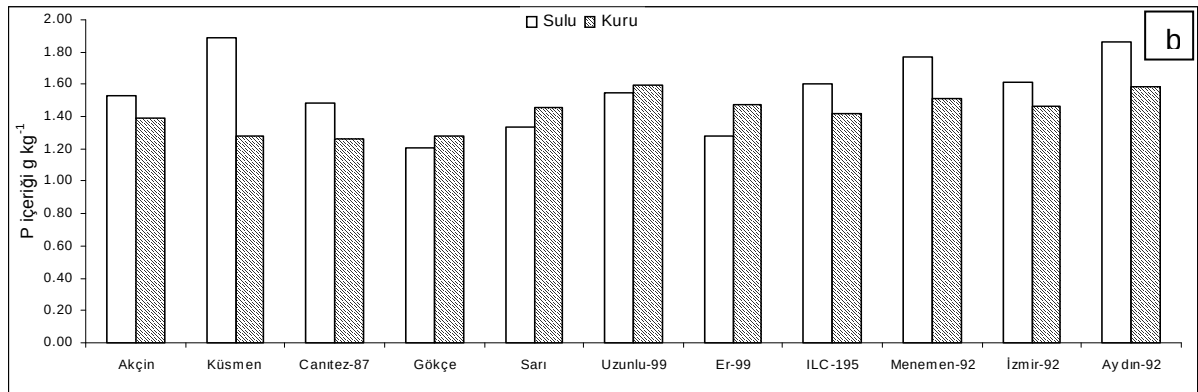
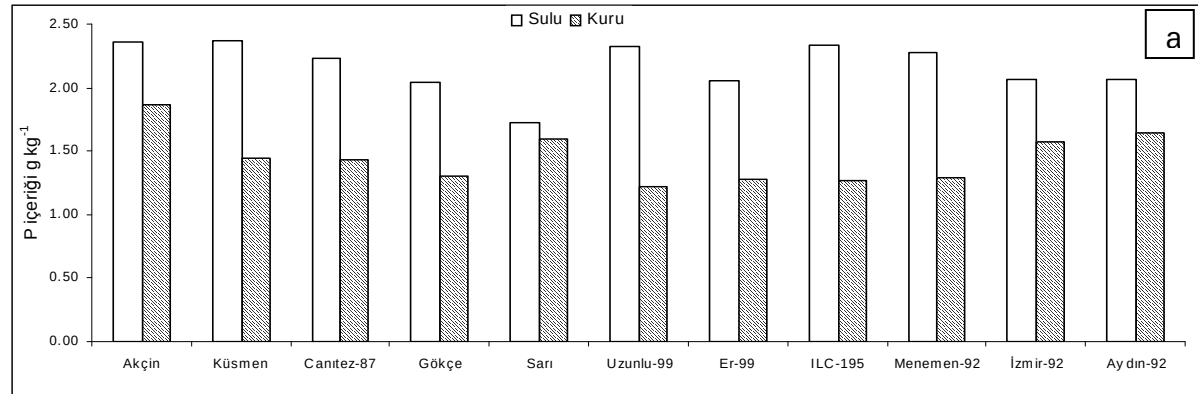
Çizelge 4.12 Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N), fosfor (P), potasyum (K), ve sodyum (Na) içerikleri

2007 YILI	N, g kg ⁻¹		P, g kg ⁻¹		K, g kg ⁻¹		Na, g kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Kuru	Sulu
Akçin	31.47	30.66	2.36	1.86	16.86	14.87	0.11	0.33
Küsmen	30.52	33.44	2.37	1.45	15.59	12.63	0.28	0.61
Canitez-87	34.91	38.18	2.23	1.43	15.35	11.81	0.15	0.89
Gökçe	32.75	33.46	2.04	1.30	12.96	13.33	0.20	1.06
Sarı	33.89	37.33	1.73	1.59	11.88	12.13	0.35	1.25
Uzunlu-99	31.09	36.01	2.32	1.22	17.01	12.83	0.24	1.41
Er-99	31.08	35.30	2.06	1.28	13.99	12.07	0.26	1.00
ILC-195	28.22	31.40	2.34	1.27	15.98	9.73	0.62	0.78
Menemen-92	32.02	37.62	2.28	1.29	15.20	9.43	0.58	0.90
İzmir-92	30.35	30.96	2.07	1.57	14.52	11.32	0.45	0.49
Aydın-92	28.87	33.93	2.07	1.64	16.21	11.90	0.41	0.48
F uygulama	136**		255**		77.61**		177**	
F çeşit	25.07**		2.97**		3.97**		8.53**	
F interaksiyon	5.73**		4.08**		3.49**		9.41**	
2008 YILI	N, g kg ⁻¹		P, g kg ⁻¹		K, g kg ⁻¹		Na, g kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	21.80	24.53	1.53	1.39	18.41	17.01	0.26	0.61
Küsmen	26.44	26.35	1.89	1.28	20.40	18.49	0.24	0.94
Canitez-87	23.07	22.75	1.48	1.26	16.68	16.46	0.22	1.13
Gökçe	20.92	22.54	1.20	1.28	17.03	16.89	0.23	0.82
Sarı	20.65	25.75	1.34	1.46	17.19	16.07	0.29	1.05
Uzunlu-99	23.04	23.36	1.55	1.59	17.74	17.03	0.26	0.50
Er-99	21.92	23.83	1.28	1.47	17.94	18.18	0.18	0.92
ILC-195	21.08	22.48	1.60	1.42	18.28	18.18	0.26	1.13
Menemen-92	26.42	26.67	1.77	1.51	21.63	19.56	0.15	1.08
İzmir-92	26.77	25.79	1.61	1.47	17.70	16.78	0.09	0.43
Aydın-92	26.80	30.32	1.86	1.58	21.88	21.41	0.08	0.47
F uygulama	11.0**		15.8**		6.10**		6.10*	
F çeşit	10.5**		6.70**		9.56**		9.56**	
F	1.70öd		4.52**		0.50öd		0.50öd	

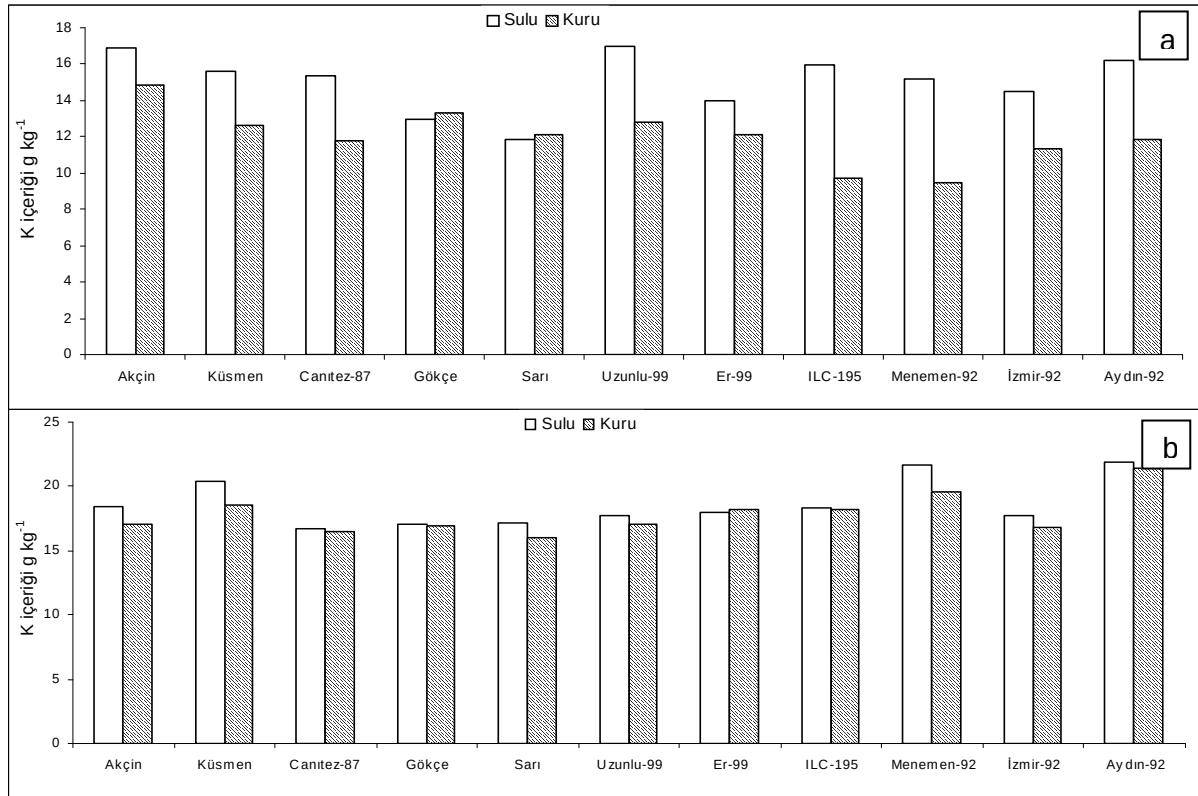
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli



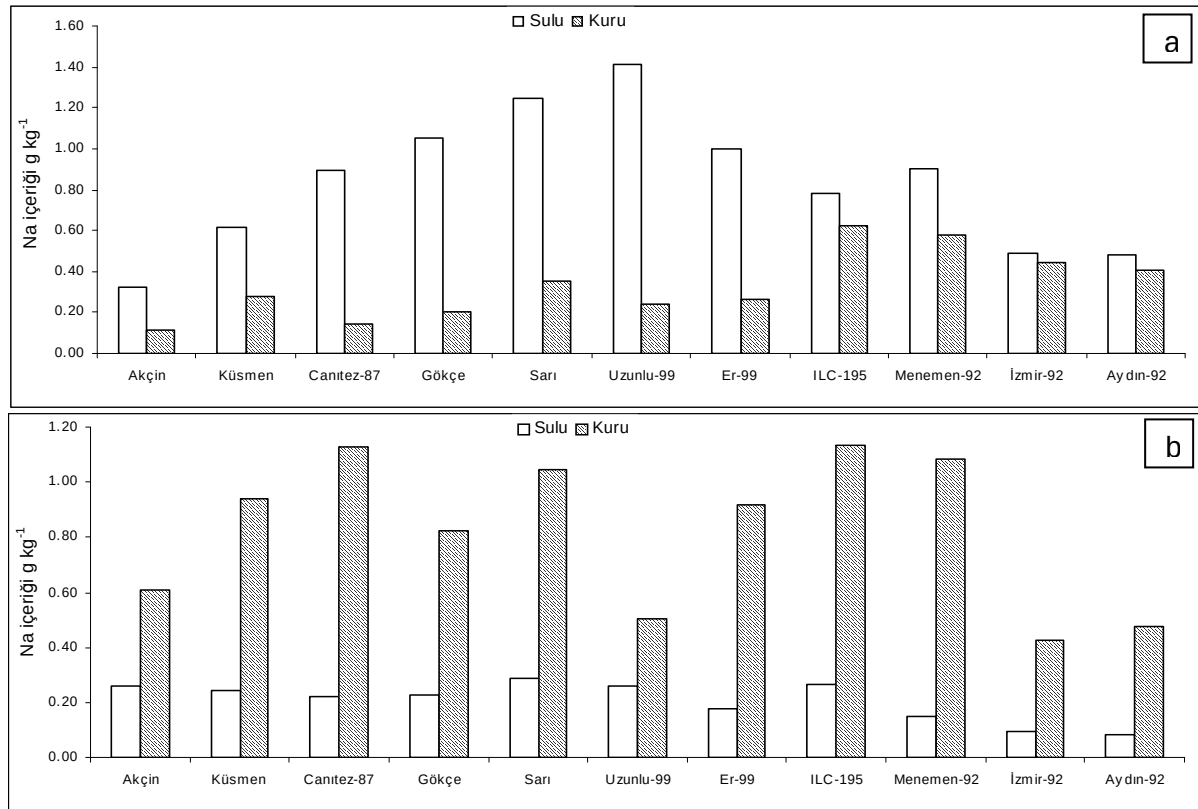
Şekil 4.62. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin azot (N) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.63. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin fosfor (P) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.64. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin potasyum (K) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

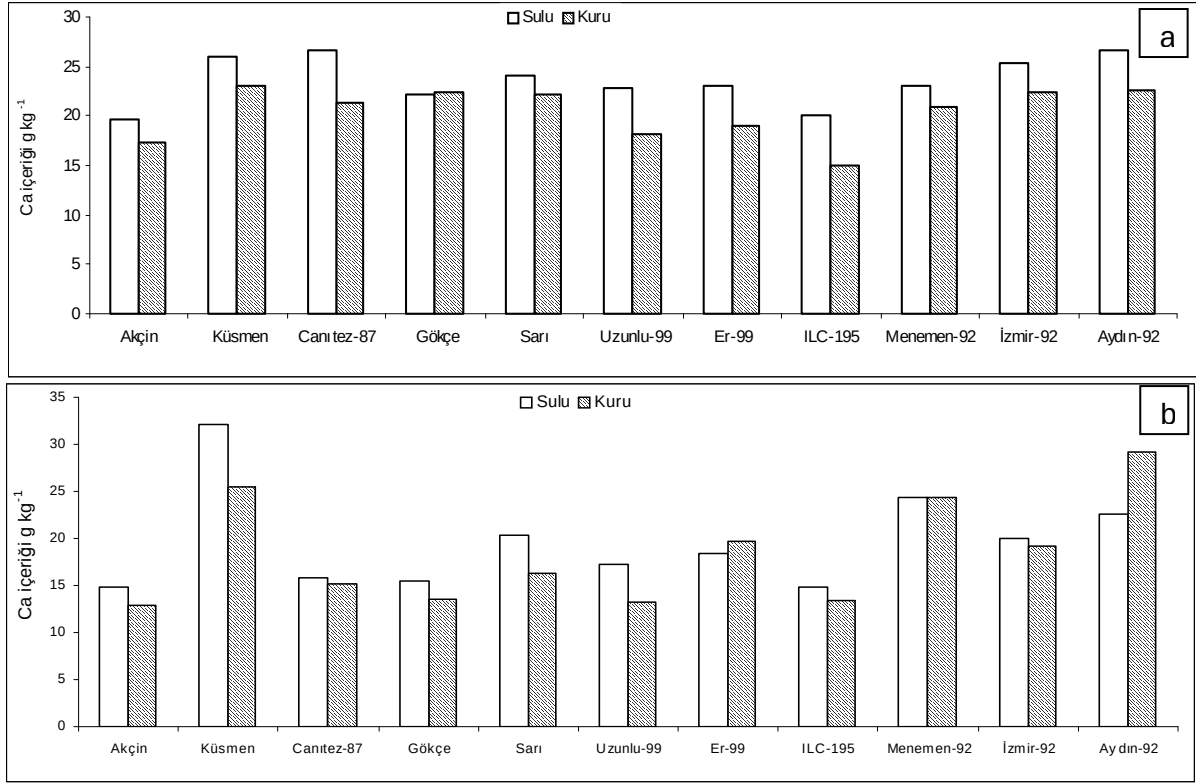


Şekil 4.65. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin sodyum (Na) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

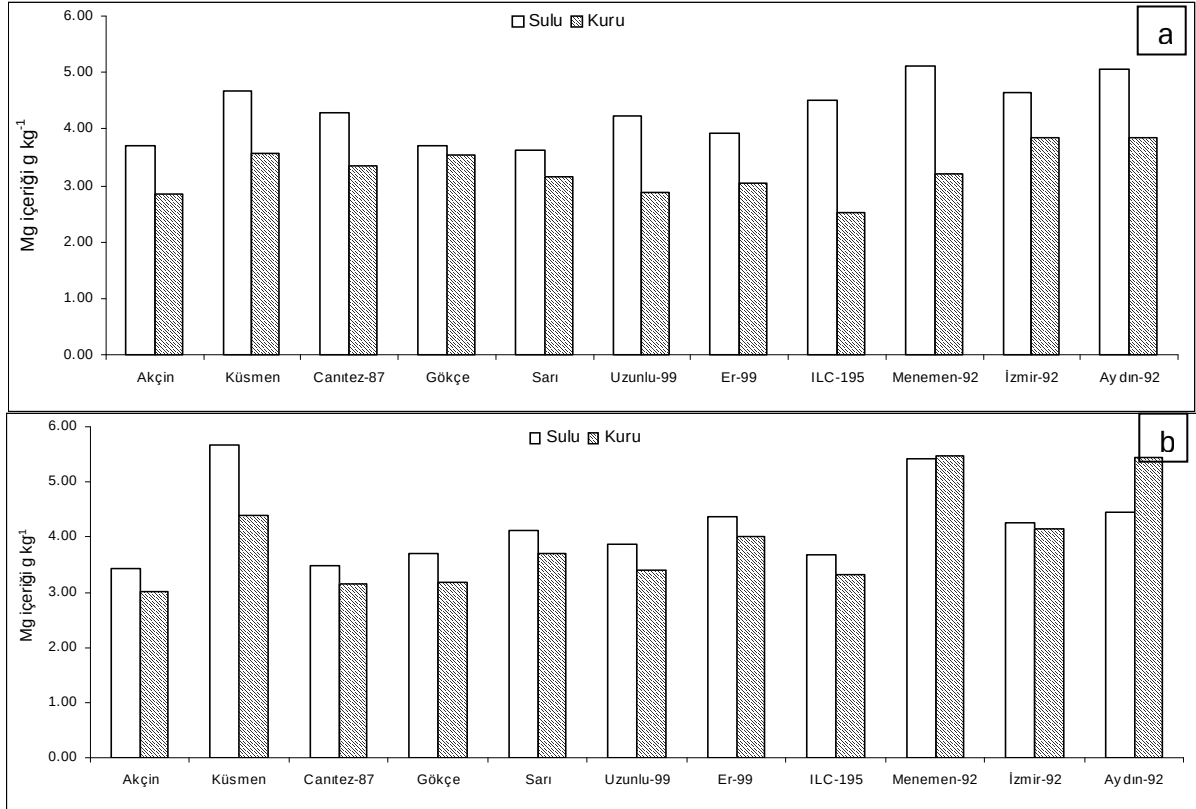
Çizelge 4.13. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve bor (B) içerikleri

2007 YILI	Ca, g kg ⁻¹		Mg, g kg ⁻¹		B, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	19.63	17.41	3.70	2.84	21.10	16.91
Küsmen	26.04	23.09	4.67	3.57	23.90	16.91
Canıtez-87	26.61	21.44	4.30	3.34	39.63	21.10
Gökçe	22.14	22.29	3.70	3.53	32.29	23.20
Sarı	24.18	22.13	3.62	3.14	31.59	20.06
Uzunlu-99	22.75	18.23	4.22	2.88	27.74	19.01
Er-99	23.03	19.10	3.93	3.05	27.39	12.72
ILC-195	20.15	15.03	4.50	2.51	20.75	12.72
Menemen-92	22.96	20.83	5.12	3.21	14.46	10.27
İzmir-92	25.37	22.37	4.65	3.84	12.02	16.56
Aydın-92	26.57	22.64	5.07	3.84	12.02	18.31
F uygulama	50.0**		137**		60.3**	
F çeşit	10.3**		6.99**		15.8**	
F interaksiyon	1.14öd		3.29**		6.42**	
2008 YILI	Ca, g kg ⁻¹		Mg, g kg ⁻¹		B, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	14.77	12.90	3.42	3.01	16.21	5.03
Küsmen	32.11	25.53	5.67	4.40	29.49	17.26
Canıtez-87	15.84	15.12	3.48	3.16	11.32	6.43
Gökçe	15.53	13.47	3.71	3.17	20.06	10.27
Sarı	20.35	16.32	4.12	3.70	24.60	13.46
Uzunlu-99	17.28	13.24	3.86	3.39	13.77	12.08
Er-99	18.31	19.66	4.36	4.02	21.10	17.96
ILC-195	14.87	13.32	3.69	3.32	7.82	15.51
Menemen-92	24.42	24.33	5.42	5.49	22.50	22.85
İzmir-92	19.98	19.12	4.26	4.15	16.21	15.86
Aydın-92	22.61	29.13	4.46	5.45	15.86	21.80
F uygulama	5.25*		13.9**		23.0**	
F çeşit	33.1**		35.3**		14.64**	
F interaksiyon	3.39**		4.36**		7.38**	

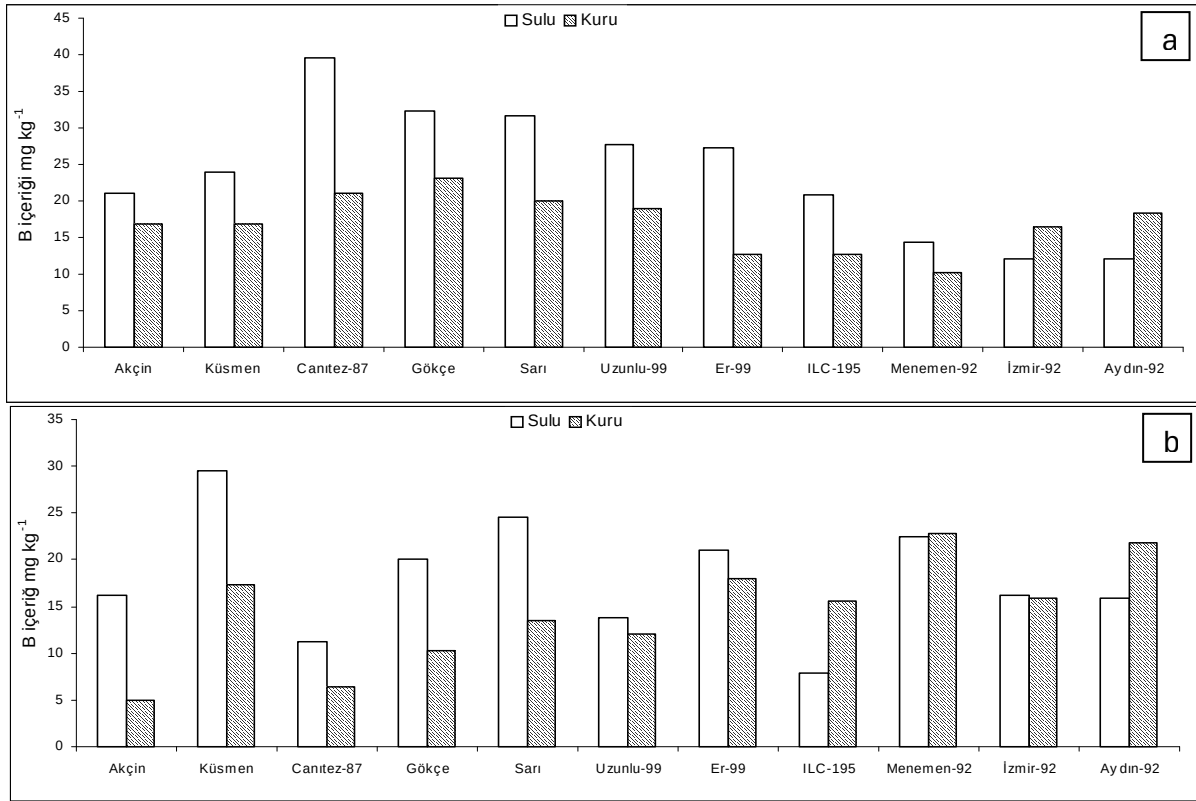
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli



Şekil 4.66. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin kalsiyum (Ca) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.67. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin magnezyum (Mg) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



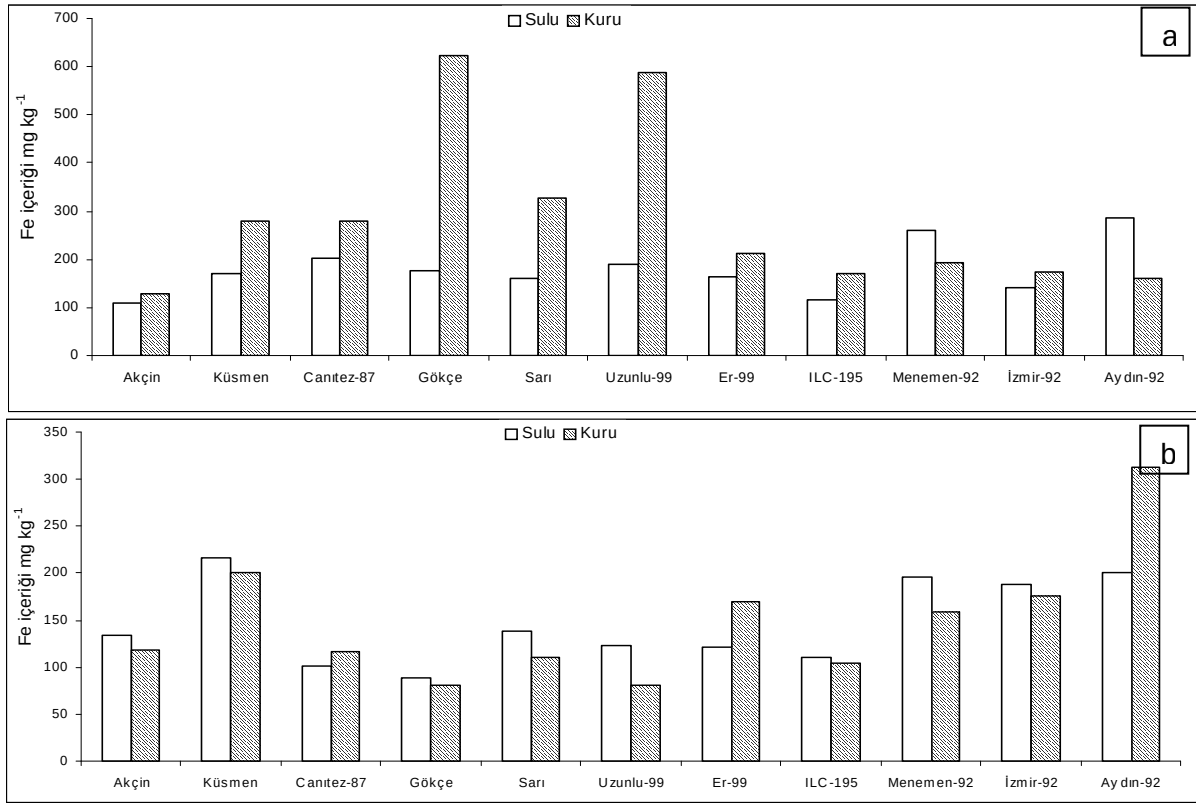
Şekil 4.68. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bor (B) içerikleri a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

2008 yılı tarla denemesine ait bitkilerin besin içerikleri Çizelge 4.12-15’de verilmiştir. Sulu koşullarla kuru koşullarda yetiştirilen çeşitler kıyaslandığında bazı çeşitlerin azot içeriklerinde hafif artışlar olmuş, bazılarında ise değerler çok fazla değişmemiştir. Sadece İzmir-92 çeşidinin N içeriğinde bir miktar düşme meydana gelmiştir. Çeşitlerin fosfor içeriklerinde ise dalgalanmaların olduğu ve Gökçe, Sarı, Uzunlu-99 ve Er-99 dışındaki çeşitlerin P içeriğinin kuru koşullarda azaldığı, kuru koşullarda yetiştirilen bütün çeşitlerin Na içeriklerinde sulu koşullara göre artış olduğu belirlenmiştir. Kuralık uygulaması Er-99 dışındaki çeşitlerin K içeriğinde çok az da olsa azalmaya neden olmuştur. Kalsiyum, Mg, B, Fe, Cu ve Mn içerikleri irdelendiğinde Aydın-92 çeşidinin çok dikkat çekici bir şekilde ön plana çıktığı görülmüştür. Menemen-92 çeşidi bu besin elementleri açısından kuru ve sulu koşullarda yetiştirildiğinde birbirine çok yakın değerler sergilemiştir. Kuru koşullarda yetiştirilen Aydın-92, Menemen-92 ve İzmir-92 çeşitlerinin Zn içerikleri azalmış, diğer çeşitlerin Zn içerikleri ise artmıştır.

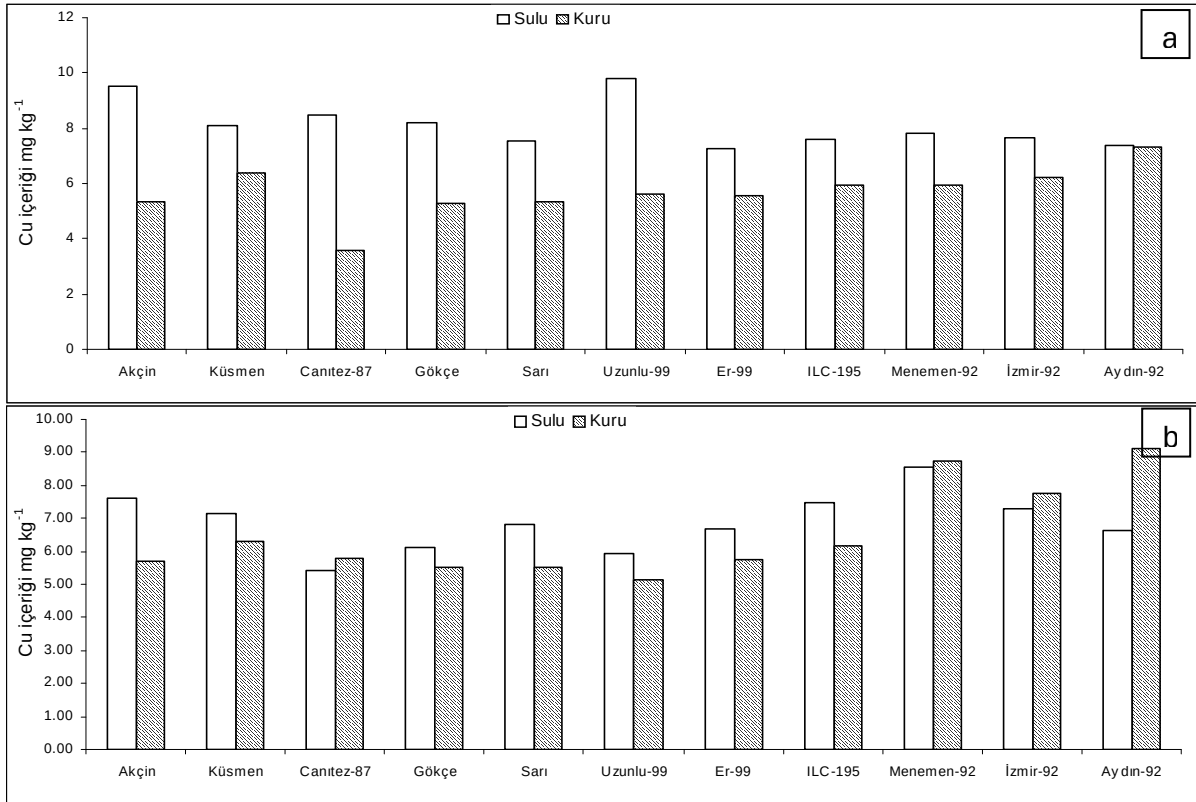
Çizelge 4.14. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri

2007 YILI	Fe, mg kg ⁻¹		Cu, mg kg ⁻¹		Zn, mg kg ⁻¹		Mn, mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	108.4	129.6	9.55	5.35	9.20	10.15	40.70	36.85
Küsmen	169.9	278.2	8.10	6.40	8.20	13.70	59.80	39.95
Canıtez-87	203.4	280.3	8.50	3.60	7.55	13.40	47.70	39.30
Gökçe	176.7	623.5	8.20	5.30	6.65	14.43	40.25	41.65
Sarı	161.8	326.4	7.55	5.35	6.95	12.80	40.15	42.55
Uzunlu-99	188.3	586.9	9.80	5.60	8.60	9.55	43.05	38.70
Er-99	164.8	210.6	7.25	5.55	6.55	9.75	46.30	36.20
ILC-195	116.4	170.5	7.60	5.95	7.35	8.45	47.90	38.50
Menemen-92	259.1	191.4	7.80	5.95	7.50	6.55	55.65	45.00
İzmir-92	140.8	172.5	7.65	6.20	14.15	11.95	53.75	43.15
Aydın-92	287.1	160.6	7.35	7.30	15.15	15.15	57.55	47.50
F uygulama	39.2**		93.95**		34.66**		76.20**	
F çeşit	10.5**		1.42öd		10.60**		10.80**	
F interaksiyon	10.0**		3.06**		5.18**		4.70	
2008 YILI	Fe , mg kg ⁻¹		Cu , mg kg ⁻¹		Zn , mg kg ⁻¹		Mn , mg kg ⁻¹	
	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru	Sulu	Kuru
Akçin	133.40	117.75	7.60	5.70	11.75	13.80	29.10	25.60
Küsmen	215.80	200.00	7.15	6.30	10.15	15.30	48.75	37.75
Canıtez-87	100.50	116.50	5.40	5.80	6.85	11.65	28.55	25.75
Gökçe	88.90	81.40	6.10	5.50	6.10	10.55	27.30	22.60
Sarı	138.60	111.10	6.80	5.50	7.95	11.75	35.60	28.65
Uzunlu-99	122.75	80.20	5.95	5.15	9.10	10.85	35.45	23.95
Er-99	121.10	169.75	6.70	5.75	6.80	13.60	32.80	32.65
ILC-195	110.00	104.40	7.50	6.15	10.20	10.30	33.95	24.70
Menemen-92	195.70	159.20	8.55	8.75	12.75	11.75	41.65	43.55
İzmir-92	188.90	175.90	7.30	7.75	11.90	11.55	37.55	28.80
Aydın-92	200.35	313.15	6.65	9.10	17.80	16.75	38.05	39.95
F uygulama	0.02öd		2.98öd		38.5**		37.39**	
F çeşit	16.46**		7.08**		14.55**		21.32**	
F interaksiyon	2.95**		2.63**		4.57**		3.29**	

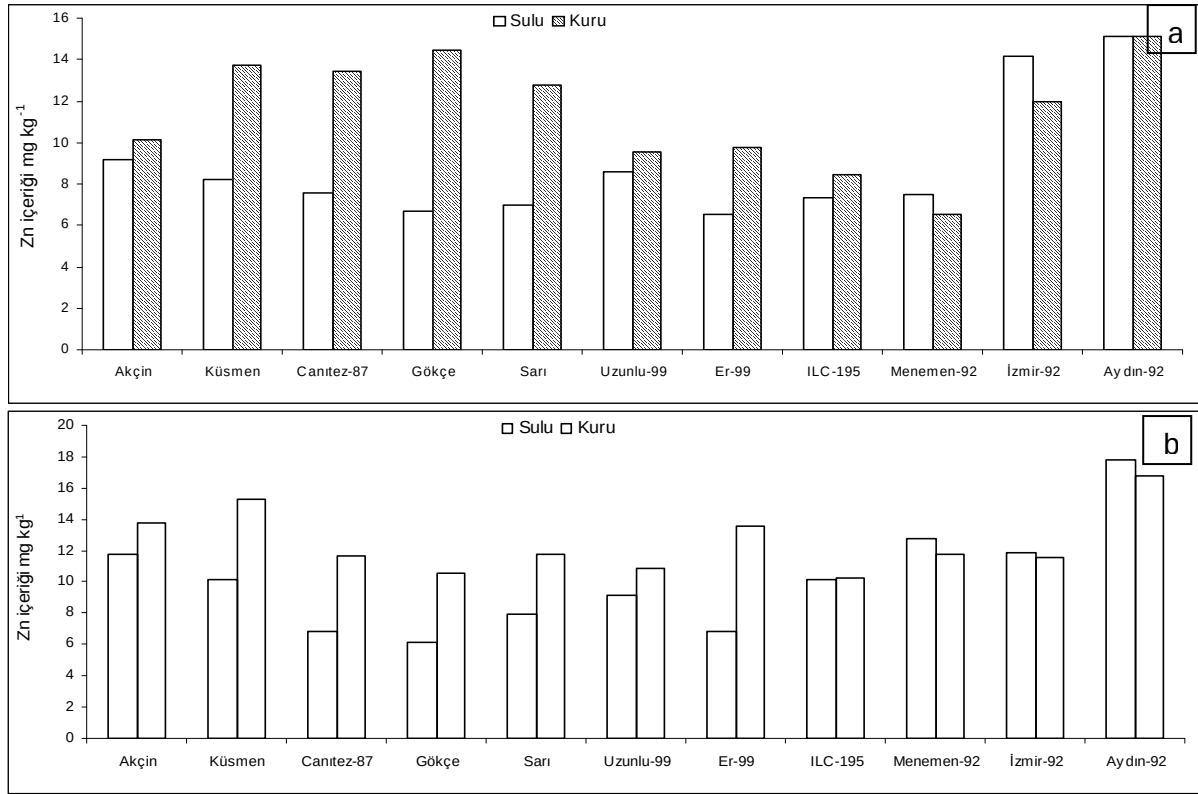
öd: önemli değil, *: p<0.05 ve **: p<0.01 düzeyinde önemli



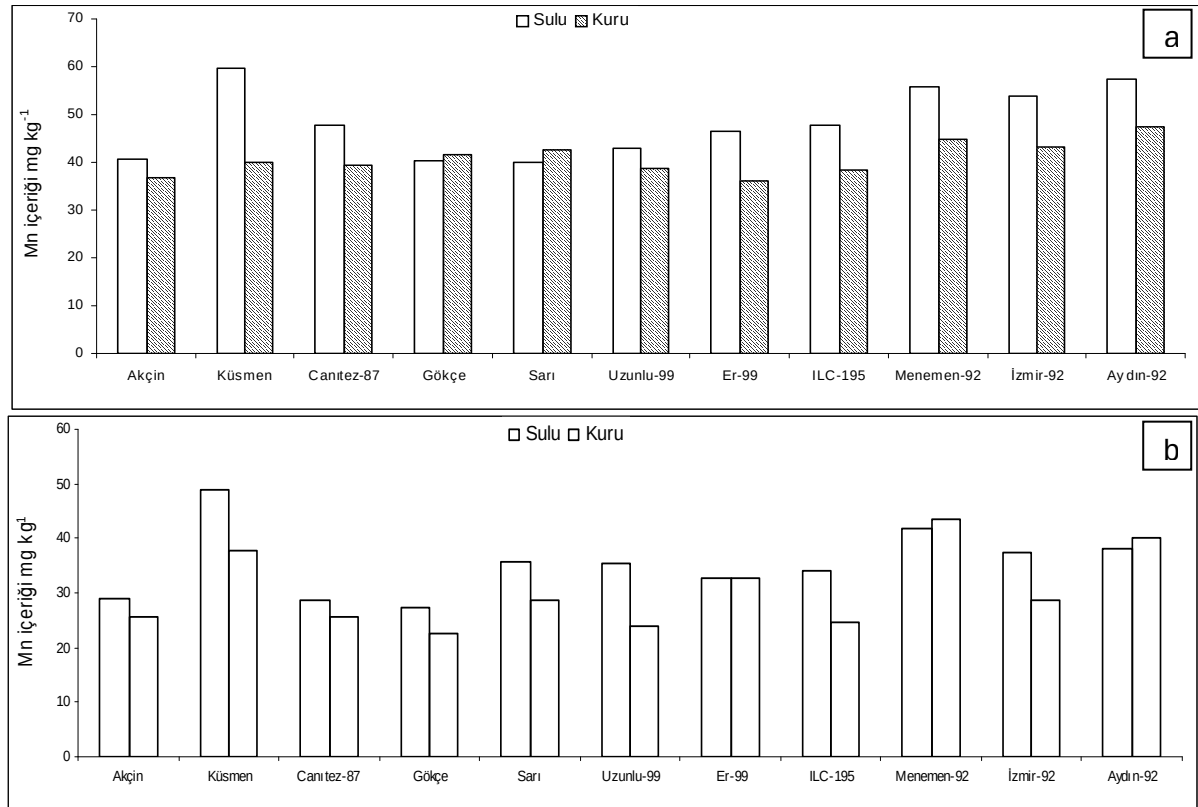
Şekil 4.69. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin demir (Fe) içerikleri
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.70. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin bakır (Cu) içerikleri
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 4.71. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin çinko (Zn) içerikleri
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri



Şekil 72. Sulu ve kuru koşullarda tarlada yetiştirilen nohut çeşitlerinin mangan (Mn) içerikleri
a) 2007 yılı, b) 2008 yılı verileri

5. Tartışma ve Sonuç

Bitki ıslahçıları, kurağa dayanıklı çeşitleri geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütmektedirler. Islah çalışmalarında pek çok morfolojik ve fizyolojik kriterler dikkate alınarak bitki çeşitleri arasında seleksiyon yapmak sonuca ulaşmada izlenen temel yöntemlerdir. Kurağa dayanıklı bitki çeşitlerinin seçiminde bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalarındaki değişimlerin bilinmesi oldukça önemlidir. Daha önce de ifade edildiği gibi nohut tarımı kuraklık tehdidi altında Yapılmaktadır. TUİK (2007) verilerine göre işlenen tarım arazilerimizin yaklaşık 500 bin hektarında nohut tarımı yapıldığı dikkate alındığında nohutun, bu ürünlerin toplam işlenen tarım alanlarımız içinde önemli bir yer kapladığı anlaşılmaktadır. Ülkemiz açısından önemli nohutta verim düşüklüğünün en önemli sebeplerinden birisi kuraklıktır. Bitki çeşitleri arasında kurağa dayanıklı olanların seçilmesi ve yetiştirilmesi ile verim kayıplarının büyük ölçüde önüne geçilmiş olacaktır.

Bu çalışma ile kurağa dayanıklı nohut çeşitlerinin seçiminde, bitkilerin yapraklarının nisbi nem içerikleri (NNİ), su tutma kapasitesi (YSTK), nisbi klorofil kapsamaları, membran stabilite (MSI), ve H_2O_2 birikimi, antioksidan enzimler (SOD, CAT ve APX), enzimatik olmayan toplam antioksidanlar, lipid peroksidasyonu, yaprakların prolin içerikleri, bitki sıcaklığı (Canopy temperature) gibi pek çok fizyolojik ve biyokimyasal parametreler hem sera hem tarla koşullarında incelenmiştir. Böylece sera ve tarla koşulları karşılaştırılmış ve yukarıda sayılan parametrelerden kuraklığa dayanıklılık kriteri olabilecekler belirlenmeye çalışılmıştır. Kuraklık çalışmalarında, bu çalışmada da yer alan bitkilerin yapraklarının nisbi nem içerikleri (NNİ), su tutma kapasitesi (YSTK) gibi bazı fizyolojik veya morfolojik parametreler özellikle ve çoğunlukla tahıllarda daha önce değişik araştırmacılar tarafından kullanılmış ve seleksiyon kriteri olarak önerilmiştir. Bununla birlikte bu projede, kuraklık stresi konusunda üzerinde çok az sayıda çalışma yapılan nohut bitkisinin ele alınması, bu bitkiye ait kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarının pek çok değişik fizyolojik ve biyokimyasal parametre ile sorgulanmış olması, araştırmanın sera ve tarla koşullarında iki yıl süreyle yürütülmüş olması önem taşımaktadır. Tarla ve sera koşullarında yürütülen bu çalışma sonuçları ile sera koşullarından elde edilen sonuçların tarla koşullarına adapte edilemeyeceği konusunun vurgulanması açısından da önem taşımaktadır.

Bu çalışmada yer alan 11 nohut çeşidinin kuraklık stresine farklı tepkiler gösterdikleri belirlenmiştir. Çeşitlerin kuraklığa toleransının belirlenmesinde kullanılan KHİ önemli ve geçerli bir parametre olduğu ileri sürülmektedir (Dencic vd. 2000; Bruckner and Frohberg, 1987). Çalışmamızda sera ve tarla koşullarında nohut çeşitlerinin KHİ'lerine göre bir değerlendirme yapıldığında sera ve tarla koşulları arasında ve yıllar arasında önemli farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır.

Sera koşullarında **Gökçe, Sarı, Uzunlu-99, ILC-195** ve Aydın-92 2007 yılında, Akçin, Küsmen, Canıtez-87, **Gökçe, Sarı, Uzunlu-99** ve Er-99 çeşitleri ise 2008 yılında yürütülen denemede diğer çeşitlere göre kurağa tolerant olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi sera koşullarında her iki denemede de KHİ değerlerine göre sadece 3 çeşit (**Gökçe, Sarı, Uzunlu-99**) her iki yıl tolerant grubuna girmiştir.

Tarla koşullarında ise ilk yıl Akçin, **Küsmen, Gökçe, Sarı, Canıtez, Uzunlu-99** ve Er-99 diğer çeşitlerden tolerant gözükmürken ikinci yıl **Küsmen, Gökçe, Sarı, Uzunlu-99, ILC-195, Menemen-92, İzmir-92** ve Aydın-92 kurağa tolerant olarak ortaya çıkmıştır. Her iki yıl ortak tepki veren ve dayanıklı grubunda yer alan çeşitler ise **Küsmen, Gökçe, Sarı ve Uzunlu-99** olmuştur. Hem sera hem de tarla koşullarında her iki yıl yürütülen denemelerde kuraklığa tolerant görülen çeşitler ise **Gökçe, Sarı ve Uzunlu-99 çeşitleri** olmuştur. Tarla koşullarında vejetasyon dönemi kurak koşul olarak kabul edilen parsellere 2008 yılında 134 mm yağış düşmüştür. Oysa 2007 koşulları düşen yağış miktarı 85 mm civarında olmuştur. Bir başka ifade ile 2007 koşulları 2008' e göre kuraklık yönünden daha aşırı geçmiştir. Bu nedenle 2007 yılında kuraklığa dayanıklı çeşit sayısı 2008 yılına göre daha düşük olmuştur.

Yıl ve ortama göre farklı sonuçların alınmasının en temel sebepleri kuraklığın şiddeti ve uygulandığı zaman gibi faktörler olduğunu düşünmekteyiz. Sera koşullarında 2007 denemesinde kuraklık daha şiddetli bir şekilde, daha erken olmak üzere daha uzun süre uygulanmış, oysa 2008 yılında kuraklık uygulaması daha hafif şiddetle ve daha geç dönemde uygulanmıştır. Dolayısıyla kuraklığın erken veya geç dönemde olması ve şiddeti ile kuraklığa maruz kalma süresi gibi pek çok koşula bağlı olarak nohut çeşitlerinin tepkileride farklı olmuştur.

Gerek sera ve gerekse tarla koşullarında yürütülen denemelerde nohut çeşitlerinin NNI leri azalmış ve bu azalma çeşitlere bağlı olarak değişim göstermiştir. Bununla birlikte kurağa dayanıklı ve hassas olarak görülen çeşitlerin MSI bakımından belirgin bir tepki vermediği anlaşılmıştır. Sera koşullarında çeşitlerin NNI' leri her iki yılda da de azalmış, YSTK ise 2007 de arma gösteririlen 2008 de azalmıştır. Tarla koşullarında ise NNI ve YSTK bazı çeşitlerde artar iken bazılarında azalmıştır. Kurağa dayanıklı çeşitlerin belirlenmesinde YSTK ve NNI nin güvenilir olduğu daha önce değişik araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Dhanda ve Sethi, 1998; Clarke vd. 1989; Sairam ve Saxena, 2000). Bununla birlikte bizim çalışmamızdan elde etmiş olduğumuz sonuçlar bunu destekler nitelikte olmamıştır.

Sera koşullarında toplam klorofil, tarla koşullarında nisbi klorofil çeşitler arasında farklılıklar göstererek kuraklığa bağlı azalma göstermiştir. Kuraklığa bağlı olarak klorofil azalması bundan önce değişik bitkilerde belirlenmiştir (Moran vd., 1994, Campos vd., 1999, Egert ve Tevini, 2002). Kuraklık etkisi ile bitkilerde yaprakların nispi nem içeriğinin (NNI) ve yaprak su potansiyelinin düşmesi fotosentez oranını azaltmaktadır. (Lawlor and Cornic, 2002). Kuraklık sonucu fotosentez oranının azalmasının stomaların kapanması sonucumu yoksa bunun metabolik bir gereklilikmi olduğu tartışılmaktadır. Bununla birlikte kuraklık koşullarında fotosentez oranının azalmasının temel sebebinin stomatal sınırlamadan kaynaklığı genellikle kabul edilmektedir (Cornic, 1996). Stomaların kapanması ile fotosentez oranı ve içsel CO₂ konsantrasyonu azalmakta, bu da sonuç olarak fotosentez metabolizmasını inhibe etmektedir. Artan kuraklık derecesine bağlı olarak stomalar başarılı bir şekilde kapanmaktadır. Kuraklığın derecesine bağlı olarak stomaların kapanması köklerde sentezlenen absisik asitin kimyasal sinyallerinin yapraklara transpirasyon akımı ile sağlanmaktadır. Kuraklık stresinde stomaların kapanması bitkilerin beslenme durumlarını da olumsuz etkilemektedir.

Bitki örtüsü sıcaklığı (BÖSF) sonuçları incelendiğinde kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinin BÖSF'nin sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlerle kıyaslandığında daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Günlük ortalama BÖSF incelendiğinde yine kuru koşullarda yetiştirilen nohut çeşitlerinde ortalama değerlerin daha yüksek olduğu; diğer taraftan her iki koşulda yetiştirilen bitkilerin BÖSF değerlerinin hasat zamanına yaklaşıldıkça yükseldiği gözlenmektedir. Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen çeşitlere ait BÖSF'leri, 2008 yılı tarla denemesinde, sulu koşullarla kıyaslandığında kuru koşullarda elde edilen BÖSF değerleri daha yüksek olmuştur. Bu parametreler günlük sıcaklık değerlerine göre değişim göstermektedir. Bitki yüzeyinden suyun buharlaşması bitki sıcaklığının atmosfer sıcaklığından daha düşük olmasını sağlarken, düşük bitki örtüsü sıcaklığı daha fazla stoma

iletkenliği ve daha iyi adaptasyon yeteneğinin bir göstergesi olmaktadır (Reynolds vd. 2001). BÖSF'ni etkileyen en önemli parametre ölçüm anındaki toprakta bulunan yararışlı su miktarı ve bitkinin bu sudan yararlanabilme kabiliyetidir. Bitki çeşitleri arasında topraktaki suyu kullanabilme açısından genetik farklılığın mevcut olması nedeniyle kurağa dayanıklı çeşit geliştirme çalışmalarında BÖSF ölçümünün seleksiyon kriteri olabileceği bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Kumari vd. 2007, Olivares-Villegas vd. 2007).

Bütün nohut çeşitlerinde kuraklık stresine bağlı olarak H_2O_2 birikimi ve buna bağlı olarak lipid peroksidasyonu gerçekleşmiştir. Kuraklık stresinde yaprakların absorbe ettiği ışık miktarı ve yararlanılan ışık arasındaki dengenin bozulması nedeniyle fotosentez aktivitesinin inhibe olduğu bilinmektedir (Foyer and Noctor, 2000). Bu koşullarda fotosistem II' de elektronların oluşması ve kullanılması arasındaki denge bozulmaktadır. Kuraklık stresi altındaki bitkilerin kloroplastlarındaki bu fotokimyasal değişimler fotosistem II de aşırı miktarda biriken ve kullanılamayan ışık enerjisi dokularda aktif oksijen türevlerinin (O_2^- , 1O_2 , H_2O_2 , OH) oluşumuna neden olur (Peltzer vd. 2002). Su stresinde stomaların kapanmasına bağlı olarak yaprakların mezofil dokularında CO_2 'nin seviyesi hızla düşmesi süperoksit radikallerinin (O_2^-) artması ile bitki dokularında moleküler oksijen ile rekabet eden NADP' ler indirgenerek NADPH akümüle olur. Bu koşullarda bitki dokularında NADP miktarı azalır ve oksijen alternatif elektron alıcısı olarak görev yapar. Bu durumda bitki dokularında indirgenmiş oksijen türevleri olan süperoksit radikalleri (O_2^-) ve bunun indirgenmiş formu olan H_2O_2 ve hidroksil ($OH^\cdot$) radikalleri Haber-Weiss adı verilen reaksiyon ile oluşur (Cadenas, 1989; Sairam ve Saxena, 2000). Aktif oksijen çeşitleri olarak adlandırılan süperoksit radikali, hidrojen peroksit ve hidroksit radikalleri, lipid peroksidasyonuna ve sonuçta membran zararlanmasına, proteinlerin degradasyonuna, enzimlerin inaktivasyonuna, pigmentlerin azalmasına ve DNA zincirlerinin bozulmasına yol açmaktadır (Fridovich 1986, Liebler vd. 1986, Davies 1987, Imlay ve Linn 1988). Bitkilerin süper oksit radikali ve hidrojen peroksitin toksisitesini önleyebilmeleri onların oksidatif strese karşı önemli bir savunma mekanizmasıdır. Bitkiler hücrelerini bu toksik oksijenlerden süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, glutathion reduktaz, katalaz enzimleri ve bunların metabolitleri olan glutathion, askorbik asit, α -tokoferol ve karotenoidler ile korurlar (Liebler vd. 1986, Sairam vd. 1998, Sairam ve Saxena, 2000). Antioksidan sistemleri güçlü olan bireylerin ise stres koşullarına toleransları artmaktadır. Bitkiler stresten kaçabilmek için antioksidan enzimler ve

enzimatik olmayan antioksidanların yanında prolin akümüle ederek strese karşı koyabilmektedir. Bizim çalışmamızda da kuraklığa bağlı olarak bütün çeşitlerin dokularında prolin akümülasyonu ve sera koşullarında enzimatik olmayan antioksidan olan askorbik asit ve tarla koşullarında ise toplan enzimatik olmayan antioksidanların miktarında artış görülmüştür. Bu çalışmada kuraklığa bağlı olarak enzimatik antioksidanlardan SOD azalırken, CAT ve APX artış göstermiştir. Kuraklık stresine maruz kalan birçok bitkide reaktif oksijen türlerine karşı savunmada enzimatik antioksidant sisteminin rol oynadığına dair pek çok çalışma vardır (Lima vd. 2002, Srivalli vd. 2003, Jung 2004, Yong vd. 2006). Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1), katalaz (CAT; EC 1.11.1.6), peroksidaz (POD; EC 1.11.1.7), askorbat peroksidaz (APX; EC 1.1.1.11), glutatyon redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) ve diğer askorbat-glutatyon döngüsü enzimleri (monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR; EC 1.6.5.4) ve dehidroaskorbat redüktaz (DHAR; EC 1.8.5.1)'i içeren antioksidatif enzimler; antioksidant moleküllerin çevrimini, degradasyonunu ve sentezini ya da serbest radikallerin hücreden doğrudan atılmasını katalizleyebilmektedir. SOD, en reaktif hidroksil radikallerini üreten iki Haber-Weiss reaksiyonu substratı olan H_2O_2 ve $O_2^{\bullet-}$ nin konsantrasyonlarını tayin etmesiyle oldukça büyük bir öneme sahiptir. Detoksifikasyon sürecinin ilk enzimi olup süperoksitin hidrojen peroksit ve oksijene dismutasyonunu katalizler (Raychaudhuri 2000, Molassiotis vd. 2006). Yüksek bitkiler yapraklarındaki kuraklığın neden olduğu yıkıcı etkilerin üstesinden gelebilmek için içsel antioksidant savunma sistemlerine sahiptirler. Kuraklık stresinin birçok bitkinin SOD, CAT (Jiang and Ren, 2004) ve APX gibi enzimatik antioksidant savunma aktivitesini (Sharma ve Dubey, 2004) etkilediği bilinmektedir.

Ortamda su miktarının azalması besin maddelerinin alınabilirliğini azatmaktadır (Baligar vd. 2001; Marschner 1995). Bu nedenle su yetersizliğinde diğer çeşitlere göre daha fazla besin maddesi alabilme yeteneğine sahip olan çeşitlerle kuraklığa toleran arasında bir ilişkinin olup olmadığını anlamak amacıyla çeşitlerin kuraklıkta aldıkları besin maddeleri miktarları karşılaştırılmıştır. Kuraklık genel olarak bitkide besin maddesi konsantrasyonlarının a sebep olmuştur. Bununla birlikte bazı besin maddelerinin miktarı ise kuru maddenin kuraklık sonucu azalması nedeniyle artmıştır. Sera koşulları ve tarla koşullarında da besin maddesi konsantrasyonları bakımından önemli farklılıklar görülmüştür. Tarla koşullarında çeşitlerin N konsantrasyonları bazılarında artarken bazılarında azalmıştır. Bununla birlikte sera koşullarında bütün çeşitlerin N konsantrasyonu konsantrasyon etkisi nedeniyle artmıştır. Nohut çeşitlerinin P konsantrasyonları da ortam ve yıla bağlı farklılıklar göstermiş; tarla

koşullarında çeşitlerin P konsantrasyonu kuraklığa bağlı olarak ilk yıl azalırken ikinci yıl kimi çeşitlerde artmış kimisinde azalmıştır. Sera koşullarında ise ilk yıl artarken ikinci yıl çeşitlere bağlı farklılıklar göstermiştir. Nohut çeşitlerinin K konsantrasyonu tarla koşullarında ilk yıl azalmış ikinci yıl çeşide bağlı azalma ve artış olmuş, sera koşullarında ise çeşide bağlı artış ve azalışlar görülmüştür. Nohut çeşitlerinin Ca ve B konsantrasyonu yapılan bütün denemelerde kuraklık sonucunda azalma gösterirken Zn ise artış göstermiştir. Çeşitlerin Mg ve Cu konsantrasyonları tarla koşullarında kuraklığa bağlı olarak azalırken sera koşullarında artmıştır. Çeşitlerin Fe konsantrasyonları yıla, deneme koşuluna göre değişimler gösterirken, Mn konsantrasyonları kuraklık nedeniyle tarla koşullarında azalırken serada çeşitlere bağlı artış ve azalışlar göstermiştir. Sera ve tarla koşulları arasında görülen bu büyük değişimlerin en önemli sebebi muhtemel olarak tarla koşullarında toprak neminin mutlak bir değerden giderek azalan bir eğilim izlemesi, sera koşullarında ise belirli aralıklarla yapılan sulamanın toprakta nem seviyesinde meydana getirdiği dalgalanma ile açıklanabilir.

Sonuç olarak aynı bitkinin farklı çeşitleri arasında kuraklığa dayanıklılık bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Tarımsal üretimde başarılı olabilmek için strese dayanıklı genetik bireylerin seçimi önem taşımaktadır. Bununla birlikte diğer stres koşullarından farklı olarak kuraklık stresinin olduğu dönem çok önem taşımaktadır. Erken kuraklığa dayanıklı olan bir çeşit geç dönemde oluşan kuraklığa hassas olabilmektedir. Sera ve tarla koşulları arasında elde edilen sonuçlar açısından önemli farklılıklar olabilmektedir. Sera koşullarında dayanıklı olarak kabul edilen bir çeşit doğal koşullarda hassas olabilmektedir. Bütün bunlara rağmen hem sera hem tarla ve her iki yılda da değerlendirmeye alınan çeşitler arasında Gökçe, Sarı ve Uzunlu-99 çeşitlerinin diğer çeşitlere göre kuraklığa dayanıklı olduğunu KHİ, BÖSF, antioksidan enzimler ve enzimatik olmayan antioksidanlardaki değişimleri dikaate alarak söylemek mümkündür. Sonuç olarak; bu verilere göre de belirtilen parametrelerin kuraklığa dayanıklılıkta fizyolojik ve biyokimyasal seleksiyon parametreleri olarak kullanılabileceğini belirtmek mümkün olmuştur.

KAYNAKLAR

- ABBO S., Grusak M.A., Tzuk T., Reifen R., Genetic control of seed weight and calcium concentration in chickpea seed, *Plant Breed.*, 119, 427-431, (2000).
- AHMAD F., Random amplified polymorphic DNA (RADP) analysis reveals genetic relationships among the annual *Cicer* species, *Theor. Appl. Genet.* 98, 657-663, (1999).
- AHMAD F., A comparative study of chromosome morphology among the nine annual species of *Cicer* L, *Cytobios.*, 101, 37-53, (2000).
- AL-KHATIB K., Paulsen G.M., Mode of high temperature to wheat during grain development. *Physiol. Plant*, 61, 363-368, (1984).
- ANBESSA Y., Bejiga G., Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. *Gen. Res. Crop. Evol.* 49, 557-564 (2002).
- ANONİM., Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri (2007).
- ANONYMOUS., Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistical Databases, <http://www.fao.org>. (2008).
- ARAGHI G.S., Assad M.T., Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. *Euphytica* 103, 293-299 (1998).
- ASHRAF M., 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199, 361-376, (2004).
- BLUM A., Breeding Crop Varieties for Stress Environments. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2, 199-237, (1986).
- BLUM A., Plant breeding for stress environment. *Physiol. Plant*, 61, 363-368, (1988).
- BLUM A. Breeding methods for drought resistance. *Plants under stress. Meeting Soc. Exp. Biol.*, Lancaster, UK, 28-31 Mar. 1988, H.G. Jones vd. (Eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK., Pp. 197-216 (1989).
- BLUM A., Pnuel Y., Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 41(5): 799 – 810, (1998).
- BOUTRAA T., SANDERS F.E., Influence of water stres on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean. *J. Agronomy and Crop Science* 187, 251-257 (2001).

- BRUCKNER PL., Frohberg RC., Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Sci.*, 27, 31-36 (1987).
- CAMPOS P.S., Ramalho J.C., Lauriano J.A., Silva M.J., do Ceu Matos, M., Effects of Drought on Photosynthetic Performance and Water Relations of Four *Vigna* Cultivars, *Photosynthetica*, vol. 36, pp. 7987 (1999).
- CHIMENTI C.A., Pearson J., Hall A.J., Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. *Field Crops Res.*, 75, 235-246, (2002).
- CLARKE J.M., McCaig T.N., Excised leaf water retention capacity as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 62: 571-578, (1982).
- COLOM M., Vazzana C., Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass. *Environ. Exp. Bot.*, 49, 135-144, (2003).
- CORNIC G., Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. *Trends Plant Sci.* 1, 21-26, (1996).
- CUBERO J.I., Morphology of chickpea. *The Chickpea*. Saxena M.C. and Singh, K.B. (eds.), CAB International Publ., Wallingford, Oxon, UK, pp. 35-66, (1987).
- ÇEKİÇ C., Kurağa dayanıklı buğday (*Triticum aestivum* L.) ıslahında seleksiyon kriteri olabilecek fizyolojik parametrelerin araştırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı. Doktora Tezi. (2007).
- DAVIES K.J.A., Protein damage and degradation by oxygen radicals. I. General aspects. *J. Biol. Chem.* 262, 9895-9901, (1987).
- DENCIC S., Kastori R., Kobiljski B., Duggan B., Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivar and landraces under near optimum and drought condition. *Euphytica*, 113, 45-52, (2000).
- DHANDA S.S., Sethi GS., 1998. Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica* 104: 39-47, (1998).
- DHANDA S.S., Sethi G.S. Behl R.K., Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agronomy and Crop Sci.* 190, 6-12, (2004).
- DUKE J.A., Handbook of legumes of world economic importance, Plenum Press, New York, pp. 52-57, (1981).

- EGERT M., Tevini M., Influence of Drought on Some Physiological Parameters Symptomatic for Oxidative Stress in Leaves of Chives (*Allium schoenoprasum*), Environ. Exp. Bot., 48, 43-49, (2002).
- FISCHER R.A., Maurer R., Drought resistance in spring wheat cultivar: I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res., 29, 897-912, (1978).
- FOYER C.H., Noctor G., Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. New Phytol. 146, 359-388, (2000).
- FRANCA M.G.C., Thi A.T.P., Pimental C., Rossiello R.O.P., Fodil Y.Z., Laffray, D., Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. Environ. Exp. Bot. 43, 227-237 (2000).
- FRIDOVICH I., Biological effects of superoxide radical. Arch. Biochem. Biophys. 247: 1-11, (1986).
- GAN Y.T., Siddique K.H.M, MacLeod W.J., Jayakumar P., Management options for minimizing the damage by ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum* L.), Field Crops Res., 97, 121-134, (2005).
- GE T., Sui F., Bai L., Lu Y., Zhou G., Effects of water stress on the protective enzyme activities and lipid peroxidation in roots and leaves of summer maize, ASC, 5(4), 291-298, (2006).
- GUNES A., Inal A., Alpaslan M., Cicek N., Guneri, E., Eraslan F., Guzelordu, T., Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea Mays* L.) Archives of Agronomy and Soil Science. 51(6):687-695, (2005).
- HSU S.Y., Hsu Y.T., Kao C.H. 2003. The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. Biol. Plant., 46, 73-78, (2003).
- HUISMAN J., van der Poel A.F.B., Aspects of the nutritional quality and use of cool season food legumes in animal feed. Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes. Muehlbauer, F.J. and Kaiser, W.J. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, Pp.53-76 (1994).
- IBA K., Acclimative responses to temperature stress in higher plants, approaches of gene engineering for temperature tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 53, 225-245, (2002).

- İNÇİ F., Characterization of SOD isozymes under different stress conditions in Turkish wheat varieties. Master Thesis, METU, Department of Biotechnology, Ankara. (1995).
- JIANG H.F., Ren X.P., The effect on SOD activity and protein content in groundnut leaves by drought stress, AAS, 30, 169-174, (2004).
- JUNG S., Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. Plant Sci., 166, 459-466, (2004).
- KACAR B., İnal A., Bitki Analizleri. Nobel Yayın No: 1241, Fen Bilimleri, 63. s. 892. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Ankara (2008).
- KALEFETOĞLU T., Nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarının kuraklık stresine dayanıklılığının karakterizasyonu. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (2006).
- KATERJI N., van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastroilli, M., Oweis, T., Malhotra, R.S., Response to soil salinity of two chickpea varieties differing in drought tolerance. Agricultural Water Management 50, 83-96, (2001).
- KAUR M., Singh N., Sodhi N.S., Physicochemical, cooking, textural and roasting characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars, J. Food Eng., 69, 511-517, (2005).
- KAVI Kishore, P.B., Sangam S., Amrutha R.N., Laxmi P.S., Naidu K.R., Rao K.R.S.S., Rao S., Reddy K.J., Theriappan P., Sreenivasulu N., Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants, its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Curr. Sci., 88, 424-438 , (2005).
- KUMARI M., Singh V. P., Tripathi R. Joshi A. K. Variation for staygreen trait and its association with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat wheat production in stressed environments. Springer Netherlands 12: 357-363, (2007).
- LABDİ M., Robertson L.D., Singh K.B., Charrier A. Genetic diversity and phylogenetic relations among the annual *Cicer* species as revealed by isozyme polymorphism, Euphytica, 88, 181-188, (1996).
- LADIZINSKY G., Adler A., Genetic relationships among the annual species of *Cicer* L, Theor. Appl. Genet., 48, 197-204, (1976).

- LEI Y., Yin, C. and Li, C. 2006. Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum*, 127, 182-191, (2006).
- LEPORT L., Turner N.C., Davies S.L., Siddique, K.H.M., 2006, Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought, *Eur. J. Agron.*, 24, 236-246, (2006).
- LEV-YADUN S., Gopher A., Abbo S., The cradle of agriculture, *Science*, 288, 1602-1603, (2000).
- LIEBLER D.C., Kling D.S., Reed D.J., Antioxidant protection of phospholipid bilayers by α -tocopherol. Control of α -tocopherol status and lipid peroxidation by ascorbic acid and glutathione. *J. Biol. Chem.* 261, 12114-12119, (1986).
- LIMA A.L.S., DaMatta F.M., Pinheiro H.A., Totola M.R., Loureiro M.E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. *Environ. Exp. Bot.*, 47, 239-247, (2002).
- LIU F., Jensen C.R., Andersen M.N., Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: Its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86, 1-13, (2004).
- LUDLOW M.M., Muchow R.C., A critical evaluation of traits for improving crop yield in water-limited environments. *Adv. Agron.*, 43, 107-153, (1990).
- MACHADO S., Paulsen G.M., Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and Soil* 233: 179-187, (2001).
- MAHAJAN S., Tuteja N., Cold, salinity and drought stresses, an overview, *Arch. Biochem. Biophys.*, 444, 139-158, (2005).
- MANI S., Van de Cotte B., Montagu M.V., Verbruggen N., Altered levels of proline dehydrogenase cause hypersensitivity to proline and its analogs in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 128, 73-83, (2002).
- MOLASSIOTIS A., Sotiropoulos T., Tanou G., Diamantidis G., Therios, I., Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh). *Environ. Exp. Bot.*, 56, 54-62, (2006).

- MORAN J.F., Becana M., Iturbe-Ormaetxe I., Frechilla S., Klucas R.V., Apracio-Tejo P., Drought Induces Oxidative Stress in Pea Plants, *Planta*, 194, 346-352, (1994).
- MUEHLBAUER F.J., Singh, K.B., Genetics of chickpea. The Chickpea. Saxena, M.C. and Singh, K.B. (eds.), CAB. International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 99-125, (1987).
- MUEHLBAUER F.J., Tullu A., *Cicer ahetinum* L, In: New Crop Fact Sheet, Purdue University, Center for New Crops & Plant Products, <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/Chickpea.html> (1997).
- NAVARI-IZZO F., Milone, M.T.A., Quartacci, M.F. and Pinzino, C. 1993. Metabolic changes in wheat plants subjected to a water-deficit stress programme. *Plant Sciences*, 92, 151-157, (1993).
- OCAMPO B., Robertson L.D., Singh K.B., Variation in seed protein content in the annual wild *Cicer* species, *J. Sci. Food. Agric*, 78, 220-224, (1998).
- OCAMPO B., Venora G., Errico A., Singh K.B., Saccardo F., Karyotype analysis in genus *Cicer*, *J. Genet. Breed.*, 46, 229-240, (1992).
- OLOVARES-Villegas J. J., Reynolds M.P., McDonald, G. K., Drought-adaptive attributes in the Seri/Babax hexaploid wheat population *Functional Plant Biology* 34: 189-203, (2007).
- ÖZTÜRK L., Influence of drought stress on the leaves of antioxidative defense during germination and early tillering stages in wheat genotypes differing in drought susceptibility. Master Thesis, Ç.Ü., Department of Soil Science, Adana. (1996)
- ÖZTÜRK L., Demir Y., In vivo and in vitro protective role of proline. *Plant Growth Regul.*, 38, 259-264, (2002).
- PELTZER D., Dreyer E., Polle A., Temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species. *Plant Physiol Biochem* 40, 141-150, (2002).
- PUNDIR R.P.S., Reddy K.N., Mengesha M.H., ICRISAT Chickpea Germplasm Catalog: Evaluation and Analysis, ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, India, (1988).
- QUARTACCI M., Pinzino C., Sgheri C., Navari-izzo F., Lipid composition and protein dynamics in thylakoids of two wheat cultivars differently sensitive to drought. *Plant Physiol.*, 108,191-197, (1995).

- RAJARAM S., Braun H.J., Van Ginkel M., CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. *Euphytica*, 92, 147-153, (1996).
- RAYCHAUDHURI S.S., The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants. *Bot. Rev.*, 66, 89-98, (2000).
- SAIRAM R.K., Saxena D.C., Oxidative stress and antioxidants in wheat cultivars: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 184: 55-61 (2000).
- SAIRAM R.K., Deshmukh P.S., Saxena D.C., Role of antioxidant systems in wheat cultivars tolerance to water stress. *Biologia Plantarum* 41: 387-394, (1998).
- SÁNCHEZ F.J., de Andrés, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L., Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum L.*) subjected to water stress. *Field Crops Res.*, 86, 81-90, (2004).
- SAWHNEY V., Singh, D.P., Effect of chemical desiccation at the post-anthesis stage on some physiological and biochemical changes in the flag leaf of contrasting wheat genotypes. *Field Crops Research* 77, 1-6, (2002).
- SHARMA D., Dubey R.S., Ascorbate peroxidase from rice seedlings: properties of enzyme isoforms, effects of stresses and protective roles of osmolytes, *Plant Sci.*, 167, 541-550, (2004).
- SHPILER L., Blum A., Differential relations of wheat cultivars to hot environments. *Euphytica*, 35, 483-492, (1986).
- SHPILER L., Blum, A. 1991. Heat tolerance to yield and its components in different wheat cultivars. *Euphytica*, 71, 211-219.
- SIDDIQUE M.R.B., Hamid A., Islam M.S., Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas Exchange of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 40, 141-145, (1999).
- SINGH K.B., Ocampo, B., Interspecific hybridization in annual *Cicer* species, *J. Genet. Breed.*, 47, 199-204, (1993).
- SINGH K.B., Chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Field Crops Res.*, 53, 161-170, (1997).
- SINGH K.B., Holly L, Bejiga G., A catalog of kabuli chickpea germplasm: an evaluation report of winter sown kabuli chickpea, land races, breeding lines and wild *Cicer* species,

- International Center for Agricultural Research in the Dry Area (ICARDA), P.O. Box 5466, Aleppo, Syria, pp. 398, (1991).
- SINGH K.B., Malhotra R.S., Halila M.H., Knights E.J., Verma M.M., Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses, *Euphytica*, 73,137-149, (1994).
- SMITHSON J.B., Thompson J.A., Summerfield R.J., Chickpea (*Cicer arietinum* L). Grain Legume Crops. Summerfield, R.J. and Roberts, E.H. (eds.), Collins, London, UK, pp. 312-390, (1985).
- SOFIELD I., Evans L.T., Wordlaw I.F., The effects of temperature and light on grain filling in wheat. *R. Soc. NZ. Bull.*, 12, 909-915, (1974).
- SOLTANI A., Khoorie F.R., Ghassemi-Golezani K., Moghaddam M., A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment, *Agr. Water Manage.*, 49, 225-237, (2001).
- SRIVALLI B., Sharma, G., Khanna-Chopra, R. 2003. Antioxidative defence system in upland rice cultivar subjected to increasing intensity of water stress followed by recovery. *Physiol. Plant.*, 119, 503-512, (2003).
- STONE P.J., Nicolas M.E., A survey of the effects of high temperature during grain filling on yield and quality of 75 wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 46, 475-492, (1995).
- STONE P.J., Nicolas, M.E., Wheat cultivars vary widely in responded of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. *Aus. J. Plant Physiol.* 21, 887-900, (1994).
- TÜRKAN I., Bor M., Özdemir F., Koca H., Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, *Plant Sci.*, 168, 223-231, (2005).
- VAN DER MAESEN L.J.G., Origin, history and taxonomy of chickpea. The chickpea. Saxena M.C. and Singh, K.B. (eds.), CAB International Publ., UK, pp. 11-34, (1987).
- WILLIAMS P.C., Singh U., The chickpea-nutritional quality and evaluation of quality in breeding programs. The Chickpea. Saxena, M.C. and Singh, K.B., CAB Int. Publ., UK, pp. 329-356, (1987).

- WU Q.S., Xia R.X., Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. J. Plant Physiol., 163, 417-425, (2006).
- YONG T., Zongsuo L., Hongbo S., Feng D., Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of *Radix astragali* at seeding stage. Colloid. Surface. B., 49, 59-64 (2006).
- ZHONG-HU H., Rajaram S., Differential responses of bread wheat characters to high temperature. Euphytica, 72, 197-203, (1994).

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 104O477
Proje Başlığı: Türkiye de yetiştirilen bazı nohut (<i>Cicer arietinum</i> L.) çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stres ve fizyolojik ve biyokimyasal tolerans mekanizmalarının belirlenmesi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof.Dr.Aydın GÜNEŞ Prof.Dr. Mehmet ALPASLAN Prof.Dr. Ali İNAL Prof.Dr. M. Sait ADAK, Araş.Gör. Esra Güneri BAĞCI
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 06110 Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK Tunus Caddesi No:80 06100 Kavaklıdere / Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.06.2005 – 30.06.2009
Öz (en çok 70 kelime) Bu çalışmanın amacı; kurağa dayanıklılıkta seleksiyon kriteri olabilecek bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri sera ve tarla koşullarında karşılaştırmaktır. Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin seçiminde kuraklık hassasiyet indeksi, yaprak su tutma kapasitesi, yaprak nisbi nem içeriği, nisbi klorofil, membran geçirgenliği, prolin birikimi, H ₂ O ₂ birikimi, lipid peroksidasyonu, bitki örtüsü sıcaklığı, enzimatik olmayan antioksidanlar ve antioksidan enzimlerden süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz enzimlerinin aktiviteleri gibi parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda, sera ve tarla koşullarında Gökçe, Sarı ve Uzunlu-99 çeşitlerinin diğer çeşitlere göre kuraklığa toleransının yüksek olduğu belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Nohut, kuraklık, oksidatif stress, seleksiyon, parametre.
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet ☐ Gerekli Değil * ☐ Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Proje kesin raporu kabul edildikten sonra SCI kapsamında yayın yapılacaktır. Bununla birlikte projeden alınan destekle oluşturulan altyapı ile proje konusu ile doğrudan ilgili ve her birinin "Acknowledgement" bölümünde TÜBİTAK 104O477 proje numarasına atıfta bulunularak teşekkür edilen SCI kapsamındaki makaleler ekte sunulmuştur. Gunes A., Cicek N., Inal A., Alpaslan M., Eraslan F., Guneri E., Guzelordu T., 2006. Genotypic response of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil and Environment . 8: 368-376. Gunes A, Inal A., Adak M.S., Alpaslan M., Bagci E.G., Erol T., Pilbeam D.J. 2007. Mineral nutrition of wheat, chickpea and lentil as affected by mixed cropping and soil moisture.

Nutrient Cycling in Agroecosystem 78: 83-96.

Gunes A., Inal A., Adak M.S. Bagci E.G., Cicek N., Eraslan F., 2007. Effect of Drought Stress Implemented at Pre- and Post-anthesis Stage on Some Physiological Parameters as Screening Criteria in Chickpea Cultivars. **Russian Journal of Plant Physiology** 164: 807-811.

Gunes A., Pilbeam D.J., Bagci E.G., Coban S. 2007. Influence of silicon on antioxidant mechanisms and lipid peroxidation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. **Journal of Plant Interaction** 2:105-113.

Gunes A., Pilbeam DJ., Inal A., Coban S . 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 39: 1885-1903.

Gunes A., Kadioglu YK., Pilbeam DJ., Inal A., Coban S., Aksu A. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, II: Essential and nonessential element uptake determined by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** 39: 1904-1927.