

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet AKYOL

**SERA TOPRAKSIZ BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KİSMİ KÖK
BÖLGESİ KURULUĞUNUN (PARTIAL ROOT ZONE DRYING-PRD)
ETKİLERİ**

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERA TOPRAKSIZ BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KISMİ KÖK BÖLGESİ
KURULUĞUNUN (PARTIAL ROOTZONE DRYING-PRD) ETKİLERİ**

Mehmet AKYOL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 03/12/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Ayşe GÜL
ÜYE

.....
Prof. Dr. Nebahat SARI
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2009YL60

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERA TOPRAKSIZ BİBER YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KISMİ KÖK BÖLGESİ KURULUĞUNUN (PARTIAL ROOTZONE DRYING-PRD) ETKİLERİ

Mehmet AKYOL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
Yıl: 2010, Sayfa: 93
Jüri : Doç. Dr. H.Yıldız DAŞGAN
: Prof. Dr. Ayşe GÜL
: Prof. Dr. Nebahat SARI

Deneme 2009 erken ilk bahar yetiştiriciliği döneminde gerçekleştirilmiştir. Denemede topraksız dolmalık biber yetiştiriciliğinde PRD (partial rootzone drying) tekniği araştırılmıştır. Denemelerde: (1) NS-Açık: tam sulama yapılmış ve drene olan besin çözeltisi sera dışına alınmıştır, (2) NS-Kapalı: tam sulama yapılmış ancak drene olan besin çözeltisi sulama sisteminde tekrar kullanılmıştır, (3) PRD-Açık: %50 kısıtlı sulama ile açık sistem kullanılmıştır, (4) PRD-Kapalı; %50 kısıtlı sulama yapılmış ve drene olan besin çözeltisi tekrar kullanılmıştır. Topraksız yetiştiricilikte PRD tekniği kullanımının, biber bitkisinde büyüme ve gelişme, verim, meyve kalitesi, bitki besin maddeleri ve substratta iyon konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemede boy, yaprak ağırlığı, toplam biyomas ağırlığı, yaprak alanı gibi bitki gelişim parametreleri ve toplam verim uygulamalardan etkilenmemiştir. Bununla birlikte uygulamaların yaprak sayısı üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Denemede toplam verim yüksekte düşüğe doğru NS-Kapalı, NS-Açık, PRD-Açık ve PRD-kapalı uygulamalarında 7.00, 6.88, 5.73 and 5.68 kg/m² olarak bulunmuştur. Periyodik yapılan yaprak analizlerinde biber bitkilerinin farklı uygulamalar altında N, P, K, Ca, Mg ve Cl bakımından yeterli beslendiği ve bu açıdan bir sorun olmadığı tespit edilmiştir. Uygulamaların yaprak oransal su içeriği ve yaprak sıcaklığı üzerine etkilerinin önemsiz olduğu bununla birlikte membran zararlanması, yaprak su potansiyeli, stoma geçiçenliği ve ozmotik potansiyel üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Substrat analizlerinde Na ve Cl ve PO₄ konsantrasyonu bakımından NS-Kapalı uygulamasında, SO₄ ve Mg bakımından ise PRD-Kapalı uygulamasında birikim belirlenmiştir. Yapılan meyve analizlerinde meyve fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur.

Denemeden çıkan sonuçlara bakılarak kısıtlı su imkanı olan yerlerde sera ilkbahar dolmalık biber yetiştiriciliğinde PRD tekniği kullanılabilir bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kısıtlı su, bölünmüş kök, *Capsicum annuum*, topraksız kültür

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECTS OF PRD (PARTIAL ROOTZONE DRYING) ON SOILLESS GROWN GREENHOUSE PEPPER

Mehmet AKYOL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF HORTICULTURE

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. H.Yıldız DAŞGAN

Year: 2010, Pages: 91

Jury : Prof. Dr. Ayşe GÜL

: Prof. Dr. Nebahat SARI

Experiment has been carried out in 2009 early-spring growing period, in order to investigate PRD (Partial Rootzone Drying) technique on soilless grown greenhouse bell pepper. The four irrigation treatments have been realized. In the experiment: (1) Full-open (F-O), (2) Full-closed (F-C), (3) PRD-open and (4) PRD-closed systems. Under full irrigation treatments (F-O and F-C), all roots were wetted in every irrigation with the applied amount of nutrient solution using one line of drip irrigation. The treatments of PRD system received 50% reduced nutrient solution compared to full irrigation treatments. In the open systems (F-O and PRD-O), the excess nutrient solution was discharged as drainage from the greenhouse. In the closed systems (F-C and PRD-C), drainage effluent from the base of the growth containers was collected and recycled in the system. In the experiment the effects of the treatments on plant vegetative growth such as height, leaf weight, total biomass weight, leaf area and total yield were not significantly affected by the treatments. Number of leaf was affected significantly by the treatments. The total yields in the experiment from the highest to the lowest treatments were Full-closed, Full-open, PRD-open and PRD-closed with 7.00, 6.88, 5.73 and 5.68 kg/m² pepper. The leaf analysis in both year experiments for N, P, K, Ca, Mg and Cl showed that the bell pepper plants were adequately and properly fed throughout the growth period in the different treatments. The fruit physical and chemical properties were not significantly affected by the treatments. Relative water content and leaf temperature were not significantly affected by the treatments; however membrane injury, leaf water potential, osmotic potential and stomatal conductance were significantly affected by the treatments. Substrate analysis showed Na, Cl and PO₄ accumulations in Full-closed, SO₄ and Mg accumulations in PRD-Closed treatments.

The general conclusions from the project work: Deficit irrigation with PRD technique can be successfully used in soilless grown bell pepper. The PRD applications in soilless grown greenhouse tomato have good potential for saving water and nutrients as well as its environmental friendly nature with minimized drainage discharge.

Key words: Deficit water, split root, *Capsicum annuum*, soilless culture

TEŞEKKÜR

Bu güne kadar benden maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili babam Bekir AKYOL ve annem Sıddıka AKYOL'a sonsuz teşekkürler.

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana "Sera Topraksız Biber Yetiştiriciliğinde PRD (kısmi kök bölgesi kuruluğu)'nin Etkileri" konulu master tezini veren yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. H. Yıldız DAŞGAN'a ve yardımını esirgemeyen sayın Dr. Şebnem KUŞVURAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Master tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Ayşe GÜL'e ve Sayın Prof. Dr. Nebahat SARI'ya yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda buldukları için teşekkürlerimi sunarım.

Master çalışmalarım esnasında, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: ZF2009YL60) içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda benden deneyim ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Zir. Müh. Gökçe AYDÖNER, Zir. Müh. Yıldırım AKHOUNDNEJAD, Zir. Müh. Kerim SÜYÜM, Zir. Müh. Enver TEKELİ, Ar. Gör. Şenay BEHLÜL KARABIYIK, Ar. Gör. Mahmut Can HIZ, Bahçe Bitkileri Bölümü öğrencilerinden Ali BOL, Özgür Mehmet ÖZDEMİR ve Bahçe Bitkileri arazi çalışanı Şükrü TÜRKMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Topraksız Tarım Uygulamaları.....	1
1.2. “Kısmi Kök Kuruluşu” Yöntemi.....	2
1.3. Dünya ve Türkiye’de Su Sorunu.....	3
1.4. Bitkisel Üretimde Suyun Önemi.....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL ve METOD.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Deneme Alanında Kullanılan Sera ve Topraksız Yetiştiricilik Ortamı.....	15
3.1.2. Bitkisel Materyal.....	15
3.1.3. Gübreleme ve Sulama Ünitesinin Teknik Özellikleri.....	15
3.2. Metod.....	16
3.2.1. Sulama veya Besin Çözeltisi Uygulamaları.....	16
3.2.2. Denemede İncelenen Parametreler.....	26
3.2.3. Yaprak ve Substratta Analiz Yöntemleri.....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.1. Büyüme Parametreleri.....	35
4.1.1. Bitki Boyu Ölçümleri.....	35
4.1.2. Bitkide Yaprak Miktarı.....	36
4.1.3. Yaprak, Gövde, Meyve ve Bitki Toplam Biyomas Taze Ağırlıkları.....	37

4.1.4. Kuru Ağırlıklar.....	40
4.1.5. Kuru Madde Oluşturma.....	41
4.1.6. Yaprak Alanı	42
4.2. Verim ve Meyve Kalitesi	43
4.3. Farklı Uygulamalarda Kullanılan Besin Çözeltisi Miktarları	50
4.4. Besin Çözeltisi Kullanma Etkinliği veya Su Kullanma Etkinliği.....	51
4.5. Fizyolojik Gözlemler	54
4.5.1. Yaprak Oransal Su içeriği (%).....	54
4.5.2. Yaprak Hücrelerinde Membran Zararlanmasının Belirlenmesi (%)	55
4.5.3. Yaprak Su Potansiyelinin Belirlenmesi (MPa).....	56
4.5.4. Yaprak Sıcaklığının Belirlenmesi (⁰ C).....	57
4.5.5. Yaprak Stoma Geçirgenliğinin Belirlenmesi (mmol m ⁻² s ⁻¹).....	58
4.5.6. Yaprak Osmotik Potansiyelinin Belirlenmesi.....	59
4.6. Biber Bitkilerinde Besin Maddeleri Analizleri.....	60
4.6.1. Yaprakta Azot (N) Konsantrasyonu	60
4.6.2. Yaprakta Fosfor (P) Konsantrasyonu	61
4.6.3. Yaprakta Potasyum (K) Konsantrasyonu	61
4.6.4. Yaprakta Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu	62
4.6.5. Yaprakta Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu.....	62
4.6.6. Yaprakta Sodyum (Na) Konsantrasyonu.....	63
4.6.7. Yaprakta Klor (Cl) Konsantrasyonu	63
4.7. Biber Meyvelerinde Besin Maddesi Analizleri	65
4.7.1. Meyvede Makro Besin Maddesi Analizleri.....	65
4.7.2. Meyvede Sodyum Analizi	66
4.8. Substrat Örneklerinde İyon Analizleri	66
4.8.1. Substratta Amonyum (NH ₄) Konsantrasyonu.....	67
4.8.2. Substratta Nitrat (NO ₃) Konsantrasyonu	68
4.8.3. Substratta Klor (Cl) Konsantrasyonu	69
4.8.4. Substratta Sülfat (SO ₄) Konsantrasyonu	70
4.8.5. Substratta Fosfor (H ₂ PO ₄ -P) Konsantrasyonu	71

4.8.6. Substratta Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu	73
4.8.7. Substratta Potasyum (K) Konsantrasyonu	74
4.8.8. Substratta Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu.....	75
4.8.9. Substratta Sodyum (Na) Konsantrasyonu.....	76
4.8.10. Substratta pH Değerleri	77
4.8.11. Substratta EC Değerleri	77
5. SONUÇLAR	81
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.3. Bazı ülke ve kıtaların kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı	4
Çizelge 3.1. PRD uygulamalarının gün içerisinde sulama zamanı ve süresi ile nasıl gerçekleştirildiğini gösteren örnek bir sulama programı.....	17
Çizelge 3.2. Ana tankta hazırlanan besin çözeltisinin element konsantrasyonları (mg/l)	20
Çizelge 3.3. Denemede serada ilkbahar yetiştiricilik döneminde farklı periyotlarda ve toplam deneme süresince farklı uygulama konularında bazı besin çözeltisi parametreleri.....	21
Çizelge 4.1. Denemede farklı uygulamalar ile yetiştirilen biber bitkilerinin değişik zamanlarda ölçülen bitki boyu değerleri (cm)	35
Çizelge 4.2. Denemede farklı uygulamalar ile yetiştirilen biber bitkilerinin değişik zamanlarda ölçülen yaprak miktarı değerleri (adet/bitki).....	36
Çizelge 4.3. Denemede yaprak, gövde, meyve ve toplam biyomas taze ağırlığı (g/bitki)	38
Çizelge 4.4. Denemede NS-Açık uygulaması kontrol olarak ele alındığında kontrole göre yaprak, meyve ve toplam biyomas taze ağırlıklarında kayıp oranları (%).....	38
Çizelge 4.5. Denemede yaprak, gövde, meyve ve toplam biyomas kuru ağırlığı (g/bitki)	40
Çizelge 4.6. Farklı uygulamaların farklı bitki kısımlarında kuru madde oluşturma oranları (%).....	41
Çizelge 4.7. Denemede farklı uygulamaların bazı meyve pomolojik özellikleri üzerine etkileri.....	48
Çizelge 4.8. Denemede farklı uygulamaların bazı meyve suyu kimyasal özellikleri üzerine etkileri	48
Çizelge 4.9. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde belirlenen yaprak oransal su içeriği değerleri (%)	54
Çizelge 4.10. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen membran zararlanma indeksi değerleri (%)	55

Çizelge 4.11. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak su potansiyeli değerleri (MPa).	56
Çizelge 4.12. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak sıcaklığı değerleri (⁰ C)	58
Çizelge 4.13. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak stoma geçirgenliği değerleri ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).	58
Çizelge.4.14. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak ozmotik potansiyeli	60
Çizelge 4.15. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen azot (N) konsantrasyonları (%).	61
Çizelge 4.16. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen fosfor (P) konsantrasyonları (%).	61
Çizelge 4.17. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen potasyum (K) konsantrasyonları (%).	62
Çizelge 4.18. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen kalsiyum (Ca) konsantrasyonları (%).	62
Çizelge 4.19. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen magnezyum (Mg) konsantrasyonları (%)	63
Çizelge 4.20. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen sodyum (Na) konsantrasyonları (%).	63
Çizelge 4.21. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen klor (Cl) konsantrasyonları (%).	64
Çizelge 4.22. Denemede biber meyve örneklerinde belirlenen azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları (%)	66
Çizelge 4.23. Denemede biber meyve örneklerinde belirlenen Sodyum (Na) konsantrasyonları (%)	66

Çizelge 4.24. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen amonyum (NH_4) konsantrasyonları (ppm)	67
Çizelge 4.25. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen nitrat (NO_3) konsantrasyonları (ppm)	68
Çizelge 4.26. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen klor (Cl) konsantrasyonları (ppm)	70
Çizelge 4.27. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen sülfat (SO_4) konsantrasyonları (ppm)	71
Çizelge 4.28. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen fosfor ($\text{H}_2\text{PO}_4\text{-P}$) konsantrasyonları (ppm)	72
Çizelge 4.29. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen magnezyum (Mg) konsantrasyonları (ppm)	73
Çizelge 4.30. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda potasyum (K) konsantrasyonları (ppm)	74
Çizelge 4.31. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen kalsiyum (Ca) konsantrasyonları (ppm)	75
Çizelge 4.32. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen sodyum (Na) konsantrasyonları (ppm)	76
Çizelge 4.33. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen pH değerleri.....	77
Çizelge 4.34. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen EC (dS m^{-1})değerleri.....	78

Çizelge 4.35. ALPASLAN ve ark. (2004)'na göre olarak biber bitkisi besin maddeleri kritik düzeyleri. 79

Çizelge 4.36. BERGMANN (1992)'ya göre biber bitkisi besin maddeleri kritik düzeyleri. 79

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Bitki dikim yerleri, besin çözeltileri tankları, damlama ve drenaj toplama boruları, motor ve sayaçların yerleştirilerek serada deneme alanının hazırlanması.....	18
Şekil 3.2. Denemede sera içinde kaydedilen aylık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$).....	23
Şekil 3.3. Denemede sera içinde kaydedilen ortalama nem değerleri (%)	23
Şekil 3.4. Seradaki bitkilerden (Mayıs 2010) görüntüler.....	24
Şekil 3.5. “Yaprak Oransal Su İçeriği”nin belirlenmesi”nden bir görünüm.....	27
Şekil 3.6. “Membran Zararlanması”nın belirlenmesinden görüntüler	28
Şekil 3.7. ‘Yaprak Su Potansiyelinin belirlenmesi’ analizinden bir görünüm	29
Şekil 3.8. ‘Yaprak Ozmotik Potansiyeli’ ölçümünden bir görünüm	30
Şekil 3.9. Dolmalık biber meyvelerinden görüntüler	31
Şekil 4.1. Denemede farklı uygulamaların biber bitkisinde toplam yaprak alanı üzerine etkileri (cm^2/bitki).....	42
Şekil 4.2. Farklı uygulamaların sera topraksız biber yetiştiriciliğinde yaklaşık 3 aylık hasat periyodunda toplam meyve verimi üzerine etkileri; üstte kg/m^2 ve altta kg/bitki	45
Şekil 4.3. Farklı uygulamaların sera topraksız biber yetiştiriciliğinde yaklaşık 3 aylık hasat periyodunda toplam meyve sayısı üzerine etkileri; üstte adet/ m^2 ve altta adet/bitki.	46
Şekil 4.4. Denemede farklı uygulamalarda kullanılan besin çözeltileri miktarları..	50
Şekil 4.5 Denemede farklı uygulamaların ‘Besin Çözeltisi Kullanma Etkinliği’ ...	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Ç.Ü.	: Çukurova Üniversitesi
Ç.Ü.Z.F.	: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
mm	: Milimetre
cm ³	: Santimetreküp
cm	: Santimetre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
da	: Dekar
ha	: Hektar
kg	: Kilogram
gr	: Gram
S.Ç.K.M.	: Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı
%	: Yüzde
K	: Potasyum
K ₂ O	: Potasyum Oksit
N	: Azot
P	: Fosfor
P ₂ O ₅	: Di Fosfor Penta Oksit
Ca	: Kalsiyum
°C	: Santigrat Derece
Mg	: Magnezyum
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Mn	: Mangan
Cu	: Bakır
B	: Bor
MgSO ₄	: Magnezyum Sülfat
MPa	: Mega Pascal
mOsmol	: Miliozmo

NS	:	Normal Sulama
PRD	:	Partial Rootzone Drying
MET	:	Maximum Evapotranspirasyon
DI	:	Deficit Irrigation
F-O	:	Full Open
F-C	:	Full Closed
PRD-O	:	Partial Rootzone Drying Open
PRD-C	:	Partial Rootzone Drying Closed
CI	:	Kontrol

1. GİRİŞ

1.1. Topraksız Tarım Uygulamaları

Topraksız kültür, genellikle kontrollü sera şartlarında, son yıllarda açıkta yetiştiricilikte de kullanılan toprağa alternatif bir ortamda bitkilerin tüm besin ve su ihtiyaçlarının eriyik halinde bitkilere belirlenmiş bir sistem ve donanım vasıtasıyla sağlandığı sürdürülebilir bir üretim şeklidir. Topraksız tarım, günümüz olanaklarıyla kesin mücadelesinde başarı sağlanamayan toprak kökenli hastalık ve zararlılar, ayrıca toprağın bitki yetiştiriciliği için uygun olmadığı koşullarda (taşlık, kayalık alanlar, kireçli, tuzlu topraklar, taban suyu problemi vb.) tercih edilmektedir. Ancak bütün bunların dışında, kök bölgesinde mükemmel bir kontrol (su, gübre, sıcaklık, oksijen) sağlanması nedeniyle verim ve ürün kalitesindeki mutlak artış, temiz yetiştiricilik ortamı ve işçilikten tasarruf avantajlarından dolayı modern sera yatırımcılarının gözde tercih nedeni olmaktadır (DAŞGAN, 2010). Ülkemizde ve dünyada tarıma elverişli alanlar gün geçtikçe azalmakta, bunun yanında artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için birim alandan daha fazla verim alınması gerçeği de ortadadır.

Sera işletmelerimizin büyük çoğunluğunda üretim geleneksel şekilde toprakta gerçekleştirilmektedir. Topraksız tarım 1995 yılında 100 dekar üretim alanı ile Antalya’da kurulan modern sera işletmelerinde başlamıştır. Üretim alanı 2000 yılında 200, 2004 yılında 750 dekara ulaşmıştır. Toplam sera alanına kıyasla oldukça sınırlı bir alanda (%0.6) uygulanmasına karşın, özellikle 2005 yılından itibaren hızla artış göstermiştir. 2007 yılı itibarı ile topraksız tarım yapılan sera işletmelerinin sayısının 61 ve üretim alanının 1850 dekara ulaştığı bildirilmektedir (Gül ve ark., 2009). 2009 yılında ise işletme sayısı 62’ye, toplam alan ise 2445 dekara ulaşmıştır. Bu alanın %42.74’ü Akdeniz, %55.13’ü Ege ve %2.13’ü Marmara bölgesinde yer almaktadır (TÜZEL ve ark. 2010).

Dünyada ve ülkemizde, topraksız tarım yapılan seralarda daha çok ‘‘Açık sistem’’ denilen, bitki yetiştirme ortamından drene olan besin çözeltilisinin dışarı atıldığı sistem kullanılmaktadır. Ancak bu sistem gübre kayıplarının yanı sıra

çevreye zararlar vermekte, yer altı ve yer üstü su kaynaklarında ciddi kimyasal kirlenmeye neden olabilmektedir.

Açık sistemin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için geriye dönüşümlü “Kapalı sistem” kullanımını teşvik edilebilir. Ancak bu sistemin pratikte uygulanabilmesi de bazı koşulları gerektirmektedir. Üreticilerin veya bu alanda çalışan teknik personelin yeter düzeyde “bitki besleme” bilgisi yanında, ülkede hızlı, ucuz ve kolay bitki, çözültü ve substrat analiz olanaklarının olması gerekmektedir (DAŞGAN 2010).

1.2. “Kısmi Kök Kuruluşu” Yöntemi

“Klasik kısıtlı sulama” genellikle meyve sayısı ve ağırlığında azalmalara sebep olmakta ve toplam verimi düşürmektedir; ayrıca başta çatlama olmak üzere bazı meyve kalite özelliklerini olumsuz etkilediği bilinmektedir (MATTHEWS ve ANDERSON, 1988). “Klasik kısıtlı sulama”nın dezavantajlarını elemine edecek, verim ve kaliteden ödün vermeden su kullanma randımanını arttıracak yöntemlerin arayışı içine girilmiş ve son yıllarda ortaya çıkan PRD (Kısmi Kök Bölgesi Kuruluşu) sistemi geliştirilmiştir.

PRD sisteminin esası, bitki köklerinin ikiye ayrılması ve her sulamada köklerin sadece yarısına azaltılmış su verilmesine dayanmaktadır. Başka bir deyişle doğal olarak ikiye ayrılan köklere dönüşümlü olarak miktarı azaltılmış sulama ya da fertigasyon yapılmaktadır. Buna göre bir sulamada sağ taraftaki köklere su verilirken, sol taraftaki kökler kuru bırakılmakta; diğer sulamada ise sol taraftaki köklere su verilirken, sağ taraftaki kökler kuru bırakılmaktadır.

Bu sulama uygulamasında klasik kısıtlı su uygulamasından farklı olarak, PRD sisteminde su azaltılmasına rağmen, bitki mutlak bir su sıkıntısı veya kuraklık stresine girmemektedir. Sadece koşullara uygun adaptasyon mekanizmaları geliştirmesi teşvik (stimüle) edilmektedir.

“Kısmi kök kuruluşu” yöntemi ile bitkilerin sulanmasındaki temel mekanizmanın, su stresine giren bitki köklerinin iyi sulanan bitkilere göre başta absisik asit olmak üzere kimi kimyasal ve hidrolik sinyalleri, kökten vejetatif

aksama iletmesi ve böylelikle bitkinin vejetatif gelişimini azaltarak kontrol altına alması olarak bildirilmektedir (SARDO ve GERMANA, 1988).

1.3. Dünya ve Türkiye’de Su Sorunu

Yeryüzündeki suların yaklaşık %3’ü tatlı su kaynaklarıdır. Dünyadaki su kaynaklarının %97’sinden fazlası okyanus ve denizlerde ve üretim için çok tuzludur (SECKLER ve ark., 1998). Bu düşük orandaki tatlı suların %78’i kuzey ve güney kutuplardaki buzullarda bulunmaktadır. Geriye kalan %22’lik bölümü de tüm dünya ülkeleri arasında içme ve kullanma, sulama ve sanayi sektörleri tarafından paylaşılmaktadır (AKÜZÜM ve ark., 1999).

Tatlı su rezervinin mevcut durumda %65-75’nin sulamada kullanılmasıyla tarım, en fazla su kullanıcı sektör durumundadır (BENNETT, 2000).

2000 yılı Türkiye genel nüfus sayımı sonuçlarına göre ülke nüfusu 67 milyon, 2040 yılı nüfus projeksiyonu ise 97.92 milyondur (ANONYMOUS, 2003). Bu nüfus değerleri için bir kişinin yıllık su ihtiyacı 1000 m³, 1500 m³ ve 2000 m³ olarak dikkate alınır, toplam yıllık su ihtiyaçları 2000 yılında sırası ile 67 km³, 97.92 km³, 100,5 km³, 2040’da ise sırasıyla 134 km³, 146.886 km³ ve 195.848 km³’tür. Bu rakamlara göre Türkiye nüfusu yaklaşık 100 milyon olduğunda su sıkıntısı çeken ülkelere birisi olacaktır. Bir başka ifade ile nüfusun gıda ihtiyacı ülke kaynakları ile karşılanamayacaktır. Türkiye’nin bu nüfusa yaklaşık 2050 yılında ulaşacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde gelecek nesillerin gıda ihtiyacı ile tüm sektörlerin su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için tarımda akılcı önlemlerin planlanması ve bunların uygulanması gerekmektedir (KÖKSAL ve ark., 2003).

2003 yılı rakamlarına göre, ülkemizde mevcut potansiyelin %36.5’ine karşılık gelen toplam 40.1 milyar m³ su tüketilmiştir. Yapılan çalışmalara göre 2030 yılında potansiyelin tamamından yararlanılacağı beklenmektedir (DSİ 2004).

Mevcut koşullarda ülkemizde teknik ve ekonomik anlamda tüketilebilecek yüzey ve yeraltı suyu miktarının 110 milyar m³ olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın 95 milyar m³’ünün yurt içinden doğan akarsulardan; 3 milyar m³’ünün yurt dışından ülkemize ulaşan akarsulardan ve 12 milyar m³’ünün ise yeraltı suyundan

sağlanabileceği kabul edilmiştir. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir su 1735 m³, su potansiyeli ise 3690 m³ civarındadır. Türkiye'nin kişi başına düşen kullanılabilir su açısından diğer bazı ülkeler ve dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında, su kısıtı bulunan ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Bazı ülkeler ve kıtaların kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı (DPT- 2001)

Ülke adı	Kullanılabilir su (m ³ / kişi)
Irak	2020
Lübnan	1300
Türkiye	1735
Suriye	1200
Asya ortalaması	3000
Batı Avrupa ortalaması	5000
Afrika ortalaması	7000
Güney Amerika ortalaması	23000
Dünya ortalaması	7600

Günümüzde bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için yılda ortalama kişi başına 10.000 m³ su potansiyeline sahip olması gerektiği kabul edilmektedir.

Oysa Türkiye kişi başına düşen su potansiyeli açısından da (3690 m³) bu sayının oldukça gerisindedir. Bu rakamlar da göstermektedir ki ülkemiz sınırlı miktarda su varlığına sahiptir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) nüfusumuzun 2025 yılında 80 milyon, 2030'da ise 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 2025'de 1300 m³'e, 2030'da ise 1000 m³'e düşeceği söylenebilir.

1.4. Bitkisel Üretimde Suyun Önemi

Bitkisel üretimde sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi için sulama zamanının ve verilecek su miktarının bitkide verim azalması yaratmayacak şekilde düzenlenmesi, yani uygun bir sulama planlamasının yapılması gerekmektedir (KODAL, 1996).

Dünyada ve Türkiye’de yapılan araştırmalara göre bitkisel üretimin arttırılmasında; gübrelemenin % 50, tarımsal savaşın % 40 – 50, nitelikli tohum kullanmanın % 20 – 25 oranında etkisi olurken, sulamanın verim artışına etkisinin % 100’den daha fazla olduğu saptanmıştır (ÖZDENGİZ, 1986).

Su eksikliğinin olduğu zamanlarda bitkiler strese girmekte, asimilant maddelerin taşınmasındaki aksamadan dolayı verim kayıpları ortaya çıkmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

DAVIES ve ark. (1994)'nın bildirdiğine göre bitki hücresinin su kaybetmesi bitki büyüme düzenleyicisi olan absisik asit (ABA) birikimini teşvik etmektedir. Normal olarak sulanan, herhangi bir su stresi göstermeyen bitkilere ABA uygulandığı zaman su stresi durumunda gözlenen belirtiler görülmektedir. Toprakta kuruma durumunda kökler tarafından ABA sentezlenerek yeşil aksama gönderilmekte, bunun yanında yaprakların su kaybetmesi ile de yapraktaki ABA konsantrasyonu daha da artmaktadır. Topraktaki su azlığının bir sonucu olarak, köklerde sentezlenip yeşil aksama gönderilen ABA uyarıcısının pek çok bitki türünde kuraklığa karşı bir tepki olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda stoma geçirgenliği ile ksilemdeki ABA miktarı ve toprak su seviyesi arasında ilişkilerin olduğu gösterilmiştir.

GU ve ark. (2000), asma bitkisi ile yaptıkları çalışmada, Sauvignon Blanc üzüm çeşidiyle klasik damla sulama yöntemiyle (tam sulama), PRD-bölünmüş kök sistemini suyun %60 ve %20 kısıtlandığı durumda kıyaslamışlardır. Deneme alanında buharlaşma ölçülmüş ve sulamalar buna göre yapılmıştır. Sonuçta, kısmi kök kuruluğu sulama uygulamasında stomaların kısmen kapanması nedeniyle stoma geçirgenliği, transpirasyon oranı ve vegetatif büyümenin azaldığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda, su kullanım randımanı artmıştır. Verim ve tane dizilimi etkilenmemiştir.

DRY ve ark. (2000), PRD tekniği kullandıkları bir çalışmada beş yıl boyunca 4 farklı üzüm çeşidi üzerinde farklı sulama yöntemlerini denemişlerdir. Sulama suyu periyodik olarak kökün sağ ve sol tarafına verilmiş, bir taraf ıslakken diğer taraf kuru bırakılmıştır. Alınan sonuçlar, kontrole göre “Kısmi kök kuruluğu (PRD)” uygulamasında yaprak alanı, budama artık ağırlığı ve sürgün büyüme oranının azaldığını göstermiştir. Kökle ilgili ölçümlerde de “Kısmi kök kuruluğu (PRD)” uygulamasında kontrol uygulamasına göre köklerin daha derin toprak tabakalarına doğru gittiği gözlenmiştir. Verim yönünden ise kısmi kök kuruluğu ile kontrol arasında bir önemli bir fark görülmemiştir.

GOLHAMMER (2002), 3 yaşındaki şeftali ağaçlarında geleneksel kısıtlı sulama (RDI) ve PRD uygulamasını kontrol ile karşılaştırmışlardır. Denemenin ilk aşamasında kontrol bitkileri ile aynı seviyede sulanan RDI bitkilerinde yaprak su potansiyeli gün ortasında -1.2 MPa olarak belirlenmiştir. RDI uygulamalarında büyümenin 1. aşamasında evapotranspirasyonun %50'si kadar büyümenin 2 ve 3. aşamalarında %120'si kadar sulama yapılmıştır. PRD uygulamalarında ağaçların yanlarından çift lateral çekilmiştir. Kısıtlı sulama uygulamalarında meyve boyu kontrole göre daha küçük olmuştur. Kısıtlı sulama uygulamaları ile PRD uygulaması arasında yaprak su potansiyeli bakımından bir fark görülmemiştir.

SOBEIH ve ark. (2004), domates bitkilerini (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Ailsa Craig), iki toprak bloğu arasında kökleri ayrılmış şekilde yetiştirmişlerdir. Domates bitkileri bir miktar geliştikten sonra sulama, kök bölgesinin bir tarafına (kısmi kök bölgesi kuruluğu-PRD) veya kök bölgesinin her iki tarafına (tam sulama: kontrol-WW) yapılmıştır. PRD uygulamasında kök bölgesinin diğer tarafı sulanmayarak kuraklığa maruz bırakılmıştır. Toprak ve yapraktaki su durumu günlük olarak izlenmiştir. 8 gün sonra yaprak su potansiyellerinde uygulamalar arasında fark gözlenmediği halde, PRD uygulamasındaki kuru bırakılan kısımda başlangıçta 6 cm'den fazla olan toprak nemi % 70'e kadar düşüş göstermiştir. PRD uygulamasında kök bölgesinin kuru tarafındaki toprak nemi %45in altına düştüğünde stomatal iletkenlikte düşüş gözlenmiştir.

DORJI ve ark. (2005), iki tasarruflu sulama yöntemi olan kısmi kök kuruluğu (PRD) ile geleneksel kısıtlı sulama (DI), 'Ancho, St. Louis' acı biberinin büyümesine ve kalitesine etkileri açısından kıyaslamıştır. Uygulamalarda ticari sulama (CI) kontrol grubu olarak düşünülmüş, ticari sulamanın yarısıyla kök bölgesinin her iki tarafını da sulamak klasik kısıtlı sulama (DI) olarak düşünülmüştür. Alternatif sulama olarak da CI tekniğinin yarım uygulaması her defasında PRD olarak düşünülerek kök bölgesinin iki tarafı arasında değiştirilerek sulanmıştır. PRD ve DI bitkilerinin gün ortası yaprak su potansiyelleri, sırasıyla, CI' dan ekimden 130 günden sonra karşılaştırıldığında 0.15 ve 0.30 MPa daha aşağıda kalmıştır. Meyvenin taze ağırlığının, PRD ve DI' de CI ye kıyasla sırasıyla %19 ve %34.7 azaldığı görülmüştür. Bitki başına meyve sayısında PRD ve DI' de CI ye

kıyasla 20%'den daha fazla azalma göstermiştir. Meyve toplam kuru ağırlığı ise sulamalar arasında benzer miktarda oluşmuştur. Hasatta ise DI tekniği uygulanan meyvelerin %21 daha fazla suda çözünebilir kuru madde yoğunluğuna ve daha iyi renk gelişimine sahip olduğu görülmüştür. PRD ve DI, acı biberde su tasarrufunun, taze meyve ağırlığına tercih edildiği durumlarda uygulanabilir teknikler olarak yorumlanmıştır.

WAKRIM ve ark. (2005), fasulyede yaptıkları araştırmada, geleneksel sulama, geleneksel kısıtlı sulama (RDI) ve PRD sistemlerinin bitki gelişimi, su kullanımı ve ABA konsantrasyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, bitki gelişiminin geleneksel sulama uygulanan bitkilere oranla RDI ve PRD sistemlerinde %17-20 oranında azaldığı, ancak su kullanma etkinliğinin (WUE) %50 arttığı, ABA konsantrasyonunun ise en yüksek RDI uygulamasında gerçekleştiği tespit edilmiştir

KATARZANIA ve ark. (2007), 25 kimyon genotipinde kuraklık uygulamasında yapraklarda membran dayanımının belirlenmesini çalışmışlardır. Kuraklık polyethylen glycol kullanılarak sağlanmıştır. 18 adet Avrupa orijinli genotip, 2 adet tescilli çeşit ve 5 adet kendilerinin ıslah ettikleri genotip bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre yapraklarda membran dayanımı açısından büyük farklılıklar belirlenmiştir. Warsaw (%49.4), Cracow (%45.3), Reykiavik (%39.9), Berlin (%23.8), Wistey (%22.7) orijinli olanlar ve kendi ıslah ettiklerinden 9/2 (%23.7), 60/8 (%22.2) numaralı genotipler yüksek membran zararlanması göstermiştir. Düşük membran zararlanması ise Bayreuth (%4.2), Ulm (%4.4), Cluj (%5.5), Lusanne (%6.8) genotipleri ve Knczewicki çeşidinde (%6.2) belirlenmiştir. Bu genotiplerin ileride kuraklığa dayanıklılık için ıslah çalışmalarında kullanılabileceği öngörülmüştür.

ZEGBE ve ark. (2007) sanayilik domates yetiştiriciliğinde üç farklı sulama uygulamasını karşılaştırmışlardır; (1) kök sisteminin her iki tarafına klasik tam sulama yapılmıştır, (Full) (2) tam sulamanın %50'si kısıtlı su ile PRD: kökün yarısı bir gün sulanmış, diğer tarafı ise diğer gün sulanmıştır. (3) Kök sisteminin her iki tarafı da gün aşırı sulanmıştır (DI). Elde edilen sonuçlara göre; yaprak su potansiyeli, meyve sayısı, toplam bitki taze ağırlığı, toplam meyve taze ağırlığı

(verim), kök-gövde-yaprak-meyve kuru ağırlığı özellikleri bakımından PRD uygulaması, Full uygulamasından düşük ve fakat DI uygulamasından daima yüksek olacak şekilde hep ortada değerler almıştır. PRD uygulamasında Full uygulamasına göre WUE %83 yüksek bulunmuştur. Yazarlar suyun kısıtlı olduğu yerlerde PRD tekniğini salçalık domates yetiştiriciliğinde önermişlerdir.

SIRIGU ve ark. (2007), sera domates yetiştiriciliğinde PRD'nin etkilerini denemiş, PRD kısıtlı sulama tekniğini, %100 MET (evapotranspirasyon miktarı kadar sulama) tekniği ve %50 MET (kökün her iki tarafının evapotranspirasyon miktarının yarısı kadar suyla sulandığı sistem) ile karşılaştırmıştır. PRD ve %50 MET sistemleri arasında vejetatif gelişim, verim ve meyve kalitesi bakımından farklılık gözlenmemiştir. Her iki sistemin de tam sulama tekniğiyle karşılaştırıldığında belirgin bir verim kaybına yol açtığı görülmüştür.

SHAHNAZARI ve ark. (2007), patates yetiştiriciliğinde verim, yumru iriliği ve su kullanma etkinliği (WUE) üzerine PRD'nin etkisini kontrol ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Stoma geçirgenliği, PRD bitkilerinde kontrol bitkilerinden her zaman daha düşük olduğu belirlenmiş ve yaprak su potansiyeli ölçümleri kontrol ile PRD bitkilerinde benzer rakamları göstermiştir. Sadece birkaç ölçümde PRD bitkilerinde düşük bulunmuştur. Yaprak alan indeksi, yeşil aksam kuru madde ve yumru verimi bakımından PRD ile kontrol arasındaki farklar önemsiz bulunmuş ve pazarlanabilir yumru sınıflandırmasında PRD uygulaması %20 daha başarılı bulunmuştur. PRD uygulaması ile %30 su tasarrufu ve kontrol bitkilerine göre %61 daha yüksek WUE elde edilmiştir.

TALLUTO ve ark. (2008), Akdeniz ikliminin söz konusu olduğu İtalya-Sicilya'da, "Pink Lady" elma çeşidi üzerine aşılandığı M9 ve MM106 anaçları gücü üzerine, %50 kısıtlı PRD, % 50 kısıtlı geleneksel sulama ve tam sulama uygulamalarının etkilerini, bitki büyümesi, verim ve meyve kalitesi yönlerinden incelemiştir. Araştırmacılar, PRD uygulaması ile meyve sayısının azaldığını, ancak toplam verim ve meyve kalitesinin kontrole göre değişmediğini, bununla birlikte "Geleneksel kısıtlı sulama" uygulamasında meyve iriliği ve pazarlanabilir verimin azaldığını belirlemişlerdir. Akdeniz ikliminde, PRD tekniği ile anacın özelliği

etkilenmeden elma yetiştiriciliği yapılabileceği ve su kullanma etkinliği (WUE)'nin arttırılabileceği belirlenmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009) sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde kısmi kök bölgesi kuruluşunun etkileri iki deneme ile araştırmışlardır. Denemelerde 4 farklı uygulama ile serada erken ilkbahar döneminde topraksız hıyar yetiştiriciliğinde PRD tekniği araştırılmıştır. Denemelerde: (1) NS-Açık uygulamasında tam sulama yapılmış ve drene olan besin çözeltisi sera dışına alınmıştır, (2) NS-Kapalı uygulamasında tam sulama yapılmış, ancak drene olan besin çözeltisi geriye dönüşümlü olarak sistemde tekrar kullanılmıştır, (3) PRD-Açık uygulamasında ilk yıl ortalama %36 ve ikinci yıl ortalama %41 kısıtlı sulama ile açık sistem kullanılmıştır, (4) PRD-Kapalı uygulamasında ilk yıl ortalama %35 ve ikinci yıl ortalama %41 kısıtlı sulama yapılmış ve drene olan besin çözeltisi sistemde geri dönüşümlü olarak tekrar kullanılmıştır. Topraksız yetiştiricilikte PRD tekniği kullanımının, hıyarda bitki büyüme ve gelişmesi, verim, meyve kalitesi, bitki besin maddeleri ve substratta iyon konsantrasyonları üzerine etkileri araştırılmıştır. Projenin her iki yıl denemesinde bitki vegetatif gelişmesi ve bitki büyümesinin incelenmesi için ölçülen bitki boyu, yaprak sayısı ve gövde çapı parametreleri üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte yaprak ağırlığı, yaprak alanı, toplam taze biyomas ağırlıkları ve toplam verim üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Verim değerleri ilk yıl denemesinde; en yüksekten en düşüğe doğru NS-Açık, PRD-Açık, NS-Kapalı ve PRD-Kapalı uygulamalarında sırasıyla 21.78, 21.25, 19.48 ve 17.12 kg/m² alınırken, ikinci yıl denemesinde en yüksekten en düşüğe doğru, NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamalarından sırasıyla 26.52, 24.64, 22.96 ve 22.57 kg/m² hıyar verimi alınmıştır. Periyodik yapılan yaprak analizlerinde (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na ve Cl) her iki yıl denemesinde de hıyar bitkilerinin farklı uygulamalar altında yeterli beslendiği ve bu açıdan bir sorun olmadığı tespit edilmiştir. Substrat analizlerinde PRD uygulamalarında kısıtlı sulama yapıldığı için substratta EC yükselmesi belirlenmiştir. Her iki yılda da en düşük substrat EC değerleri NS-Açık uygulamasında belirlenmiştir. Substratta her iki yılda da Na ve SO₄ konsantrasyonlarının NS uygulamalarında PRD uygulamalarından daha yüksek olduğu ve her iki kapalı

sistemde de (NS-Kapalı ve PRD-Kapalı) birikim olduğu belirlenmiştir. İki yıl yapılan meyve analizlerinde ağırlık, boy, çap ve hacim gibi fiziksel özellikler üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmamıştır. İlk yıl denemesinde ortalama %35 kısıtlı sulama yapılan PRD uygulamalarının meyve kimyasal kalitesi üzerine etkileri önemsiz bulunurken, tam sulamaya göre ortalama %41 kısıtlı sulama yapılan ikinci yıl denemesinde meyve kimyasal özelliklerinde her iki PRD uygulaması meyvelerinde EC ve SÇKM değerleri NS uygulamaları meyvelerine göre yüksek bulunmuştur. Meyvenin asitlik özelliği her iki yıl denemesinde de uygulamalar tarafından farklı etkilenmemiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız domates yetiştiriciliğinde 4 farklı sulama (fertilizasyon) yöntemini karşılaştırmıştır; (1) Normal tam sulama NS-Açık, (2) drene olan suyun sisteme geri alındığı tam sulama NS-Kapalı, (3) kontrole göre %36 kısıtlı besin çözeltisi kullanılan PRD-Açık, (4) kontrole göre %36 kısıtlı ve geriye dönüşümün söz konusu olduğu PRD-Kapalı. Araştırmacılar topraksız yetiştiricilikte PRD uygulamasının bitki büyüme ve gelişimi (yaprak sayısı, yaprak alanı, bitki boyu, gövde çapı, toplam yeşil aksam taze ağırlığı) üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmadığını bildirmiştir. Toplam verim en yüksek NS-Açık (18 kg/m²) uygulamasından elde edilmiştir. Bunu PRD-Kapalı (18.0 kg/m²) ve PRD-Açık (17.1 kg/m²) uygulamaları izlerken, en düşük domates verimi NS-Kapalı (16.9 kg/m²) uygulamasından alınmıştır. Bu çalışmada en yüksek su kullanma randımanı PRD-Kapalı uygulamasından elde edilmiştir. Çünkü bu uygulamada PRD tekniği ve geriye dönüşümlü besin çözeltisi kullanımı ile kontrole göre % 54.2 oranında besin çözeltisi ekonomisi sağlanmıştır.

AGANCHICH ve ark. (2009), zeytin fidanlarında PRD (kısmi kök kuruluğu) yöntemi ile sulamanın etkilerini araştırmıştır. Bir kontrol ve iki adet PRD rejimi denenmiştir (Kontrol: kökün her iki tarafına da tarla kapasitesini koruyacak kadar sulama yapılmış; PRD₅₀ : kontrol uygulamasının %50 si kadar sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmış; ve PRD₁₀₀: kontrol ile aynı miktarda sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmıştır). sadece PRD₅₀ uygulamasındaki fidanlar kısıtlı sulama çalışması olarak görülmüştür. Yetiştiricilik sezonu boyunca PRD

uygulamaları vejetatif gelişim bakımından önemli derecede etkilenmiştir. Gün başlangıcında yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği ölçümü yapılmış, PRD₅₀ uygulaması ile PRD₁₀₀ uygulaması arasında önemli derecede fark görülmüştür. PRD₅₀ uygulamasında stomatal iletkenlik, karbon asimilasyonu, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı miktarlarında düşüş görülmüştür.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Alanında Kullanılan Sera ve Topraksız Yetiştiricilik Ortamı

Çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nün deneme alanındaki 500 m²'lik bir cam serada gerçekleştirilmiştir.

Topraksız yetiştiricilik tekniği kullanılarak aşağıda anlatılacak farklı uygulamalar ile yetiştirilen dolmalık biber bitkileri için substrat olarak, 1:1 oranında karıştırılmış perlit:hindistan cevizi lifi karışımı kullanılmıştır.

3.1.2. Bitkisel Materyal

Denemede; Rito A.Ş. tohum firmasına ait, sera ilkbahar yetiştiriciliğine uygun, verimli ve erkenci, çiçeklenmesi ve yan dallanması güçlü bir dolmalık biber çeşidi olan Punto F₁ çeşidi kullanılmış, hazır fideler Grow Fide firmasından temin edilmiştir.

3.1.3. Gübreleme ve Sulama Ünitesinin Teknik Özellikleri

Serada gübreleme fertigasyonla yapılmıştır. Önceden hazırlanan stok çözeltiler 1000 litrelik hacime sahip ana tankta seyreltilerek 200 litrelik 4 tanka (PRD açık, PRD kapalı, NS açık, NS kapalı) otomatik şamandıra sistemi ile aktarılmış, belirlenen aralık ve sürelerde bitkilere 4 farklı uygulamaya göre sulamalar gerçekleştirilmiştir.

Klasik damlama sistemiyle sulanan tekerrürlerde tek lateralli damla sulama borusu, PRD sistemiyle sulanan tekerrürlerde ise (kök ikiye ayrıldığı için) çift lateralli damla sulama borusu kullanılmıştır.

Drenaj miktarının belirlenmesi ve kapalı sistemlerde geri dönüşümün sağlanabilmesi için kanaletlerden süzülen fazla suyun toplandığı 4 adet drenaj tankı (PRD açık, PRD kapalı, NS açık, NS kapalı) bulunmaktadır.

3.2. Metod

3.2.1. Sulama veya Besin Çözeltisi Uygulamaları

Denemede 4 farklı konuda uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

1. NS-Açık: Tam sulama yapılmış ve klasik açık sistem kullanılmıştır. Drene olan besin çözeltisi sistemde yeniden kullanılmayarak sera dışına alınmıştır.
2. NS-Kapalı: Tam sulama yapılmış ve klasik kapalı sistem kullanılmıştır. Drene olan çözelti geriye dönüşümlü olarak, sistemde yeniden kullanılmıştır.
3. PRD-Açık: Tam sulamaya göre % 50 oranlarında azaltılmış besin çözeltisi kullanılmış ve drene olan çözelti sera dışına alınmıştır.
4. PRD-Kapalı: Tam sulamaya göre %50 oranlarında azaltılmış besin çözeltisi kullanılmış ve drene olan çözelti geriye dönüşümlü olarak, sistemde yeniden kullanılmıştır.

Azaltılmış sulamanın yapılacağı PRD uygulamalarında dikimi takiben yaklaşık bir ay sonra %50 kısıtlı sulamaya başlanmıştır. Dikimi takiben 30 gün sonra 12.03.2010 tarihinden itibaren %50 kısıtlı PRD uygulaması yapılmış ve deneme sonlandığı 11.07.2010 tarihine kadar 125 gün devam edilmiştir. Deneme toplam 152 gün devam etmiş ve toplam deneme süresince PRD bitkilerine, tam sulanan NS bitkilerine göre ortalama % 50 kısıtlı besin çözeltisi uygulanmıştır (Çizelge 3.1).

Drenaj çözeltilerinin uygun bir şekilde toplanabilmesi için sera zemini tesviye edilmiştir ve drenaj toplama tankları yönünde sera tabanına %1.5 civarında eğim verilmiştir. Sera taban örtüsü, toprağı bütünüyle kapatacak şekilde zemine serilmiştir. Bitki yetiştirme yeri olarak, beyaz renkli sert plastikten yapılmış, altında

drenaj delikleri ve drenaj toplama borularının yerleştirileceği özel oyukları olan, 80 cm boyunda, 20 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğindeki kanaletlere her bitkiye 12 litre olacak şekilde, üç bitki için perlit:hindistan cevizi lifi karışımı doldurulmuştur. PRD uygulanacak olan kanaletler ortasından polietilen bir malzeme ile ayrılarak kök bölgesinde besin çözeltisi sızıntısı önlenmiştir. Drenaj boruları, “uygulamalar” tesadüf blokları deneme desenine uygun bir şekilde dağıtıldığı haliyle tekerrürlerden sızan çözeltiyi toplama tankına ulaştıracak şekilde yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. PRD uygulamalarının gün içerisinde sulama zamanı ve süresi ile nasıl gerçekleştirildiğini gösteren örnek bir sulama programı (4–6 Nisan 2006, PRD konularında %50 kısıtlamalı sulama)

Sulama no/gün	NS uygulamaları	PRD-Sağ taraf	PRD-Sol taraf
1	07.30–07.07.32	07.30–07.31	<i>Sulama yok</i>
2	09.00-09.02	<i>Sulama yok</i>	09.00-09.01
3	10.00-10.02	10.00-10.01	<i>Sulama yok</i>
4	12.00-12.02	<i>Sulama yok</i>	12.00-12.01
5	13.00-13.02	13.00-13.01	<i>Sulama yok</i>
6	14.00-14.02	<i>Sulama yok</i>	14.00-14.01
7	15.00-15.02	15.00-15.01	<i>Sulama yok</i>
8	17.00-17.02	<i>Sulama yok</i>	17.00-17.01
Toplam	8 sulamax2 dakika	4 sulamax1 dakika	4 Sulamax1dakika
		173.5 ml/bitki/gün	173.5 ml/bitki/gün
	Toplam 694 ml/bitki/gün	Toplam 347 ml/bitki/gün	

Benzer şekilde, farklı uygulamaların besin çözeltisi tanklarından gelen damlatıcı borular da deneme desenine uygun bir şekilde, her uygulamanın farklı tekerrürlerini ziyaret edecek şekilde yerleştirilmiştir. Denemede öngörülen 4 farklı uygulamanın her biri için 200 litre kapasiteli tanklar besin çözeltisi için kullanılmıştır. Ayrıca 1 tonluk ana besin deposu bulunmakta ve bu ana depodan diğer 4 küçük depoya bağlantı yapılarak, küçük tanklarda seviye düşünce doldurulmuştur (kapalı sistemlerde kontrollü olarak). Denemedeki 4 konunun drenaj toplama tankları, toprak seviyesinin altına açılan bir çukura yerleştirilmiştir. Ayrıca her “Uygulama” için bağlı olduğu tank çıkışına sayaç, manometre ve filtre bağlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Bitki dikim yerleri, besin çözeltisi tankları, damlama ve drenaj toplama boruları, motor ve sayaçların yerleştirilerek serada deneme alanının hazırlanması

Biber fidelerinin perlit:hindistan cevizi lifi karışımına dikilmesi 12 Şubat 2010 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Deneme tek sıralı ve 3.18 bitki/m^2 yoğunluk ile kurulmuştur. Çalışmada yer alan farklı uygulamalar için, 4 tekerrür ve her tekerrürde 18 bitki olacak şekilde (72 bitki/uygulama) tesadüf blokları deneme desenine göre dikim yapılmıştır. Ayrıca seranın uzun kenarları boyunca sağ ve sol iki kenarına bir sıra halinde “Kenar tesir” bitkileri dikilmiştir. Bilindiği gibi perlit ortamının tek başına su tutma kapasitesi partikül iriliğine göre %20-43 arasında değişirken, tek başına Hindistan cevizi lifinin su tutma kapasitesi %80-90 düzeylerindedir. Topraksız yetiştiricilikte PRD uygulaması ile besin çözeltisinde kısıtlamaya gidildiği için bitki yetiştirmede kullanılan ortamın kation değişim kapasitesinin (KDK) de çok önemli olduğu düşünülmüştür. Nitekim perlitin KDK’si $1.5 \text{ meq (100)}^{-1}$ iken, hindistan cevizi lifinin kaynağına göre değişmekle birlikte 39 ile $60 \text{ meq (100)}^{-1}$ arasında değişmektedir. Bu iki substratın eşit oranlarda karışımından elde edilen ortamda su tutma ve kation değişim kapasitelerinin tek başına kullanımından daha avantajlı olacağı düşünülmüştür.

Bitkilerin besin çözeltileri ile sulanmasında, drenaj ile gelen çözeltileri miktarı esas alınmıştır. Buna göre serada Şubat ayından Temmuz ayına kadar olan yetiştiricilik periyodunda, sera içi sıcaklığının, ışık şiddetinin, ışıklanma süresinin, bitki gelişiminin ve meyve yükünün artmasına paralel olarak, NS-Açık uygulaması için besin çözeltileri miktarı hesaplanırken; drene olan çözeltilerin uygulanan çözeltilere oranı esas alınmıştır (SCHRÖDER ve LIETH, 2002). Bu oran deneme süresince %25 ile %50 arasında tutulmaya çalışılmıştır. NS-Açık uygulaması denemenin kontrol uygulaması gibi düşünülmüştür ve deneme içerisinde tam sulama olarak da ifade edilmiştir. Buna göre NS-Açık uygulamasında belirlenen besin çözeltileri miktarı NS-Kapalı için de aynen uygulanmıştır. PRD bitkilerine uygulanan besin çözeltilesindeki kısıtlama %50 olarak ayarlanmıştır.

PRD tekniği uygulanmayan “NS-Açık ve NS-Kapalı” konularına geleneksel topraksız yetiştiricilikte olduğu gibi her sulama zamanı tam sulama yapılmıştır. Kısıtlı sulamanın yapıldığı PRD-Açık ve PRD-Kapalı konularına ise her sulamada tam sulamanın yarısı kadar (%50 kısıtlamalı) ve kökün sadece bir tarafına besin çözeltileri verilirken, diğer tarafı kuru bırakılmıştır. Diğer sulama zamanında ise kökün kuru kalan yarısı sulanarak, önceki sulamada ıslatılan yarısı kuru bırakılmıştır. Besin çözeltileri uygulama miktarı, zamanı ve süresi her uygulamanın elektrik motorunu kontrol eden zaman ayarlayıcılar ile düzenlenmiştir ve sulamalar otomatik yapılmıştır. Kapalı sistem drenajları sulama sistemine verileceği zamanlarda, bitkilere verilen besin çözeltileri ve drenaj çözeltilerinin pH ve EC değerleri ölçülmüş, ayrıca drenaj miktarları da ölçülmüştür. Örnek olarak Çizelge 3.1’de denemede kullanılan bir sulama programı gösterilmektedir.

Denemede açık sistemlerde kullanılan besin çözeltileri element konsantrasyon aralıkları Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Besin çözeltileri bitkinin büyümesi, meyve yükü, değişen sıcaklık ve ışık koşullarına göre düzenlenmiştir. Deneme süresince kapalı ve açık sistemlerde EC değerleri 1.5-3.00 dSm⁻¹ aralığında ve pH ise 5.5-6.5 arasında değişmiştir (Çizelge 3.3).

NS-Kapalı ve PRD-Kapalı uygulamalarında, drenaj ile toplanan besin çözeltileri tekrar sulama sistemine döndürülerek geri dönüşüm sağlanmıştır. Küçük tanklarda (200 litre) geriye döndürülen çözeltileri seviyesi 200 litrenin altına

düştüğünde, otomatik olarak şamandıra sistemi ile taze besin çözeltisi 1 tonluk ana tanktan eklenerek devam edilmiştir. Kapalı sitem NS ve PRD uygulamalarında EC değeri 4.5 dSm^{-1} üzerine çıktığında substratlarda yıkama yapılmış ve tanklardaki çözelti tamamen dışarı alınarak taze çözelti doldurulmuştur.

Çizelge 3.2 Ana tankta hazırlanan besin çözeltisinin element konsantrasyonları (mg/L).

Mg/Lt	N	K	P	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
1.Aşama	93	96	50	48	96	16	4.9	1.97	0.25	0.7	0.07	0.05
2.Aşama	137	156	54	59	134	40	4.9	1.97	0.25	0.7	0.07	0.05
3.Aşama	181	217	58	70	171	64	4.9	1.97	0.25	0.7	0.07	0.05
4.Aşama	210	283	70	81	185	80	4.9	1.97	0.25	0.7	0.07	0.05

1. Aşama: Şaşırtmadan başlayarak ilk çatalda çiçekler açana kadar geçen süre
- 2.Aşama: ilk çiçekler açılmasından itibaren 2. çatalda çiçekler açana kadar geçen süre
3. Aşama: 2. çatalda çiçek tutumundan 5. çatalda çiçek açmasına kadar geçen süre
4. Aşama: 5. çatalda çiçeklerin açmasından itibaren deneme sonuna kadar geçen Süre

Çizelge 3.3. Denemede sera ilkbahar yetiştiricilik döneminde farklı periyotlarda ve toplam deneme süresince farklı uygulama konularında bazı besin çözeltisi parametreleri

	12 Şubat-2 Mart 2010				3-12 Mart 2010				13 Mart-22 Mart 2010				23 Mart-2 Nisan 2010			
	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. Ph	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. Ph	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. Ph	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH
PRD Açık	375	20	1.50	6.00	434	20.88	1.50	6.00	260	47.52	1.50	7.40	174	32	1.60	6.22
PRD Kapalı	375	19	1.50	6.00	434	21.05	1.50	6.00	260	52.36	1.50	7.39	174	24	1.92	6.10
NS Açık	375	20	1.50	6.00	434	19.37	1.50	6.00	520	46.30	1.46	7.38	347	27	1.65	6.00
NS Kapalı	375	20	1.50	6.00	434	20.21	1.50	6.00	520	44.12	1.50	7.34	347	20	1.89	5.90
	3 Nisan-19 Nisan 2010				20 Nisan-30 Nisan 2010				31 Nisan-12 Mayıs 2010				13-21 Mayıs 2010			
	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH	Verilen çözelti (ml/bitki/gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH
PRD Açık	347	22.67	2.14	6.47	260	30.55	2.29	5.60	347	28.33	2.22	6.00	477	34.67	1.54	6.70
PRD Kapalı	347	19.38	2.06	6.58	260	30.55	2.19	5.65	347	24.00	2.37	6.20	477	36.00	1.69	6.70
NS Açık	694	20.67	2.01	6.55	521	36.61	2.39	5.50	694	32.17	2.25	5.90	955	41.33	1.62	6.80
NS Kapalı	694	18.13	1.98	6.63	521	28.61	2.36	5.60	694	34.50	2.64	6.20	955	47.20	2.24	6.60

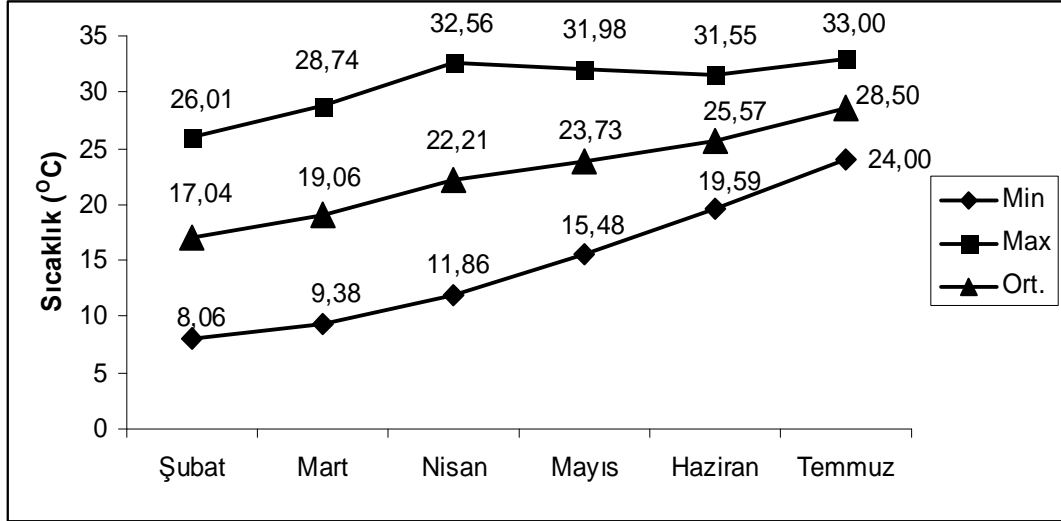
Çizelge 3.3.(devamı) Denemede sera ilkbahar yetiştiricilik döneminde farklı periyotlarda ve toplam deneme süresince farklı uygulamalar konularında bazı besin çözeltileri parametreleri.

	22 Mayıs-3 Haziran 2010 (%50 PRD Uygulaması) 14 gün				4 Haziran-11 Temmuz 2010 (%50 PRD Uygulaması) 41 gün				Deneme süresince 12 Şubat-11 Temmuz 2010 (%50 PRD Uygulaması) 152 gün			
	Verilen çözelti (ml/bitki/ gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH	Verilen çözelti (ml/bitki/ gün)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH	Toplam verilen çözelti (Litrebilki)	Ort. drenaj oranı (%)	Ort. EC (dSm ⁻¹)	Ort. pH
PRD Açık	434	35.76	1.65	6.60	521	53.01	2.16	6.60	92.36	33.93	1.88	6.39
PRD Kapalı	434	53.08	2.77	6.47	521	42.28	2.50	7.30	92.36 31.06*	33.63	2.13	6.49
NS Açık	868	48.94	1.56	6.60	1042	49.76	2.17	6.13	184.72	35.82	1.91	6.32
NS Kapalı	868	46.59	3.47	6.51	1042	54.63	2.31	7.17	184.72 64.45*	34.89	2.29	6.45

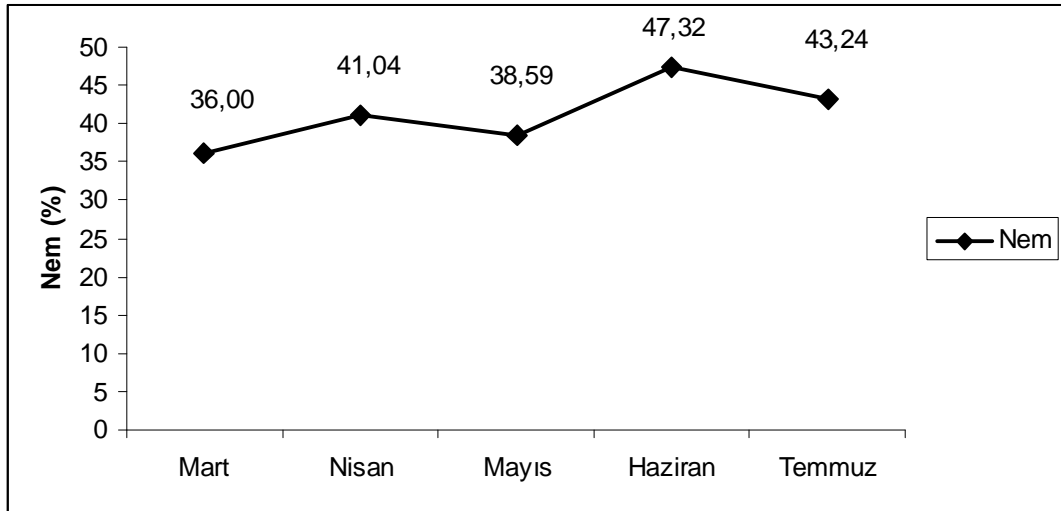
*: PRD uygulamalarında deneme süresince NS uygulamalarına göre toplamda %50 civarında bir kısıtlama söz konusu olmuştur.

+ : Kapalı sistemlerde re-sirkülasyon ile kullanılan çözeltiler miktarı; PRD-Kapalı'da %33.63 ve NS-Kapalı'da %34.89 geriye dönüştürülen çözeltiler kullanılmıştır.

Denemede sıcaklık ve nem değerleri bir elektronik Datalogger ile kaydedilmiş ve Şekil 3.2. ile Şekil 3.3.'de sunulmuştur



Şekil 3.2. Denemede sera içinde kaydedilen aylık minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri (°C)



Şekil 3.3. Denemede sera içinde kaydedilen ortalama nem değerleri (%)



Şekil 3.4. Seradaki bitkilerden (Mayıs 2010) görüntüler



Şekil 3.4. (devamı) Seradaki bitkilerden (Mayıs 2010) görüntüler

3.2.2. Denemede İncelenen Parametreler

Büyüme ve gelişme; Deneme süresince 3 kez (20 Mart, 10 Mayıs ve 11 Temmuz) bitki boyu ölçülmüş, 2 kez (20 Mart ve 11 Temmuz) yaprak sayısı sayılmıştır. PRD konularında bitkilerin daha az yeşil aksam oluşturmaya eğilimlerinin olduğu hipotezini irdelemek için sezon boyunca yapılan budama artıklarının ağırlık ve yaprak alanları kaydedilmiş, sezon sonunda sökülen tüm bitki ağırlık ve yaprak alanına eklenmesi yapılmıştır. Böylece farklı uygulamalar ile yetiştirilen bitkilerde toplam yeşil aksam ağırlığı, toplam yaprak alanı ve toplam biyomas (meyveler dahil) karşılaştırılabilmektedir.

Fizyolojik gözlemler; Deneme süresince 10 Mayıs ve 10 Haziran tarihlerinde 2 kez yaprak oransal su içeriği ve membran zararlanma indeksi ölçülmüş, 10 Mayıs (4. Hasattan sonra), 10 Haziran (9. Hasattan sonra) ve 10 Temmuz (14. Hasattan sonra) tarihlerinde olmak üzere üç kez ise yaprak su potansiyeli, stomata iletkenliği ve yaprak sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Deneme ortalarında 10 Mayıs tarihinde ise yaprak ozmotik potansiyeli ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler için bitkilerin üstten 3-4. yaprakları kullanılmıştır.

Yaprak Oransal Su içeriği (%); Denemede büyüme ucundan itibaren 3-4. yapraklardan alınan örneklerde ölçüm yapılmış, bitkilerin yaprağının % kaçının su olduğu belirlenmiş uygulamalar arasında yaprak içerisindeki % su miktarı olarak farklar gözlemlenmiştir. Yaprak içerisinde % su miktarına bakılarak herhangi bir su stresi içerisinde olma durumu belirlenmiştir. SANCHE ve ark. (2003) ile TÜRKAN ve ark. (2005)'den uyarlanarak biber yaprak örnekleri taze, turgor ve kuru olarak tartılmış olup aşağıdaki formüle göre "Oransal su içeriği"-NSİ hesaplanmıştır (Şekil 3.5).

Oransal Su İçeriği (%) = (Taze Ağırlık – Kuru Ağırlık) / (Turgor Ağırlık – Kuru Ağırlık) x 100

Turgor ağırlığı için yaprak örnekleri su içerisinde 4 saat bekletilmiş ve tartılmıştır. Kuru ağırlık ise 48 saat 65°C etüvde beklettikten sonra alınmıştır.



Şekil 3.5. “Yaprak Oransal Su İçeriği’nin belirlenmesi”nden bir görünüm

Yaprak Hücrelerinde Membran Zararlanmasının Belirlenmesi (%);

Denemede büyüme ucundan itibaren 3-4. yapraklardan alınan örneklerde ölçüm yapılmış, bitkilerin yapraklarındaki zararlanma miktarı, kontrol olarak düşünülen NS-Açık uygulamasına oranla % olarak zararlanma oranı belirlenmiştir. Bu zararlanma hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır (DLUGOKECKA ve KACPERSKA-PALACZ 1978; FAN ve BLAKE, 1994). Yapraklardan diskler alınmış, yaprak diskleri de-iyonize su içerisinde 4 saat bekletildikten sonra EC ölçülmüştür. Aynı diskler 100°C’de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür (Şekil 3.6).

$$\text{Membran Zararlanma İndeksi} = (L_t - L_c / 1 - L_c) \times 100$$

L_t: Kuraklık stresindeki yaprağın otoklav edilmeden önceki EC / Otoklav edildikten sonraki EC

L_c: Kontrol yaprağının otoklav edilmeden önceki EC / Otoklav edildikten sonraki EC



Şekil 3.6. “Membran Zararlanması”nın belirlenmesinden görünüm

Yaprak Su Potansiyelinin belirlenmesi; Bitkilerin büyüme ucundan itibaren 3–4. yapraklar basınç çemberinde yüksek basınca maruz bırakılmış, elde edilen değerler MPa cinsinden (–) değerlikte belirlenip kaydedilmiştir. Bitki yaprağında su miktarı ne kadar düşük ise o kadar yüksek değerler elde edilmiştir. Bitki yaprağındaki su durumuna bakılarak herhangi bir su stresi içinde olma durumu belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. “Yaprak Su Potansiyeli”nin belirlenmesinden bir görünüm

Yaprak Sıcaklığının Belirlenmesi (°C); Yaprak sıcaklıkları bir infrared termometre yardımı ile büyüme ucundan itibaren 3–4. yapraklardan °C cinsinden belirlenip kaydedilmiştir. Bu ölçümün sonucunda bitkinin bünyesindeki suyu kullanarak fazla ısıyı dışarıya atabilme durumuna bakılarak herhangi bir su stresi içerisinde olma durumu belirlenmiştir.

Yaprak Stoma İletkenliğinin Belirlenmesi ($m^{-2}s^{-1}$); Bitki büyüme ucundan itibaren 3-4. yapraklarda ‘porometre’ cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Yapraklar porometrenin okuma ucuna yerleştirilmiş, okuma sensörü yaprağın alt kısmına gelecek şekilde ayarlanmıştır. Elde edilen değerler $mmol m^{-2}s^{-1}$ cinsinden kaydedilmiştir. Bitki stomalarından çıkan su buharı miktarında oluşabilecek azalmalara göre bitkinin stres durumu belirlenmiştir.

Yaprak ozmotik potansiyelinin belirlenmesi (mOsmol); Bitki büyüme ucundan itibaren 3-4. yapraklarda ‘ozmometre’ cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Yapraklardan 1 gram lık örnek alınıp 19 gram saf su ile 20 grama tamamlanmış ve porselen havanda homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş örneklerden 150 μ l

alınarak filtreden geçirilmiş ve ozmometre cihazında donma sıcaklığı esasına göre yaprak ozmotik potansiyeli belirlenmiştir. Yaprak ozmotik potansiyeline göre uygulamalara göre stres durumu belirlenmiştir (şekil 3.8).



Şekil 3.8. "Yaprak Ozmotik Potansiyeli"nin ölçümünden görünüm

Bitkide beslenmenin izlenmesi; Deneme süresince 3 kez alınan yaprak örneklerinde N, P, K, Ca, Mg, Na ve Cl analizleri yapılmıştır.

Verim ve meyve kalitesinin ortaya çıkarılması; Serada hasat başlayınca toplam verimi elde etmek için periyodik olarak hasat edilen meyve ağırlıkları kaydedilmiştir. Denemede 9 Nisan tarihinde hasatlar başlamış, son hasat 12 Temmuz tarihinde yapılmıştır. Deneme boyunca 14 hasat yapılmıştır. Farklı uygulamalarda yetiştirilen meyvelerden hasat dönemi ortalarında (Mayıs ayı) bir kez örnekler alınarak; ortalama meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve çapı, meyve hacmi, meyve et kalınlığı, meyve suyunda SÇKM, meyve suyu EC ve pH'sı, meyve suyunda titre edilebilir asit oranı ve C vitamini gibi bazı meyve kalite özellikleri analiz edilmiştir.



Şekil 3.9. Dolmalık biber meyvelerinden görünüm

Kök bölgesinde EC, pH, besin elementleri miktarı ve iyon birikiminin izlenmesi; Deneme süresince 3 kez kanalet içerisindeki yetiştirme ortamından profil şeklinde örnekleme yapılarak, aşağıda açıklanan yöntemle (BRINK, 1986 ve LANG, 1999) ekstrakt elde edildikten sonra EC ve pH okumaları ile NH_4 , NO_3 , $\text{H}_2\text{PO}_4\text{-P}$, K, Ca, Mg, Na, Cl, SO_4 , analizleri DAŞGAN ve EKİCİ (2004)'ye göre yapılarak kapalı sistemlerde kök bölgesinde iyon birikimi olup olmadığı ve ayrıca tam sulama yapılan NS uygulamalarına göre kısıtlı sulama yapılan PRD uygulamalarında kök bölgesinde besin maddeleri konsantrasyonları bulunmuştur. Böylece farklı uygulamalarda bitki dokularında ve kök bölgesindeki besin elementleri ve iyonlar takip edilmiştir.

Su Kullanma Etkinliği; Deneme süresince kullanılan besin çözeltisi miktarları kaydedildiği için farklı uygulamalarda bitkilerinin tükettiği su miktarı ve su kullanma etkinliği hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Kaydedilmiş olan verim değerleri dikkate alınarak birim ürün miktarı için her sistemde kullanılan besin çözeltisi miktarları hesaplanmıştır.

Su kullanma etkinliği, alınan biber veriminin, biyomas ağırlığının veya yaprak alanının verilen suya oranlanması ile hesaplanmıştır.

$$\text{Su Kullanma Etkinliği (g / L)} = \text{Verim (g / L)} / \text{Verilen Su (L / bitki)}$$

3.2.3. Yaprak ve Substratta Analiz Yöntemleri

Dikimi takiben deneme süresince 3 kez biber bitkilerinin tepeden 4-6. yaprakları alınarak laboratuvara getirilmiş, saf su ile yıkanarak etüvde 65°C'de 48 saat kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Öğütülen yaprak örneklerinde "Khjeldal yöntemine" göre yaş yakma ile toplam N içeriği belirlenmiştir. Yine aynı örneklerden 200 mg tartılıp kuru yakma yöntemi ile 550 °C'de 8 saat yakıldıktan sonra elde edilen kül, 1/30 HCl ile çözülmüş ve 20 ml'ye tamamlanmıştır. Mavi bant filtre kağıdından süzülükten sonra Ca, Mg, Na, K, okumaları atomik absorpsiyon spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Fosfor analizi Barton yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre yukarıda elde edilmesi anlatılan 20 ml'lik süzükten 1 ml çekilip üzerine 5 ml saf su ve 1 ml Barton çözeltisi eklenmiştir. 0, 10, 20, 40 ve 80 mg/l P standartları hazırlanmış ve bunlara da örneklere uygulanan işlemler uygulanmıştır. Standartların 430 nm dalga boyunda spektrofotometreye okutulması ile bir standart kurve oluşturulmuştur. Örnekler okutulup çıkan değer standart kurvede formüle edilip P konsantrasyonu belirlenmiştir.

Substrat analizleri için dikimi takiben toplamda 3 kez (yaprak örnekleri ile aynı dönemde) substrat yüzeyinden saksı tabanına kadar uzanan silindirik bir kesit alınmıştır. Substrat ekstraksiyonu BRINK (1986) ve LANG (1999)'a göre yapılmıştır. Buna göre, 40°C'de kurutulmuş 40 ml substrat 80 ml bi-destile de-iyonize saf su ile 1 saat boyunca çalkalanmış, filtre kâğıdından süzülükten sonra elde edilen ekstraktta pH ve EC değerleri okunmuş, daha sonra da NO₃, NH₄, PO₄, SO₄, Na ve Cl analizleri yapılmıştır. Yine aynı süzük kullanılarak substrattaki P, K, Ca, Mg konsantrasyonları da belirlenmiştir. Substratta NH₄ analizi için elde edilen ekstrattan alınan 25 ml süzük üzerine 0.5 g MgO eklendikten sonra 35 ml % 33'lük NaOH ilave edilmiş ve 15 ml % 4'lük borik asit ile destile edilmiştir. Ardından da 0.01 N sülfirik asit ile titrasyon yapılmıştır. NO₃ analizi için, NH₄ destilasyonu yapılan aynı örnek alınmış üzerine 0.5 g "Devarda Alloy" karışımı eklendikten sonra tekrar benzer şekilde destilasyon ve tirasyon işlemleri yapılmıştır. Titrasyon sonucunda sarfedilen sülfirik asit miktarı ile NH₄ ve NO₃ konsntrasyonları hesaplanmıştır. Bitkilerin P ile beslenmesinde sadece PO₄ kökenli gübreler

kullanıldığı için (inorganik fosfor), P analizi aynı ekstraktan alınan örnek ile spektrofotometrede sarı renk esasına göre (Barton yöntemi) 430 nm dalga boyunda yapılmıştır. Substrat ekstratından SO₄ analizi Tan (1996)'e göre yapılmıştır. Buna göre 50 ml'lik balon jøjeye; 5 ml ekstrakt + 5 ml asetik asit (%50'lik) + 1 ml H₃PO₄ (konsantre) + 1 g BaCl₂ kristalleri + 2ml (%0.25'lik) çam sakızı eklendikten sonra karışım nazıkçe çalkalanmış ve saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnek 490 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuş, standartların hazırlanmasında CaSO₄2H₂O kullanılmıştır. Substrat ekstratından Na, K, Ca ve Mg konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometrede emisyon modunda lambasız okunmuştur.

Bitki ve substrat örneklerinde Cl analizleri AgNO₃ titrasyonu esasına göre JOHNSON ve ULRICH (1959)'e göre yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Büyüme Parametreleri

4.1.1. Bitki Boyu Ölçümleri

Farklı uygulamaların bitki boyu üzerindeki etkileri Çizelge 4.1’de verilmektedir. Denemede yapılan bitki boyu ölçümlerinde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Tam sulama yapılan NS uygulamaları bitkileri ile kısıtlı sulama yapılan PRD bitkileri benzer uzunlukta bulunmuştur. Benzer şekilde uygulamaların “Açık” veya “Kapalı” olması da bitki boyu üzerine önemli bir etki yapmamıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı uygulamalar ile yetiştirilen biber bitkilerinin değişik zamanlarda ölçülen bitki boyu değerleri (cm)

	20 Mart	10 Mayıs	11 Temmuz
PRD Açık	30.78	85.28	157.47
PRD Kapalı	32.45	81.54	153.75
NS Açık	30.05	98.35	169.87
NS Kapalı	28.88	95.41	167.33
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0,05}	5.375	19.557	19.987

EKİCİ ve ark. (2005)’nin yaptığı sera topraklı domates yetiştiriciliğinde %30 ve %50 “Kısıtlı geleneksel sulama” ile aynı kısıtlamalarla PRD sulama yöntemleri tam sulama ile karşılaştırılmış ve bitki boyu üzerine uygulamaların etkisinin önemsiz olduğu bildirilmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009)’nin sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada bitki boyu üzerine uygulamaların etkisinin önemsiz olduğu bildirilmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız domates yetiştiriciliğinde ortalama %36 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada da bitki boyu üzerine uygulamaların etkisinin pratikte önemsiz olduğu bildirilmiştir.

4.1.2. Bitkide Yaprak Miktarı

Yaprak miktarları bakımından farklı uygulamalara ait ortalamalar ve istatistiksel değerlendirmeler Çizelge 4.2’de verilmektedir. Denemede 2 kez yaprak sayımı yapılmış, ilk ölçümde uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Deneme sonunda yapılan 2. ölçümde PRD-Açık, NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamaları aynı grup içinde yer almış, PRD-Kapalı uygulaması ise 244.78 yaprak sayısı ile diğer uygulamalardan farklı olarak en düşük değeri vermiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Denemede farklı uygulamalar ile yetiştirilen biber bitkilerinin değişik zamanlarda sayılan yaprak miktarları (adet/bitki)

	20 Mart	11 Temmuz
PRD Açık	15.40	309.12 a
PRD Kapalı	15.85	244.78 b
NS Açık	14.63	293.29 a
NS Kapalı	15.73	297.58 a
<i>P</i>	<i>Ö.D</i>	<i>0.0104</i>
<i>LSD_{0,05}</i>	0.911	34.610

EKİCİ ve ark. (2005)’nin yaptığı sera topraklı domates yetiştiriciliğinde %30 ve %50 kısıtlamalı geleneksel sulama ile aynı kısıtlamalarla PRD sulama yöntemleri, tam sulama ile karşılaştırılmış ve periyodik olarak yapılan ölçümlerde bitkide oluşturulan yaprak sayısı üzerine uygulamaların etkilerinin önemli olmadığı bildirilmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009)’nin sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada yaprak sayısı üzerine uygulamaların etkisinin önemsiz olduğu bildirilmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız domates yetiştiriciliğinde ortalama %36 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada da periyodik olarak yapılan ölçümlerde bitkide oluşturulan yaprak sayısı üzerine uygulamaların etkisinin önemsiz olduğu ifade edilmiştir.

4.1.3. Yaprak, Gövde, Meyve ve Bitki Toplam Biyomas Taze Ağırlıkları

Deneme süresince budanan bitki materyali ve periyodik hasatlardaki meyve ağırlıkları ile deneme sonundaki bitki taze ve kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Ölçümlerin birleştirilmesi sonucu bitki toplam biyomas ağırlıkları elde edilmiştir. Çizelge 4.3'te farklı uygulamaların bitki ağırlıkları üzerine etkileri gösterilmektedir. Çizelge 4.4'te NS-Açık uygulaması kontrol olarak ele alındığında kontrole göre yaprak, gövde, meyve ve toplam biyomas taze ağırlıklarında kayıp oranları % olarak gösterilmektedir.

Denemede PRD bitkilerine, NS bitkilerine göre ortalama %50 kısıtlı sulama yapılmıştır. Buna göre bitki yaprak taze ağırlıkları bakımından uygulamalar arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiş ve tüm uygulamalar aynı istatistiksel grupta yer almıştır (Çizelge 4.3). Burada PRD-Açık bitkileri tam sulanan NS-Açık bitkilerine göre %50 kısıtlı sulanmasına rağmen aralarında sadece % 5.15'lik bir fark oluşmuştur (Çizelge 4.4). PRD-Kapalı bitkileri NS-Kapalı bitkilerine göre %50 kısıtlı sulandığı halde yaprak ağırlığı bakımından %20.13'lük bir azalma oluşturmuştur. NS-Açık bitkileri kontrol olarak ele alındığında, kontrole göre PRD-Açık bitkilerinde yaprak ağırlığında %5.15, PRD-Kapalı bitkilerinde %17.46 azalma ve NS-Kapalı bitkileri yaprak ağırlığında ise %3.34 artış kaydedilmiştir (Çizelge 4.4). Yapraksız çıplak gövde taze ağırlığı üzerine farklı uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur.

Bitki başına düşen verim bakımından uygulamalar arasında fark bulunamamış, NS-Kapalı ve PRD-Kapalı uygulamaları sırasıyla en yüksek ve en düşük değerleri vermiştir (Çizelge 4.3). NS-Açık uygulaması kontrol olarak değerlendirildiğinde, kontrole göre NS-Kapalı uygulamasında toplam meyve ağırlığında artış görülmüş ve bu oran %1.73 olarak belirlenmiştir. Yine NS-Açık uygulamasına göre PRD-Açık uygulamasında %16.68 ve PRD-Kapalı uygulamasında ise %16.73 oranında verimde kayıp görülmüştür (Çizelge 4.4). Biber bitkisinde kök hariç toprak üstü toplam biyomas ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. En yüksek ve en düşük değerler sırasıyla NS-Açık ve PRD-Kapalı bitkilerinden elde edilmiştir. NS-Açık uygulaması kontrol

olarak düşünüldüğünde, kontrole göre toplam biyomas azalması PRD-Açık bitkilerinde %15.75, PRD-Kapalı bitkilerinde %19.60 ve NS-Kapalı bitkilerinde ise %0.04 olmuştur (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Toplam biyomas miktarında PRD sisteminin farkı açık bir şekilde görülmüştür.

Çizelge 4.3. Denemede yaprak, gövde, meyve ve toplam biyomas taze ağırlığı (g/bitki)

	Yaprak Taze Ağırlığı (g/bitki)-A	Gövde Taze Ağırlığı* (g/bitki)-B	Meyve Taze Ağırlığı (g/bitki)-C	Toplam Biyomas Taze Ağırlığı (A+B+C) (g/bitki)
PRD Açık	310.61	460.12	1802.11	2572.83
PRD Kapalı	270.28	384.03	1801.10	2455.41
NS Açık	327.46	563.60	2162.91	3053.97
NS Kapalı	338.40	513.85	2200.43	3052.67
<i>P</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>0.0297</i>	<i>0.0268</i>
<i>LSD_{0.05}</i>	<i>71.407</i>	<i>141.342</i>	<i>322.642</i>	<i>453.16</i>

*: Gövde taze ağırlığı değerleri, yapraksız çıplak gövde ağırlığını göstermektedir.

Çizelge 4.4. Denemede NS-Açık uygulaması kontrol olarak ele alındığında kontrole göre yaprak, meyve ve toplam biyomas taze ağırlıklarında kayıp oranları (%)

	Yaprakta	Gövdede	Meyvede	Toplam biyomasda*
PRD Açık	5.15	18.36	16.68	15.75
PRD Kapalı	17.46	31.86	16.73	19.60
NS Açık	-	-	-	-
NS Kapalı	-3.34	8.83	-1.73	0.04

*: Yaprak+gövde+meyve dahil edilmiştir

EKİCİ ve ark. (2005), serada topraklı domates yetiştiriciliğinde tam sulama, %30 kısıtlı geleneksel sulama, %30 kısıtlı PRD sulama, %50 kısıtlı geleneksel sulama ve %50 kısıtlı PRD sulama uygulamalarını karşılaştırmışlardır. Deneme sonunda bitki yaprak taze ağırlığında tam sulama konusuna (1419 g/bitki) göre azalma oranları şöyle bildirilmektedir: %30 kısıtlı geleneksel sulamada (1306 g/bitki) %8, %30 kısıtlı PRD sulamasında (1279 g/bitki) %10, %50 kısıtlı geleneksel sulamada (1260 g/bitki) %11.2 ve %50 kısıtlı PRD sulamasında (1407 g/bitki) %0.8. Bu çalışmada da ortaya çıktığı gibi tam sulama yani kontrol bitkileri ile %50 kısıtlı PRD bitkilerinin taze yaprak ağırlığı arasındaki fark çok azdır.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada yaprak taze ağırlıkları bakımından uygulamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur; en yüksek ve en düşük değerler yine beklendiği gibi sırasıyla NS-Açık (1475 g/bitki) ve PRD-Kapalı (1417 g/bitki) bitkilerinden alınmıştır. NS-Açık uygulamasından sonra en yüksek taze yaprak ağırlığı NS-Kapalı (1417 g/bitki) bitkilerinden alınırken bunu PRD-Açık (1386 g/bitki) bitkileri izlemiştir. Yapraksız çıplak gövde ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Taze meyve ağırlığı başka bir deyişle bitki başına hıyar verimi bakımından uygulamalar arasındaki farklar istatistik olarak önemli çıkmıştır. Buna göre, en yüksek NS-Açık (8338 g/bitki) ve NS-Kapalı (7749 g/bitki) bitkilerinden alınırken, bunları PRD-Açık (7220 g/bitki) ve PRD-Kapalı (7098 g/bitki) uygulamaları izlemiştir. Uygulamaların toplam biyomas taze ağırlığı üzerine etkisi, meyve taze ağırlığındakine benzer olmuştur. En yüksek biyomas taze ağırlığı NS-Açık uygulamasından (10035 g/bitki) elde edilirken, bunu NS-Kapalı (9637 g/bitki), PRD-Açık (9066 g/bitki) ve son olarak PRD-Kapalı (8902 g/bitki) uygulaması izlemiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız domates yetiştiriciliğinde NS-Açık, NS-Kapalı ve ortalama %36 kısıtlı PRD-Açık ile PRD-Kapalı sistemlerini tek ürün yetiştiriciliği periyodunda karşılaştırmıştır. Bitki toplam yeşil aksam biyomas değerleri (yaprak+gövde, meyve hariç) bakımından NS-Açık (1497 g/bitki) kontrol uygulamasına göre PRD-Açık (1436 g/bitki), PRD-Kapalı (1479 g/bitki) ve NS-Kapalı (1249 g/bitki) uygulamalarındaki azalma sırasıyla %4.0, %1.2 ve %16.6 olarak bildirilmiştir. Domatesin tek ürün yetiştiriciliğinde 9–10 ay devam eden kapalı sistem uygulamalarında, NS-Kapalı’ da olası toksik iyon birikiminin buna neden olabileceği bildirilmektedir. PRD-Kapalı sisteminde %50 daha az besin çözeltisi kullanıldığı için bu olumsuz etkinin daha az olabileceği belirtilmektedir.

Fasulyede normal sulama, PRD ile kısıtlı sulama ve geleneksel kısıtlı sulamanın (RDI) etkisinin araştırıldığı bir çalışmada gövde biyomas taze ağırlıklarının PRD ve RDI sistemlerinde normal sulamaya göre % 17-20 oranında azaldığı bildirilmiştir (WAKRIM ve ark, 2005).

4.1.4. Kuru Ağırlıklar

Farklı uygulamalar ile yetiştirilen biber bitkilerinin yaprak, gövde ve meyve kuru ağırlıkları ile toplam biyomas kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.5'te sunulmaktadır.

Deneme sonunda tüm uygulamaların bitkilerinin yaprak kuru ağırlıkları aynı istatistiksel grupta yer almıştır. NS uygulamaları PRD uygulamalarından daha yüksek yaprak kuru ağırlıkları meydana getirmişlerdir. Gövde kuru ağırlıkları bakımından uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bitki başına üretilen meyve kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Toplam bitki biyomas ağırlığı oluşturma bakımından da uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Denemede yaprak, gövde, meyve ve toplam biyomas kuru ağırlığı (g/bitki)

	Yaprak Kuru Ağırlığı (g/bitki)-A	Gövde Kuru Ağırlığı* (g/bitki)-B	Meyve Kuru Ağırlığı (g/bitki)-C	Toplam Biyomas Kuru Ağırlığı (A+B+C) (g/bitki)
PRD Açık	38.02	103.02	283.52	424.56
PRD Kapalı	33.41	88.73	303.69	425.82
NS Açık	42.05	119.59	392.99	554.63
NS Kapalı	40.73	111.23	360.30	512.25
<i>P</i>	<i>O.D.</i>	<i>O.D.</i>	<i>O.D.</i>	<i>O.D.</i>
<i>LSD_{0.05}</i>	<i>10.750</i>	<i>32.861</i>	<i>100.718</i>	<i>112.64</i>

*: Gövde kuru ağırlığı değerleri, yapraksız çıplak gövde ağırlığını göstermektedir.

Açıkta sanayilik domates yetiştiriciliğinde karık ve damla sulama yöntemleri ile tam sulama ve %50 kısıtlı PRD uygulamaları arasında toplam yeşil aksam kuru ağırlık bakımından uygulamalar arasında farklılık gözlenmiştir. Buna göre; PRD uygulamalarında bitkiler daha az toplam kuru ağırlık oluşturmuş, ancak meyve kuru ağırlıkları tam ve %50 kısıtlı PRD ile sulanan bitkilerde istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (ZEGBE ve ark, 2004).

Daha önce farklı bitki türleri ile topraklı yetiştiricilikte yapılan bazı çalışmalarda (GOWING ve ark, 1990; DRY ve LOVEYS, 1998; STOL ve ark, 2002; De SAUZA ve ark, 2003; KIRDA ve ark, 2004) PRD kısıtlı sulama uygulamaları kontrole göre bitki gelişmesini azaltmıştır.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, bitki kuru ağırlıkları oluşturma eğilimi uygulamalar arasında yüksek değerden düşüğe doğru olan sıralama NS-Açık, PRD-Açık, NS-Kapalı ve PRD-Kapalı şeklinde olmuştur. Bitki kuru ağırlık değerlerindeki sıralama yukarıdaki gibi olmakla birlikte, yaprak ve gövde kuru ağırlık değerleri uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmemiştir. Ancak meyve kuru ağırlığı ve toplam biyomas kuru ağırlığı değerleri uygulamalar arasında istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur.

DAŞGAN ve ark. (2009)’nın topraksız domates yetiştiriciliğinde bildirdiğine göre ortalama %36 kısıtlı PRD uygulaması bitki gelişmesini NS uygulamalarına göre azaltmamıştır. Araştırmacılar topraksız yetiştiricilikte kısıtlı PRD uygulamasında bitki sulama aralıklarının topraklı yetiştiricilikte olduğu gibi uzun olmadığını gün içerisinde her saat hatta 45 dakikada bir sulama yapıldığını ve bu şekilde kısa periyotlarda PRD uygulamasında bitkilerin daha az olumsuz etkilendiklerini bildirmiştir.

4.1.5. Kuru Madde Oluşturma

Farklı bitki kısımlarına ait kuru madde oluşturma oranları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Yapılan analizlerde yaprak, meyve, gövde ve toplam biyomasda kuru madde oluşturma oranları bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.6.).

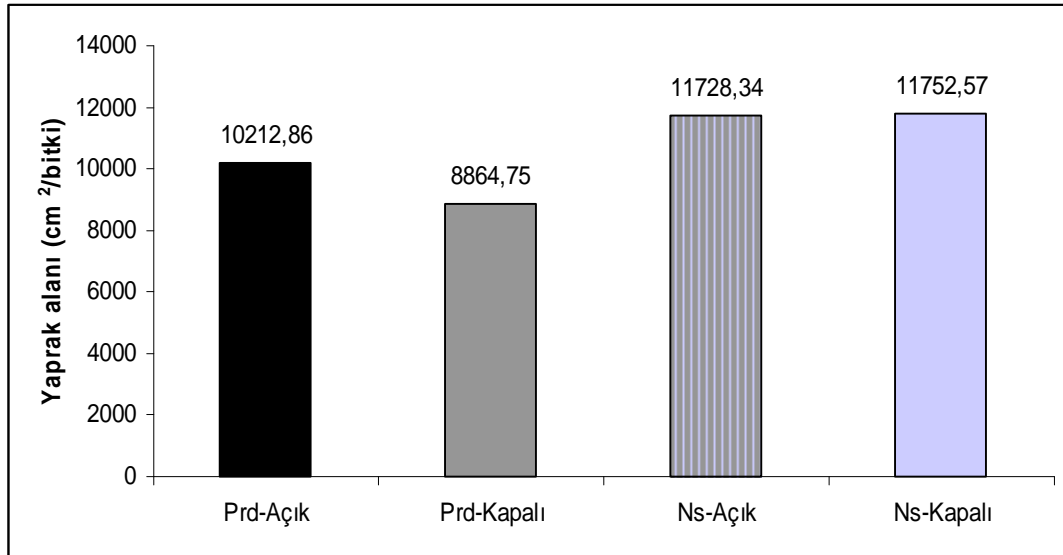
Çizelge 4.6. Farklı uygulamaların farklı bitki kısımlarında kuru madde oluşturma oranları (%)

	Yaprakta kuru madde oranı (%)	Gövdede kuru madde oranı (%)	Meyvede kuru madde oranı (%)	Toplam biyomasda kuru madde oranı (%)
PRD Açık	12.16	22.30	15.66	16.40
PRD Kapalı	12.33	23.18	16.85	17.32
NS Açık	12.84	21.25	18.17	18.16
NS Kapalı	12.03	21.72	16.34	16.82
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	1.129	2.405	3.896	2.567

4.1.6. Yaprak Alanı

Farklı uygulamaların bitki gelişimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, tüm bitki yaprak alanı belirlenmiş ve farklı uygulamalardan elde edilen veriler Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

Yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak fark olmamakla birlikte, en yüksek yaprak alanı NS-Kapalı ve NS-Açık bitkilerinde belirlenmiştir. Bunu PRD-Açık uygulaması izlemiştir. En düşük bitki yaprak alanı PRD-Kapalı uygulamasından elde edilmiştir. NS-Açık uygulaması kontrol olarak ele alındığında kontrole göre bitki yaprak alanındaki azalma PRD-Açık uygulamasında %12.92, PRD-Kapalı bitkilerinde %24.42 olmuş, bununla birlikte NS-Kapalı bitkilerinde %0.21'lik bir artış görülmüştür. PRD-Açık bitkileri NS-Açık bitkilerine göre ortalama %50 daha az su kullandığı halde yaprak alanı azalması %12.92 seviyesinde kalmıştır. Bununla birlikte PRD-Kapalı bitkilerinde yaprak alanı azalması %24.42 seviyesinde oldukça yüksek olmuştur.



Şekil 4.1. Denemede farklı uygulamaların biber bitkisinde toplam yaprak alanı üzerine etkileri (cm²/bitki)

Farklı sulama sistemlerinin (geleneksel tam sulama, geleneksel kısıtlı sulama, PRD kısıtlı sulama) mısırdaki gelişim ve dane oluşumu üzerine etkilerinin

araştırıldığı çalışmada, sulama sistemlerinin yaprak alanı üzerine etkileri de incelenmiştir. Gelişim periyodu içerisinde en yüksek yaprak alanı tam sulamanın gerçekleştirildiği bitkilerde ölçülürken, bunu geleneksel kısıtlı sulama ve PRD sistemlerinin izlediği tespit edilmesine rağmen, elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olmadığı ifade edilmiştir (KIRDA ve ark, 2005).

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada yapılan yaprak alan ölçümlerinde uygulamalar arasındaki farkı önemsiz bulunmuşlardır. NS-Açık uygulaması kontrol olarak ele alındığında, kontrole göre bitki yaprak alanındaki azalma PRD-Açık uygulamasında %9.4, PRD-Kapalı uygulamasında %10.1 ve NS-Kapalı uygulamasında ise %3.7 olarak gerçekleşmiştir. PRD-Kapalı bitkileri %41 oranında bir kısıtlı sulamaya tabii tutulduğu halde yaprak alanı azalmasından daha az etkilenmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009)’ın topraksız domates yetiştiriciliğinde ortalama %36 kısıtlı PRD-Açık ve PRD-Kapalı sistemleri, tam sulanan NS-Açık ve NS-Kapalı ile karşılaştırmışlardır. Yukarıda daha önce bildirildiği üzere, bitki vegetatif gelişmesinde olduğu gibi bitki toplam yaprak alanı üretiminde de PRD kısıtlaması olan uygulamalar ile kontrol uygulaması NS-Açık arasında önemli fark bulunmamıştır. Domates çalışmasında NS-Kapalı bitkileri en az yaprak alanı oluşturmuştur, ancak bu farkın istatistik olarak önemli olmadığı bildirilmiştir. Araştırmacılar bu duruma neden olarak, topraksız PRD uygulamasında sulama aralıklarının saat hatta dakikalar ile belirlenmesinin, PRD bitkilerinin kuraklık stresinden etkilenme seviyelerini, topraklı PRD uygulamalarına göre daha az olumsuz etkilediğini belirtmiştir.

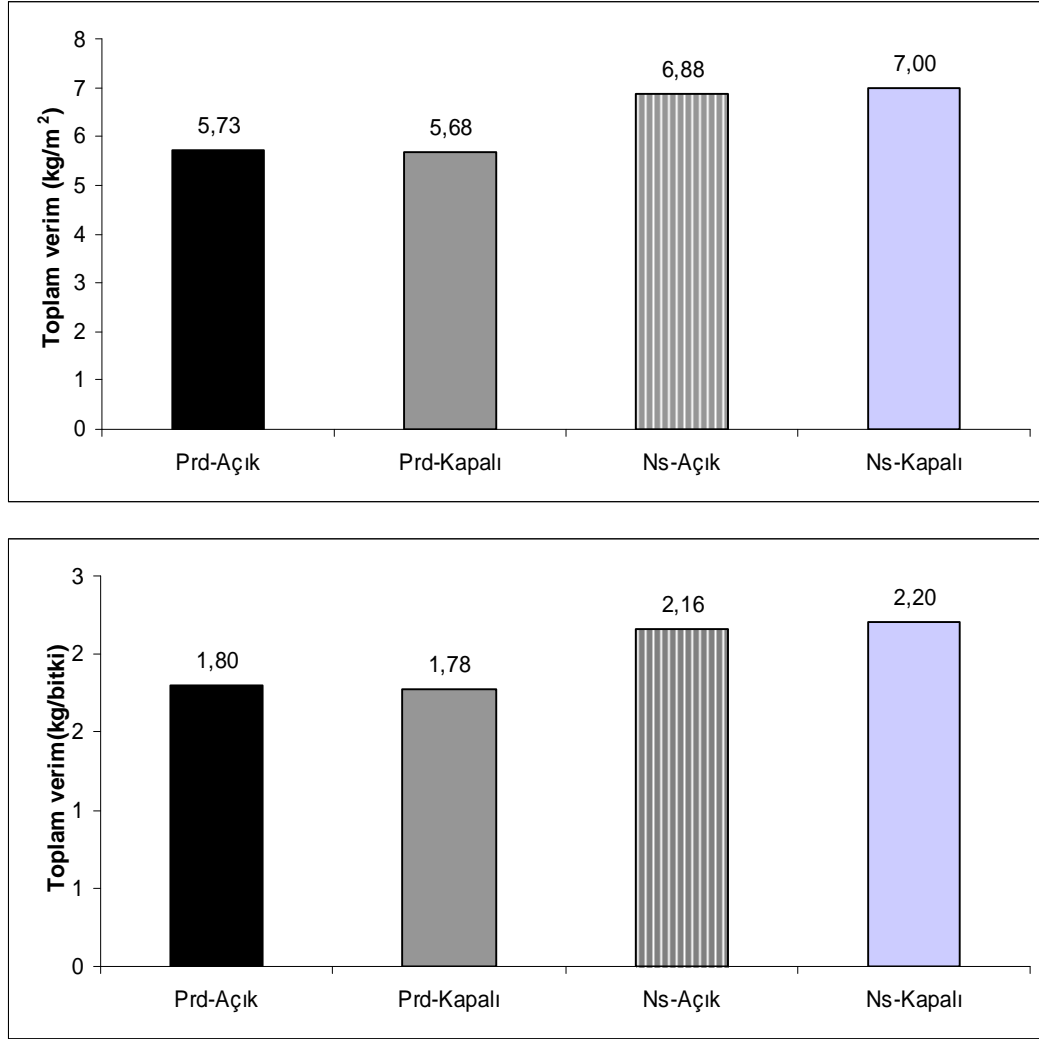
4.2. Verim ve Meyve Kalitesi

Araştırmada meyve hasatları 9 Nisan 2010 tarihinde başlamış ve 11 Temmuz 2010’a kadar yaklaşık 3 aylık bir sürede toplam 14 hasat yapılmıştır. Denemedeki farklı uygulamalardan elde edilen verim değerleri Şekil 4.2’de ve toplam meyve sayısı Şekil 4.3’de sunulmuştur. Mayıs ayı ortalarında her uygulamanın her

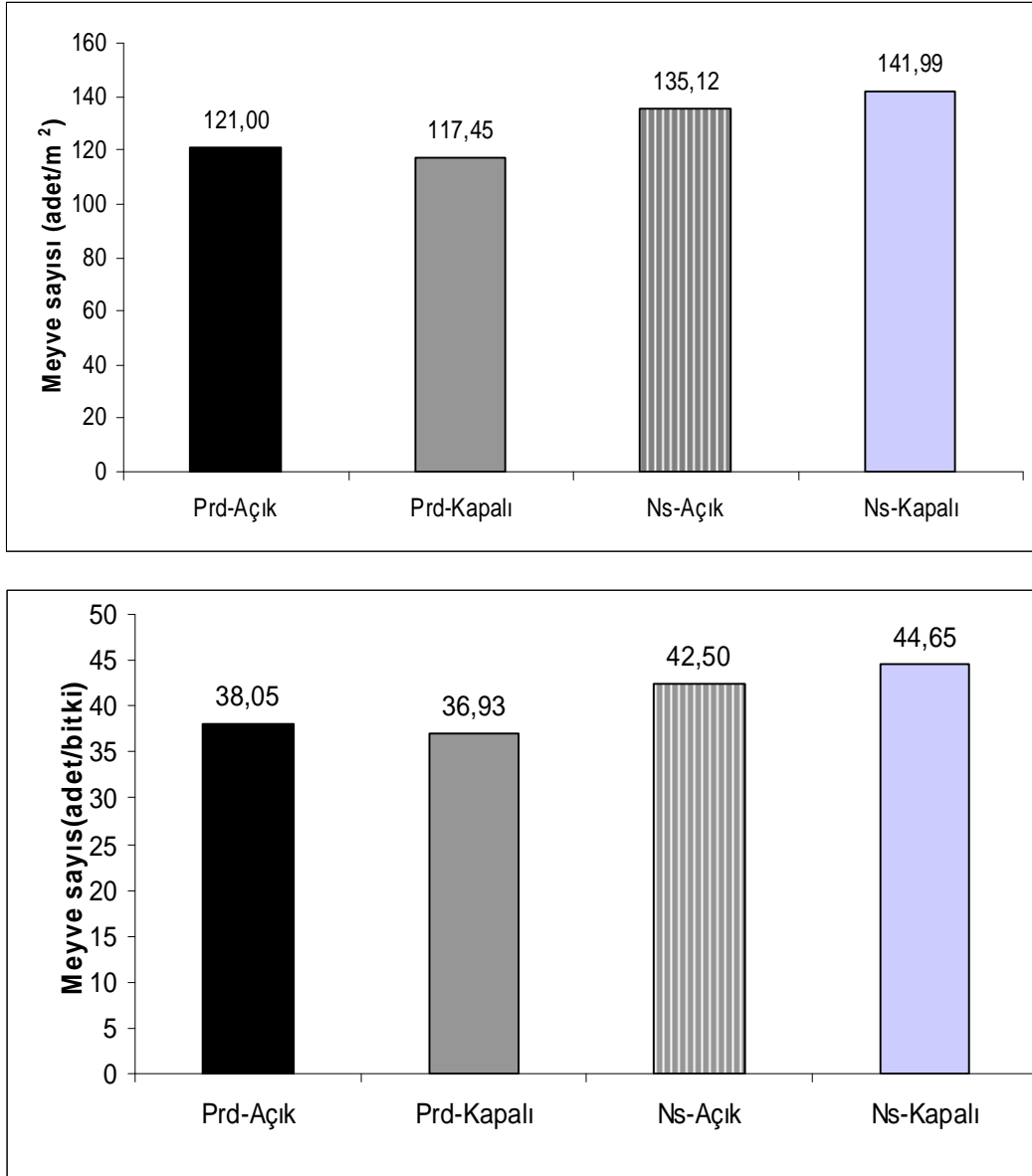
tekerrüründen 10 meyve alınarak Çizelge 4.7’de meyve fiziksel ölçümleri ve Çizelge 4.8’de meyve suyu analizleri sonuçları gösterilmektedir.

Yapılan hasatlarda toplam verimde istatistiksel fark oluşmadığı görülmektedir. NS-Kapalı uygulaması (7.00 kg/m²) ile ilk sırada yer almış ve bunu çok az bir farkla NS-Açık (6.88 kg/m²) takip etmiş, buna karşılık PRD-Açık uygulaması (5.73 kg/m²) ve PRD-Kapalı (5.68 kg/m²). Elde edilen değerler bitki başına verim olarak da değerlendirilmiştir ve uygulamalar arasındaki sonuçlar benzer olmuştur.

Denemede incelenen NS-Açık konusu topraksız yetiştiricilikte kullanılan geleneksel bir uygulama olduğu için kontrol gibi ele alındığında; kontrol uygulamasına göre PRD-Açık % 16.69’luk ve PRD-Kapalı uygulamasında %17.44’lük bir azalma gösterirken, NS-Kapalı uygulaması %1.73 lük bir verim artışı göstermiştir.



Şekil 4.2. Farklı uygulamaların sera topraksız biber yetiştiriciliğinde yaklaşık 3 aylık hasat periyodunda toplam meyve verimi üzerine etkileri; üstte kg/m² ve altta kg/bitki



Şekil 4.3. Farklı uygulamaların sera topraksız biber yetiştiriciliğinde yaklaşık 3 aylık hasat periyodunda toplam meyve sayısı üzerine etkileri; üstte adet/m² ve altta adet/bitki

ZEGBE ve ark, (2004)'nın açıkta sanayilik domates yetiştiriciliğinde tam ve %50 PRD uygulamaları ile yaptıkları çalışmada; toplam verim, meyve sayısı ve meyve ağırlığı bakımından tam ve % 50 kısıtlı PRD uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı bildirilmektedir.

Domateste tam sulama (FI), geleneksel % 50 kısıtlı sulama (RDI) ve % 50 kısıtlı PRD ile sulama sistemlerinin meyve verimi üzerine etkisi incelenmiş ve tam

sulama konusuna göre PRD uygulamasında %23 verim azalması bildirilirken, bu oran geleneksel kısıtlı sulamada %55'e kadar yükselmiştir (SAVIC ve ark, 2008).

Mısır bitkisinde, geleneksel tam sulama, geleneksel kısıtlı sulama ve PRD ile kısıtlı sulama uygulamalarının karşılaştırıldığı araştırmada, uygulamaların tane verimine etkisi incelenmiştir. Çalışmada verimin kısıtlamasız geleneksel sulama (tam sulama) şartları altında arttığı, bu artışın %50 su kısıtlı PRD ve geleneksel kısıtlı sulama uygulamalarına göre sadece %20 oranında bir fark gösterdiği bildirilmiştir (KIRDA ve ark, 2005).

SHAHNAZARI ve ark, (2007), patates yetiştiriciliğinde verim ve yumru iriliği üzerine PRD'nin etkisini kontrol ile karşılaştırmalı incelemiştir. Yumru verimi bakımından PRD ile kontrol arasındaki fark önemsiz bulunmuş ve pazarlanabilir yumru sınıflandırmasında PRD uygulaması %20 daha başarılı bulunmuştur.

Biberde geleneksel kısıtlı sulama (DI) ve PRD sistemlerinin verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, toplam meyve yaş ağırlığının geleneksel sulamanın gerçekleştirildiği bitkilere oranla PRD ve DI sistemlerinde % 19 ve % 34.7 oranında azalma belirlenmiştir. Bitki başına meyve sayısı bakımından ise PRD ve DI sistemlerinde % 20 oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (DORJI ve ark, 2005).

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı "PRD açık ve kapalı sistemler" ile "tam sulama açık ve kapalı sistemler" i karşılaştırdıkları çalışmada elde edilen verimlere bakıldığında NS-Açık konusunun verim değeri ile her iki PRD konusunun verimleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. En yüksek toplam hasat NS-Açık sisteminden 26.52 kg/m² ile sağlanırken, bunu 24.64 kg/m² hıyar verimi ile NS-Kapalı izlemiştir. Her iki PRD uygulaması verimleri istatistiksel olarak NS-Açık uygulamasından farklı ve diğer üç uygulama (NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı) aynı grupta yer almış ve 22.96 kg/m² ile PRD-Açık ve 22.57 kg/m² ile PRD-Kapalı sistemlerinden verim değerleri elde edilmiştir.

Meyve sayısı ve meyve kalitesinin uygulamalar arasında farklılıklar oluşturup oluşturmadığını anlamak amacıyla yapılan analizlerde elde edilen değişimler Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çalışmada adet/m² olarak hesaplanan meyve sayısı ve bitki başına düşen meyve sayısı uygulamalara göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir. En yüksek değer 141.99 adet/m² ile NS-Kapalı ve en düşük değer ise 117.45 adet/m² ile PRD-Kapalı sisteminde görülmüştür. Bitki başına düşen meyve sayısı miktarlarında da sonuçlar benzer gözlenmiş, yine istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Şekil 4.5).

Denemede farklı uygulamaların meyve fiziksel özellikleri üzerine etkileri de incelenmiştir. Üretim sezonu ortalarındaki bir hasattan yapılan meyve analizlerinde ortalama meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve çapı, meyve hacmi ve meyve et kalınlığı bakımından uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.7). Çalışmada farklı uygulamalar ile yetiştirilen biber meyvelerinde EC, SÇKM ve asitlik özellikleri bakımından uygulamalar arasında benzer şekilde fark bulunmamıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.7. Denemede farklı uygulamaların bazı meyve pomolojik özellikleri üzerine etkileri

	Ort. meyve ağırlığı (g)	Ort. meyve boyu (cm)	Ort. meyve çapı (mm)	Ort. meyve hacmi (ml)	Ort. meyve et kalınlığı (mm)
PRD Açık	62.75	67.25	60.50	144.50	4.75
PRD Kapalı	60.75	64.00	63.00	136.25	5.00
NS Açık	68.00	69.00	62.50	163.00	4.75
NS Kapalı	63.00	66.25	63.00	143.75	4.25
<i>P</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>
<i>LSD_{0.05}</i>	<i>8.819</i>	<i>7.316</i>	<i>9.411</i>	<i>23.829</i>	<i>0.766</i>

Çizelge 4.8. Denemede farklı uygulamaların bazı meyve suyu kimyasal özellikleri üzerine etkileri

	EC (dSm ⁻¹)	pH	SÇKM (%)	Asitlik (%)	C Vitamini (mg/100ml)
PRD Açık	5.03	5.66	4.15	0.013	49.08
PRD Kapalı	4.95	5.51	4.18	0.015	49.14
NS Açık	4.99	5.56	4.10	0.013	46.72
NS Kapalı	4.88	5.59	4.20	0.013	44.10
<i>P</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>	<i>Ö.D.</i>
<i>LSD_{0.05}</i>	<i>0.624</i>	<i>0.121</i>	<i>0.264</i>	<i>0.004</i>	<i>0.275</i>

ZEGBE ve ark. (2004)'nın salçalık domateste kısmi kök kuruluşunun meyve kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, deneme sonunda tüm hasat

edilen meyvelerin ortalaması olarak değerlendirdiklerinde ortalama meyve yaş ve kuru ağırlığının değişmediği bildirilmektedir. Bununla birlikte tohum ekiminden 152 ve 163 gün sonra aldıkları meyve örneklerinde SÇKM ölçüldüğünde 152 gün sonra uygulamalar arasında fark yok iken, 163 sonra alınan meyve örneklerinde PRD ile sulanan meyvelerde SÇKM miktarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Dönem ilerledikçe ve sıcaklık artıkça %50 PRD uygulanan domateslerin SÇKM oranı artmıştır.

DORJI ve ark. (2005)'nin açıkta biber yetiştiriciliğinde yaptıkları bir çalışmada geleneksel tam sulama, geleneksel %50 kısıtlı sulama ve %50 kısıtlı PRD uygulamalarının meyve kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Ortalama meyve yaş ve kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında fark bildirilmemektedir. SÇKM hem yeşil ve hem de kırmızı olum aşamasında incelenmiştir ve biber meyveleri arasında sadece geleneksel %50 kısıtlı sulamada, istatistiksel olarak diğer iki uygulamaya göre daha yüksek SÇKM bildirilmektedir. Geleneksel tam sulama ve %50 kısıtlı PRD sulama konularının biber meyvelerinde SÇKM değerleri farksız bulunmuştur.

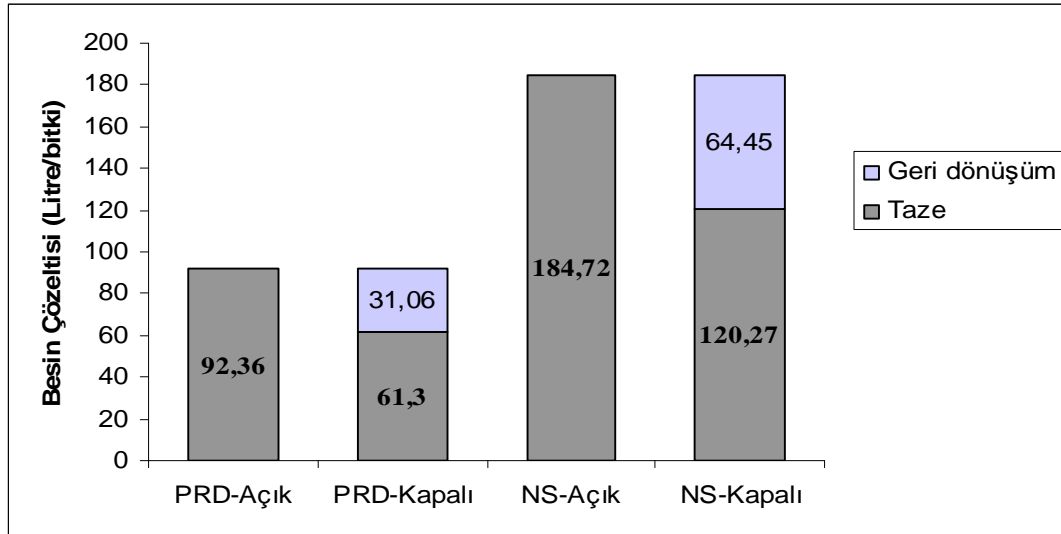
SAVIC ve ark. (2008), domateste tam sulama (FI), geleneksel % 50 kısıtlı sulama (RDI) ve % 50 kısıtlı PRD sistemlerinin meyve gelişimi üzerine etkilerini inceledikleri bir araştırmada, meyve çapı üzerine RDI uygulamasının diğer 2 uygulamaya göre önemli şekilde azaltıcı etkide bulunduğu, PRD uygulamasının azaltıcı etkisi olmakla birlikte istatistiksel olarak önemsiz olduğu bildirilmektedir. Buna göre domates meyve çapı RDI, PRD ve FI uygulamalarında sırasıyla 59.6 mm, 72.5 mm ve 77.4 mm olarak kaydedilmiştir. Meyve yaş ağırlığı tam sulama (FI) konusuna göre PRD meyvelerinde %32.4 ve RDI meyvelerinde ise %56.8 azalmaya neden olmuştur.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada yapılan meyve analizlerinde ağırlık, boy, çap ve hacim gibi fiziksel özellikler bakımından uygulamalar arasındaki farklılıkları önemli bulmamışlardır. Meyve kimyasal özelliklerinde ise her iki PRD uygulaması meyvelerinde EC ve SÇKM değerleri NS uygulamaları meyvelerine göre yüksek

bulunmuştur. Meyvenin asitlik özelliği ise uygulamalar tarafından farklı etkilenmemiştir.

4.3. Farklı Uygulamalarda Kullanılan Besin Çözeltileri Miktarları

Denemede besin çözeltisi kısıtlaması yapılmadan tam sulama yapılan NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamalarında kullanılan besin çözeltisi miktarı 184.72 litre/bitki olmuştur. NS uygulamalarına göre yetiştirme periyodu süresince ortalama % 50 kısıtlama yapılan PRD konularında ise bu miktar 92.36 litre/bitki şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.4). Denemede PRD-Kapalı ve NS-Kapalı uygulamalarında geriye dönüşüm ile kullanılan çözelti miktarı sırasıyla 31.06 ve 64.45 litre/bitki olmuştur. Bu durumda PRD-Kapalı uygulamasında kontrol olan NS-Açık çözeltisine göre 123.42 litre/bitki veya % 66.82 daha az taze besin çözeltisi kullanılmıştır (Şekil 4.4).

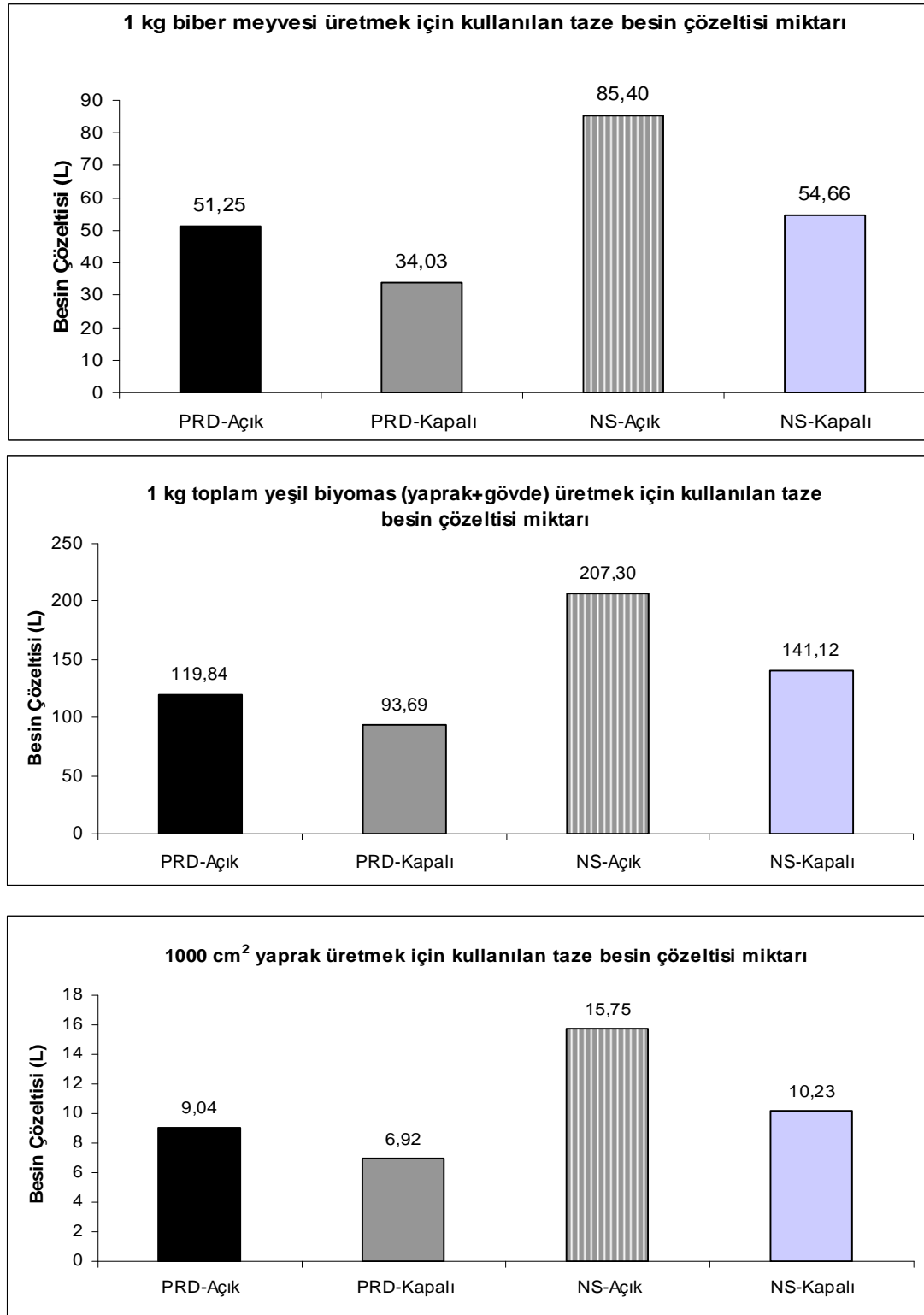


Şekil 4.4. Denemede farklı uygulamalarda kullanılan besin çözeltisi miktarları. PRD uygulamalarında deneme süresince NS uygulamalarına göre toplamda %50 su kısıtlaması söz konusu olmuştur. Kapalı sistemlerde geri dönüşüm ile kullanılan çözelti miktarı açık renkli bar ile gösterilmektedir; PRD-Kapalı'da %33.63 ve NS-Kapalı'da %34.89 geriye dönüşen çözelti kullanılmıştır

4.4. Besin Çözeltisi Kullanma Etkinliği veya Su Kullanma Etkinliği

Çalışmada 1 kg biber üretmek için kullanılan taze besin çözeltisi miktarları NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamalarında sırasıyla 85.40 L, 54.66 L, 51.25 L ve 34.03 L litre olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.5). Açık sistemlerde %50 kısıtlı sulama yapılan PRD-Açık uygulamasında su kullanma etkinliği daha yüksek iken, kapalı sistemlerde besin çözeltisi geri dönüşümü de olduğu için kullanılan taze besin çözeltisi miktarları daha az olmuştur. PRD-Kapalı uygulaması hem geriye dönüşüm ve hem de PRD sisteminin getirdiği kısıtlı sulama avantajlarını beraber kullanarak en yüksek taze besin çözeltisi kullanma randımanı sergilemiştir (Şekil 4.5).

Denemede biber bitkilerinin 1 kg taze toplam biyomas (yaprak+gövde, meyve hariç) ve 1000 cm² yaprak alanı oluşturabilmek için kullandıkları besin çözeltisi miktarları da hesaplanmıştır (Şekil 4.5). Bu iki özellik bakımından uygulamalar arasında meyve verimine benzer aynı sıralama söz konusu olmuştur; su kullanma veya taze besin çözeltisi kullanma etkinliği en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla PRD-Kapalı, PRD-Açık, NS-Kapalı ve NS-Açık şeklinde gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Denemede farklı uygulamaların ‘Besin Çözeltisi Kullanma Etkinliği’

DAŞGAN ve ark. (2009) topraksız domates yetiştiriciliğinde, burada sunulan projeye benzer uygulamaları (NS-Açık, PRD-Açık, ortalama %36 kısıtlı PRD-Açık ve PRD-Kapalı) içeren çalışmada, 1 kg domates meyvesi üretmek için kullanılan taze besin çözeltili miktarları, NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamalarında sırasıyla, 59.6 L, 42.8 L, 42.4 L ve 28.8 L olarak bildirmektedirler. Domatesin topraksız yetiştiriciliğinde en yüksek su kullanma randımanı PRD-Kapalı sisteminden alınmıştır.

WAKRIM ve ark. (2005), fasulyede yaptıkları bir araştırmada, geleneksel tam sulama, geleneksel kısıtlı sulama (RDI) ve PRD ile kısıtlı sulama olmak üzere üç farklı sistem kullanmışlardır. Çalışmada su kullanım etkinliği incelenmiş olup, PRD ve RDI sistemlerinin normal sulamaya göre %50 oranında su kullanım etkinliği sağladığı tespit edilmiştir.

DORJI ve ark. (2005), yılında biberde yaptıkları bir çalışmada geleneksel sulama, geleneksel kısıtlı sulama ve PRD sistemlerinin etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda normal sulamaya göre geleneksel kısıtlı sulamada 170 litre, PRD sisteminde ise 164 litre su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

SHAHAZARI ve ark. (2007), patates yetiştiriciliğinde verim, yumru iriliği ve su kullanma etkinliği (WUE) üzerine PRD'nin etkisini kontrol ile karşılaştırmalı incelemişlerdir. PRD uygulaması ile %30 su kısıtlamasında kontrol bitkilerine göre % 61 daha yüksek WUE elde edilmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı "PRD açık ve kapalı sistemler" ile "tam sulama açık ve kapalı sistemler" i karşılaştırdıkları çalışmada, 1 kg hıyar üretmek için kullanılan besin çözeltili miktarları NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamalarında sırasıyla 43.00 L, 30.08 L, 29.27 L ve 20.54 L olarak belirlemişlerdir. Hıyarın topraksız yetiştiriciliğinde en yüksek su kullanma randımanı PRD-Kapalı sisteminden alınmıştır.

4.5. Fizyolojik Gözlemler

4.5.1. Yaprak Oransal Su içeriği (%)

Çalışmada farklı zamanlarda yapılan yaprak oransal su içeriği ölçümlerindeki elde edilen değişimler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Denemede iki kez yaprak oransal su içeriği ölçümü yapılmış, her iki ölçümde elde edilen değerlerde istatistiksel olarak önemli fark gözlenmemiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak oransal su içeriği değerleri (%)

	10 Mayıs	10 Haziran
PRD Açık	81.32	88.14
PRD Kapalı	79.48	88.22
NS Açık	81.64	85.84
NS Kapalı	80.85	89.84
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	5.206	3.915

AGANCHICH ve ark. (2009), zeytin fidanlarında PRD (kısmi kök kuruluğu) yöntemi ile sulamanın etkilerini araştırmıştır. Bir kontrol ve iki adet PRD rejimi denenmiştir (Kontrol: kökün her iki tarafına da tarla kapasitesini koruyacak kadar sulama yapılmış; PRD₅₀ : kontrol uygulamasının %50 si kadar sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmış; ve PRD₁₀₀: kontrol ile aynı miktarda sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmıştır). Sadece PRD₅₀ uygulamasındaki fidanlar kısıtlı sulama çalışması olarak görülmüştür. Gün başlangıcında yaprak su potansiyeli ve yaprak oransal su içeriği ölçümü yapılmış, PRD₅₀ uygulaması ile PRD₁₀₀ uygulaması arasında önemli derecede fark görülmüştür.

4.5.2. Yaprak Hücrelerinde Membran Zararlanmasının Belirlenmesi (%)

Çalışmada farklı zamanlarda yapılan yaprak hücrelerinde membran zararlanma indeksi ölçümlerinden elde edilen değişimler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

NS-Açık uygulaması kontrol uygulaması olarak düşünülmüş ve bu uygulamadaki yaprak hücreleri baz alınarak % zararlanma belirlenmiştir.

Denemede 10 Mayıs'ta yapılan 1. ölçümlerde elde edilen değerler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. PRD-Kapalı uygulaması %2.97 ile en fazla zararlanmayı görmüş, bunu sırasıyla %2.55 ve %2.37 değerleri ile PRD-Açık ve NS-Kapalı uygulamaları izlemiştir. 10 Haziran tarihinde yapılan 2. ölçümlerde yine sonuçlar istatistiksel olarak önemli bulunmuş, PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamaları sırasıyla %2.49 ve %2.44 değerleri ile aynı grupta yer almış, NS-Kapalı uygulaması ise %1.85 ile farklı grupta yer almıştır ve en az zararlanmayı görmüştür.

Çizelge 4.10. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen membran zararlanma indeksi değerleri (%)

	10 Mayıs	10 Haziran
PRD Açık	2.55 b	2.49 a
PRD Kapalı	2.97 a	2.44 a
NS Açık	-	-
NS Kapalı	2.37 c	1.85 b
<i>P</i>	0.00001	0.00001
<i>LSD</i> _{0.05}	1.351	0.262

KATARZANIA ve ark. (2007), 25 kimyon genotipinde kuraklık uygulamasında yapraklarda membran dayanımının belirlenmesini çalışmışlardır. Warsaw (%49.4), Cracow (%45.3), Reykiavik (%39.9), Berlin (%23.8), Wistey (%22.7) orijinli olanlar ve kendi ıslah ettiklerinden 9/2 (%23.7), 60/8 (%22.2) numaralı genotipler yüksek membran zararlanması göstermiştir. Düşük membran zararlanması ise Bayreuth (%4.2), Ulm (%4.4), Cluj (%5.5), Lusanne (%6.8) genotipleri ve Knczewicki çeşidinde (%6.2) belirlenmiştir. Araştırmacılar bu genotiplerin ilerde kuraklığa dayanıklılık için ıslah çalışmalarında kullanılabileceğini öngörmüşlerdir.

4.5.3. Yaprak Su Potansiyelinin Belirlenmesi (MPa)

Çalışmada farklı zamanlarda yapılan yaprak su potansiyeli ölçümlerinden elde edilen değişimler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çalışmada, 10 Mayıs tarihinde yapılan ilk ölçümlerde PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamaları sırasıyla -0.21 ve -0.19 değerleri ile aynı grupta yer almış ve sırasıyla -0.11 ve -0.14 değerlerine sahip NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamalarına oranla daha düşük yaprak su potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir. 10 Haziranda yapılan ölçümlerde uygulamalar arasında önemli bir fark görülmemiştir. 10 Temmuz tarihinde yapılan son ölçümlerde ise PRD-Kapalı, NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamaları sırasıyla -0.08, -0.08 ve -0.08 değerleri ile aynı istatistiksel grupta yer almış, PRD-Açık uygulaması -0.12 değeri ile en düşük değeri vermiş ve farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak su potansiyeli değerleri (MPa)

	10 Mayıs	10 Haziran	10 Temmuz
PRD Açık	-0.21 a	-0.28	-0.12 a
PRD Kapalı	-0.19 a	-0.31	-0.08 b
NS Açık	-0.11 b	-0.28	-0.08 b
NS Kapalı	-0.14 b	-0.27	-0.08 b
<i>P</i>	0.0005	Ö.D.	0.0026
<i>LSD</i> _{0.05}	0.035	0.057	0.021

GOLDHAMMER ve ark. (2002), 3 yaşındaki şeftali ağaçlarında kısıtlı sulama (RDI) ve PRD uygulamasını kontrol ile karşılaştırmıştır. Denemenin ilk aşamasında kontrol bitkileri ile aynı seviyede sulanan RDI bitkilerinde yaprak su potansiyeli gün ortasında -1.2 MPa olarak belirlenmiştir. RDI uygulamalarında büyümenin 1. aşamasında evapotranspirasyonun %50’si kadar büyümenin 2 ve 3. aşamalarında %120’si kadar sulama yapılmıştır. PRD uygulamalarında ağaçların yanlarından çift lateral çekilmiştir. Kısıtlı sulama uygulamalarında meyve boyu kontrole göre daha küçük olmuştur. Kısıtlı sulama uygulamaları ile PRD uygulaması arasında yaprak su potansiyeli bakımından bir fark görülmemiştir.

SOBEIH ve ark. (2004), domates bitkilerini (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Ailsa Craig), iki toprak bloğu arasında kökleri ayrılmış şekilde yetiştirmişlerdir. Domates bitkileri bir miktar geliştikten sonra sulama kök bölgesinin bir tarafına (kısmi kök bölgesi kuruluğu-PRD) veya kök bölgesinin her iki tarafına (tam sulama: kontrol-WW) yapılmıştır. PRD uygulamasında bir sonraki sulamada kök bölgesinin daha önce sulanan tarafı sulanmayarak kuraklığa maruz bırakılmıştır. Toprak ve yapraktaki su durumu günlük olarak izlenmiştir. 8 gün sonra, PRD uygulamasında toprak nemi % 70'e kadar düşmüş, buna rağmen yaprak su potansiyellerinde uygulamalar arasında fark gözlenmemiştir.

AGANCHICH ve ark.(2009), zeytin fidanlarında PRD (kısmi kök kuruluğu) yöntemi ile sulamanın etkilerini araştırmıştır. Bir kontrol ve iki adet PRD rejimi denenmiştir (Kontrol: kökün her iki tarafına da tarla kapasitesini koruyacak kadar sulama yapılmış; PRD₅₀ : kontrol uygulamasının %50'si kadar sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmış; ve PRD₁₀₀: kontrol ile aynı miktarda sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmıştır). Sadece PRD₅₀ uygulamasındaki fidanlar kısıtlı sulama çalışması olarak görülmüştür. Gün başlangıcında yaprak su potansiyeli ölçümü yapılmış, PRD₅₀ uygulaması ile PRD₁₀₀ uygulaması arasında önemli derecede fark görülmüştür.

4.5.4. Yaprak Sıcaklığının Belirlenmesi (°C)

Çalışmada farklı zamanlarda yapılan yaprak sıcaklığı ölçümlerinden elde edilen değişimler Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çalışmada 3 farklı zamanda yaprak sıcaklığı ölçümleri yapılmış, yapılan ölçümler sonucunda uygulamalar arasında yaprak sıcaklığı yönünden önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak sıcaklığı değerleri (°C)

	10 Mayıs	10 Haziran	10 Temmuz
PRD Açık	30.66	24.30	31.62
PRD Kapalı	31.42	24.73	31.99
NS Açık	29.52	24.29	31.87
NS Kapalı	29.85	24.43	31.61
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	1.452	2.801	0.569

4.5.5. Yaprak Stoma Geçirgenliğinin Belirlenmesi (mmol m⁻² s⁻¹)

Çalışmada farklı zamanlarda yapılan yaprak stoma geçirgenliği ölçümlerinden elde edilen değişimler Çizelge 4.13’de verilmiştir.

10 Mayıs tarihinde yapılan ilk ölçümlerde NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamaları sırasıyla 360.63 ve 333.25 değerleri ile aynı grupta yer almış ve en yüksek değerler elde edilmiştir. PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamaları ise sırasıyla 195.88 ve 191.00 değerleri ile aynı istatistiksel grupta yer almışlardır.

10 Haziran’da yapılan ölçümde de sonuçlar istatistiksel olarak önemli ve yine aynı şekilde olmuş, NS uygulamalarından PRD uygulamalarına oranla daha yüksek değerler elde edilmiştir. 10 Temmuzda yapılan son ölçümde ise NS-Açık uygulamasından 254.42 ile en yüksek değer elde edilmiş, PRD-Açık, PRD-Kapalı ve NS-Kapalı uygulamaları daha düşük değerlere sahip ve aynı istatistiksel grup içinde yer almışlardır (Çizelge 4.13.)

Çizelge 4.13. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak stoma geçirgenliği değerleri (mmol m⁻² s⁻¹)

	10 Mayıs	10 Haziran	10 Temmuz
PRD Açık	195.88 b	169.22 b	141.70 b
PRD Kapalı	191.00 b	129.03 b	128.58 b
NS Açık	360.63 a	232.20 a	254.42 a
NS Kapalı	333.25 a	253.22 a	159.84 b
<i>P</i>	0.0001	0.0031	0.0001
<i>LSD</i> _{0.05}	57.281	57.686	29.095

GU ve ark. (2000), asma bitkisi ile yaptıkları çalışmada, Sauvignon Blanc üzüm çeşidiyle klasik damla sulama yöntemiyle (tam sulama), PRD- bölünmüş kök

sistemini suyun %60 ve %20 kısıtlandığı durumda kıyaslamışlardır. Deneme alanında buharlaşma ölçülmüş ve sulamalar buna göre yapılmıştır. Sonuçta, kısmi kök kuruluğu sulama uygulamasında stomaların kısmen kapanması nedeniyle stoma geçirgenliği, transpirasyon oranı ve vegetatif büyümenin azaldığı belirlenmiştir.

SOBEIH ve ark. (2004), domates bitkilerini (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Ailsa Craig), iki toprak bloğu arasında kökleri ayrılmış şekilde yetiştirmişlerdir. Domates bitkileri bir miktar geliştikten sonra sulama kök bölgesinin bir tarafına (kısmi kök bölgesi kuruluğu-PRD) veya kök bölgesinin her iki tarafına (tam sulama: kontrol-WW) yapılmıştır. PRD uygulamasında bir sonraki sulamada kök bölgesinin daha önce sulanan tarafı sulanmayarak kuraklığa maruz bırakılmıştır. PRD uygulamasında kök bölgesinin kuru tarafındaki toprak nemi %45'in altına düştüğünde stomatal iletkenlikte düşüş gözlenmiştir.

AGANCHICH ve ark. (2009), zeytin fidanlarında PRD (kısmi kök kuruluğu) yöntemi ile sulamanın etkilerini araştırmıştır. Bir kontrol ve iki adet PRD rejimi denenmiştir (Kontrol: kökün her iki tarafına da tarla kapasitesini koruyacak kadar sulama yapılmış; PRD₅₀: kontrol uygulamasının %50'si kadar sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmış; ve PRD₁₀₀: kontrol ile aynı miktarda sulama yapılmış ve her iki hafta sulama kökün daha önce sulanmayan tarafına yapılmıştır). Sadece PRD₅₀ uygulamasındaki fidanlar kısıtlı sulama çalışması olarak görülmüştür. PRD₅₀ uygulamasında stomatal iletkenlik miktarlarında düşüş görülmüştür.

4.5.6. Yaprak Ozmotik Potansiyelinin Belirlenmesi (mOsmol)

Çalışmada 10 Mayıs tarihinde alınan yaprak örneklerinde yapılan yaprak ozmotik potansiyeli ölçümlerinden elde edilen değişimler Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak önemli olarak bulunmuş, en yüksek ozmotik potansiyel PRD-Kapalı uygulamasında elde edilmiştir. Diğer uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunmuş ve aynı istatistik grupta yer almışlardır.

Çizelge 4.14. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda yapılan ölçümlerle belirlenen yaprak ozmotik potansiyeli (mOsmol)

	10 Mayıs
PRD Açık	533.33 b
PRD Kapalı	720.00 a
NS Açık	526.67 b
NS Kapalı	496.67 b
<i>P</i>	0.00001
<i>LSD</i> _{0.05}	32.455

XU ve ark. (2009), Yeni bir kısıtlı sulama teknolojisi olan PRD' nin bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kökün bir tarafı kuru iken, diğer taraf sulanmış, daha önce kuru olan taraf ise bir sonraki sulamada sulanmıştır. Bitki ozmotik potansiyeli ölçümlerinde tam sulama uygulamalarında yaprak ozmotik potansiyeli PRD uygulamasına oranla daha düşük belirlenmiştir.

4.6. Biber Bitkilerinde Besin Maddeleri Analizleri

Denemede uygulamaların bitki gelişimi ve verim üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada yaprak örneklerinde besin maddeleri analizleri de yapılmış ve farklı uygulamalarda biber bitkilerinin beslenme durumları karşılaştırılmıştır.

4.6.1. Yaprakta Azot (N) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde azot düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.15'de verilmiştir. Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde azot konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.15.).

Çizelge 4.15. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen azot (N) konsantrasyonları (%)

	20 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	3.36	3.93	3.57
PRD Kapalı	3.44	4.09	3.67
NS Açık	3.25	3.93	3.73
NS Kapalı	3.42	3.91	3.66
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	0.281	0.308	0.189

4.6.2. Yaprakta Fosfor (P) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde fosfor düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde fosfor konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.16.).

Çizelge 4.16. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen fosfor (P) konsantrasyonları (%)

	20 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	0.43	0.36	0.38
PRD Kapalı	0.34	0.33	0.40
NS Açık	0.34	0.37	0.40
NS Kapalı	0.35	0.33	0.38
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	0.081	0.086	0.092

4.6.3. Yaprakta Potasyum (K) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde, potasyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde potasyum konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen potasyum (K) konsantrasyonları (%).

	20 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	6.68	4.29	4.82
PRD Kapalı	6.40	4.20	5.00
NS Açık	6.32	4.70	4.64
NS Kapalı	5.88	4.49	4.78
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	1.093	0.433	0.673

4.6.4. Yaprakta Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde kalsiyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde kalsiyum konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır(Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen kalsiyum (Ca) konsantrasyonları (%)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	2.02	2.15	2.18
PRD Kapalı	1.84	2.21	2.07
NS Açık	1.86	2.28	2.12
NS Kapalı	1.87	2.33	2.25
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	0.361	0.181	0.370

4.6.5. Yaprakta Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde magnezyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde magnezyum konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen magnezyum (Mg) konsantrasyonları (%)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	0.79	0.61	0.56
PRD Kapalı	0.64	0.71	0.71
NS Açık	0.73	0.64	0.47
NS Kapalı	0.72	0.60	0.65
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	0.0004
<i>LSD</i> _{0.05}	0.239	0.149	0.079

4.6.6. Yaprakta Sodyum (Na) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde sodyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde sodyum konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.20. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen Sodyum (Na) konsantrasyonları (%)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	0.62	0.56	0.58
PRD Kapalı	0.60	0.51	0.64
NS Açık	0.51	0.58	0.70
NS Kapalı	0.64	0.55	0.55
<i>P</i>	0.0209	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	0.080	0.138	0.144

4.6.7. Yaprakta Klor (Cl) Konsantrasyonu

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan yaprak örneklerinde klor düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örneklerinde klor konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.21.).

Bu denemede yapraklarda klor analizi yapılma nedeni özellikle kapalı sistemlerde bitkiler için toksik olan istenmeyen bazı iyonların akümüülasyonunun

olup olmadığını ortaya koymaktır. Bu sonuçlara bakılarak görülmektedir ki çalışmadaki uygulamalar “Klor akümülyasyonu” anlamında uygulamalar arasında bir fark oluşumuna neden olmamıştır (Çizelge 4.21.).

Çizelge 4.21. Denemede biber bitkilerinde farklı zamanlarda alınan yaprak örneklerinde belirlenen Klor (Cl) konsantrasyonları (%)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	0.72	0.57	0.47
PRD Kapalı	0.85	0.67	0.52
NS Açık	0.67	0.66	0.47
NS Kapalı	0.52	0.64	0.50
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	0.305	0.186	0.142

DAŞGAN ve ark. (2009); sunulan tez çalışmasında kullanılan aynı uygulamalar (NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı) ile topraksız domates yetiştiriciliğinde yaptığı çalışmada, farklı uygulamaların domates bitkisi beslenmesi üzerine farklı etkisinin olmadığını ve tüm uygulamalarda bitkilerin yeterli beslendiğini bildirmişlerdir.

NAKAJIMA ve ark. (2004), üzüm ve zeytin türlerinde kontrol ve “geleneksel kısıtlı sulama”, elma ve domates türlerinde kontrol ve PRD uygulamalarını, yaprak ve meyvedeki besin maddeleri bakımından karşılaştırarak incelemişlerdir. Sonuçlar göstermiştir ki, bitkilerin beslenme düzeyleri ve meyvelerin mineral element içerikleri üzerine uygulamaların etkisi önemli olmamıştır. Sulama kısıtlaması yapılırsa bile mineral beslenme ve içerik bundan etkilenmemiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, hıyar yapraklarındaki Cl konsantrasyonunu incelemişler, yapılan analiz sonuçlarının istatistiksel olarak uygulamalar arasında fark oluşturmadığını belirlemişlerdir.

Denemede gerçekleştirilen analizlerde belirlenen yaprak besin elementleri konsantrasyonları ALPARSLAN ve ark. (2004) ve BERGMANN (1992)’in bildirdikleri kritik aralıklar ile karşılaştırıldığında biber bitkilerinin tüm besin

elementleri yönünden yeterli beslendikleri blirlenmiştir (Çizelge 4.35. ve Çizelge 4.36.).

4.7. Biber Meyvelerinde Besin Maddeleri Analizleri

Farklı uygulamaların bitki gelişimi ve verim üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada meyve örneklerinde de besin maddeleri analizleri yapılmış ve farklı uygulamalarda biber meyvelerinin besin elementi içeriği yönünden durumları karşılaştırılmıştır.

4.7.1. Meyvede Makro Besin Maddeleri Analizleri

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan meyve örneklerinde azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan meyve örneklerinde azot, fosfor ve kalsiyum konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.22.).

Potasyum elementi analizinde PRD-Açık uygulamasının potasyum konsantrasyonu % 4.04 ile en yüksek değeri verirken, PRD-Kapalı, NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamalarının meyvede potasyum konsantrasyonları aynı istatistiksel grup içinde yer almış ve PRD-Açık uygulamasına göre düşük çıkmıştır.

Magnezyum konsantrasyonlarında belirlenen değerler arasında fark gözlenmiş; en yüksek değer PRD-Açık (0.28) ve en düşük değer ise NS-Kapalı (0.17) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.22.).

Çizelge 4.22. Denemede biber meyve örneklerinde belirlenen azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları (%)

	N	P	K	Ca	Mg
PRD Açık	2.46	0.50	4.04 a	0.34	0.28 a
PRD Kapalı	2.31	0.44	3.23 b	0.28	0.22 b
NS Açık	2.32	0.43	3.45 b	0.40	0.25 ab
NS Kapalı	2.27	0.44	3.23 b	0.38	0.17 c
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	0.0342	Ö.D.	0.0027
<i>LSD</i> _{0.05}	0.235	0.062	0.576	0.103	0.048

4.7.2. Meyvede Sodyum Analizi

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan meyve örneklerinde sodyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Meyve örneklerinde sodyum konsantrasyonunu belirlemek için yapılan analizlerde PRD-Kapalı uygulamasının % 0.48 sodyum içeriği ile diğer uygulamalardan düşük ve farklı çıktığı görülmüştür. Diğer uygulamalar ise aynı istatistiksel grup içerisinde yer almış ve PRD-Kapalı uygulamasında oranla daha yüksek sodyum konsantrasyonuna sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.23.).

Çizelge 4.23. Denemede biber meyve örneklerinde belirlenen sodyum (Na) konsantrasyonları (%)

	Sodyum (Na) (%)
PRD Açık	0.60 a
PRD Kapalı	0.48 b
NS Açık	0.69 a
NS Kapalı	0.62 a
<i>P</i>	0.0108
<i>LSD</i> _{0.05}	0.108

4.8. Substrat Örneklerinde İyon Analizleri

Denemede gerçekleştirilen substrat analizlerinin amacı besin çözeltisinin geri dönüşümlü olarak kullanıldığı “Kapalı sistem” yetiştiricilik yapılan NS-Kapalı ve PRD-Kapalı uygulamalarında substratta “istenmeyen toksik iyon” akümüasyonu olup olmayacağını belirlemek ve diğer “Açık sistem” uygulamaları ile karşılaştırmaktır. Bitki dokularında besin maddeleri düzeylerini izlemek üzere

örnekleme yapılan tarihlerde substrat örnekleri de alınarak besin maddesi ve iyon analizleri yapılmıştır.

4.8.1. Substratta Amonyum (NH₄) Konsantrasyonu (ppm)

Çalışmada farklı uygulamalardan alınan substrat örneklerinde, amonyum düzeyleri bakımından ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çalışmada üç farklı dönemde alınan yaprak örnekleri ile aynı zamanda alınan substrat örneklerinde amonyum konsantrasyonları yönünden uygulamalar arasında bir fark bulunmamıştır. Denemenin ilerleyen zamanlarına doğru tüm uygulamalarda küçük miktar amonyum konsantrasyonunda artışlar görülmektedir. Bunun nedeni ilerleyen dönemlerde bitki ihtiyacını karşılayabilmek için besin çözeltisindeki besin elementi miktarında gerçekleştirilen artışlardır. Bu çözeltinin içindeki amonyum miktarının artmasıyla substrattaki amonyum konsantrasyonunda da artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.24.).

Çizelge 4.24. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen amonyum (NH₄) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	66.36	63.98	76.58
PRD Kapalı	64.96	82.46	79.94
NS Açık	62.58	78.26	82.18
NS Kapalı	78.68	70.28	81.76
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	14.961	15.475	16.763

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, Mart ayına ait amonyum miktarları, bütün uygulamalarda giderek artarak deneme sonundaki Temmuz ayına ait en yüksek amonyum miktarlarına ulaşmıştır. Ancak, kapalı sistem uygulamalarında diğer uygulamalara göre farklı bir artış trendi gözlenmemiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009), bu tez çalışmasında kullanılan sistemlerin aynısı (NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı) ile topraksız domates yetiştiriciliğinde gerçekleştirdikleri çalışmada, denemenin başında (Kasım) ve sonunda (Haziran) “Perlit” ortamında yaptıkları analizlerde; amonyum konsantrasyonunun deneme başında daha düşük ve sonunda daha yüksek olduğunu ve uygulamalar arasında her iki analiz döneminde de istatistiksel anlamda farklılıkların olmadığını bildirmiştir (297 ile 568 ppm arasında). Ancak araştırmacılar son analiz zamanındaki en yüksek NH₄ dozlarının sırasıyla NS-Kapalı ve PRD-Kapalı uygulamaları substratlarından alındığını bildirmişlerdir.

4.8.2. Substratta Nitrat (NO₃) Konsantrasyonu (ppm)

Farklı uygulamaların substrat örneklerindeki nitrat konsantrasyonu deneme süresince üç farklı dönemde belirlenmiş olup, sonuçlar Çizelge 4.25’de verilmektedir.

Çalışmada 10 Mart tarihinde alınan örneklerden yapılan analizde en yüksek nitrat konsantrasyonu 184.24 ppm değeri ile NS-Açık uygulamasında belirlenmiş, bu uygulamayı 157.78 ile NS-Kapalı uygulaması izlemiştir. PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamaları ise sırasıyla 121.10 ve 121.70 ppm değerleri ile aynı istatistiksel grup içinde yer almış ve bu uygulamalarda en düşük nitrat konsantrasyonu belirlenmiştir. 10 Mayıs ve 10 Temmuz tarihlerinde alınan substrat örneklerinden yapılan analizlerde nitrat konsantrasyonu bakımından bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 4.25.).

Çizelge 4.25. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen nitrat (NO₃) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	121.10 c	184.24 ab	224.75
PRD Kapalı	121.70 c	214.29 a	227.55
NS Açık	184.24 a	110.88 b	269.73
NS Kapalı	157.78 b	175.28 ab	225.87
<i>P</i>	0.008	0.0436	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	25.394	68.843	106.707

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, PRD-Kapalı, NS-Kapalı, NS-Açık ve PRD-Açık şeklinde istatistiksel olarak önemli olmasa bile “Kapalı” sistem uygulamalarında deneme sonunda en fazla nitrat birikimi tespit etmişlerdir.

DAŞGAN ve ark. (2009) aynı uygulamalar (NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Açık ve PRD-Kapalı) ile topraksız domates yetiştiriciliğinde gerçekleştirdikleri çalışmada denemenin başında (Kasım) ve sonunda (Haizran) “Perlit” ortamında yaptıkları analizlerde; nitrat konsantrasyonunun deneme başında düşük ve sonunda daha yüksek olduğunu ve uygulamalar arasında her iki analiz döneminde de istatistiksel anlamda farklılıkların olmadığını bildirmiştir (1536 ile 2300 ppm arasında). Araştırmacılar, istatistiksel olarak önemli farklar olmasa da son analiz zamanındaki yüksek NO₃ dozlarının sırasıyla NS-Açık, NS-Kapalı, PRD-Kapalı ve PRD-Açık uygulamaları substratlarından alındığını bildirmiştir.

4.8.3. Substratta Klor (Cl) Konsantrasyonu

Farklı uygulamaların substrat örneklerinde farklı zamanlarda yapılan klor analizlerine ait sonuçlar Çizelge 4.26’da verilmektedir.

Çalışmada yapılan ilk substrat analizinde en yüksek klor konsantrasyonu NS-Açık uygulamasında belirlenmiş, en düşük konsantrasyon ise PRD-Kapalı uygulamasından elde edilmiştir. 10 Mayıs tarihinde alınan ikinci substrat örneklerinde yapılan analizlerde bu fark kapanmış olup, istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir. 10 Temmuz tarihinde alınan üçüncü substrat örneklerinde yapılan analizlerde en yüksek klor konsantrasyonu 490.67 ppm ile NS-Kapalı’da belirlenmiştir. PRD-Açık, PRD-Kapalı ve NS-Açık uygulamaları birbirine yakın ve aynı istatistiksel grup içinde yer almışlardır (Çizelge 4.26.).

Çizelge 4.26. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen klor (Cl) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	263.00 ab	293.00	275.11 b
PRD Kapalı	248.50 b	396.00	304.44 b
NS Açık	332.00 a	321.00	292.00 b
NS Kapalı	260.67 ab	323.33	490.67 a
<i>P</i>	0.0375	Ö.D.	0.0004
<i>LSD</i> _{0.05}	58.086	80.427	76.495

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, klor konsantrasyonu yönünden uygulamalar arasında önemli bir farklılığın bulunmadığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmadaki benzer uygulamalar ile topraksız domates yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada (DAŞGAN ve ark. 2009), deneme başlangıcında klor konsantrasyonu NS-Kapalı ve PRD-Kapalı uygulamalarında birbirine benzer ve açık sistemlerden daha yüksek iken, deneme sonundaki klor analizlerinde yüksekte düşüğe doğru sırasıyla NS-Kapalı (415 ppm), NS-Açık (376 ppm) ve iki PRD konusu birbirinin aynısı (283 ppm) olarak belirlenmiştir.

4.8.4. Substratta Sülfat (SO₄) Konsantrasyonu

Farklı uygulamaların substrat örneklerinde sülfat analizlerine ilişkin değerler ve istatistiksel analizler Çizelge 4.27’de verilmektedir.

10 Martta alınan substrat örneklerinde yapılan analizlerde sülfat konsantrasyonu yönünden fark belirlenmemiştir. 10 Mayıs’ta alınan örneklerden yapılan analizlerde ise PRD-Kapalı, NS-Kapalı ve NS-Açık uygulaması sırasıyla 722.95 ppm, 607.96 ppm ve 572.12 ppm ile aynı istatistiksel grup içinde yer alarak en yüksek değerleri verirken, PRD-Açık uygulamasında en düşük (417.35 ppm) sülfat konsantrasyonu belirlenmiştir. 10 Temmuzda yapılan analizde ise en yüksek sülfat konsantrasyonu 739.00 ppm ile PRD-Kapalı uygulamasında belirlenirken, bu uygulamayı aynı istatistiksel grupta yer alan NS-Kapalı ve NS-Açık uygulamaları sırasıyla 670.98 ppm ve 653.21 ppm değerleri ile izlemiştir. En düşük sülfat

konsantrasyonu ise 457.31 ppm'lik değerle PRD-Açık uygulamasının substratlarında belirlenmiştir (Çizelge 4.27.).

Çizelge 4.27. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen sülfat (SO_4) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	332.81	417.35 b	457.31 c
PRD Kapalı	379.88	722.95 a	739.00 a
NS Açık	359.57	572.12 a	653.21 b
NS Kapalı	344.15	607.96 a	670.98 b
<i>P</i>	Ö.D.	0.0046	0.00001
<i>LSD</i> _{0.05}	76.292	135.045	63.514

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, genel olarak ilerleyen dönemlere paralel olarak perlitteki sülfat içeriklerinin de arttığını belirlenmişlerdir. Deneme sonlarına doğru (8 Haziran) alınan örneklerde NS-Kapalı uygulamasında sülfat iyon birikiminin daha yüksek olduğu, PRD uygulamalarında ise daha düşük düzeyde sülfat iyonuna rastlandığı tespit edilmiştir. Çalışmanın diğer dönemlerinde alınan örneklerde ortaya çıkan fark ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Bu denemedeki benzer uygulamalar ile topraksız domates yetiştiriciliği yapılan bir çalışmada (DAŞGAN ve ark. 2009), yetiştiricilik sezonu başından sonuna doğru bütün uygulamaların substratlarında sülfat konsantrasyonu artmıştır. Deneme sonunda farklı uygulamaların perlit örneklerindeki sülfat miktarları sırasıyla NS-Açık (1172 ppm), PRD-Açık (1113 ppm), PRD-Kapalı (1098 ppm) ve NS-Kapalı (1078 ppm) olarak bulunmuştur.

4.8.5. Substratta Fosfor (H_2PO_4-P) Konsantrasyonu

Farklı uygulamaların substrat örneklerinde fosfor analizlerine ilişkin değerler ve istatistiksel analizler Çizelge 4.28'de verilmektedir. 10 Mart tarihinde alınan örneklerden yapılan ilk analizlere göre NS-Kapalı uygulamasında en yüksek (114.89 ppm) H_2PO_4-P konsantrasyonu belirlenmiş, PRD-Kapalı ve NS-Açık uygulamaları

aynı istatistik grup içinde ve orta sırada yer almıştır. En düşük H_2PO_4-P konsantrasyonu ise PRD-Açık uygulamasından (79.47 ppm) elde edilmiştir (Çizelge 4.28.).

10 Mayıs'ta alınan örneklerden yapılan analizlerde PRD-Açık uygulamasında en yüksek H_2PO_4-P konsantrasyonu (97.87 ppm) elde edilmiş, diğer uygulamalar ise birbirleriyle aynı istatistiksel grup içinde yer almış ve daha düşük çıkmışlardır.

10 Temmuz tarihinde yapılan analizde yine birinci analizlerdeki ile benzer sonuçlar elde edilmiş NS-Kapalı uygulamasında en yüksek konsantrasyon (54.38 ppm) elde edilmiş ve bunu 46.41 ppm ile PRD-Açık uygulaması takip etmiştir. PRD-Kapalı ve NS-Açık uygulamalarının aynı istatistik grup içinde ve en düşük H_2PO_4-P konsantrasyonuna sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.28.).

Çizelge 4.28. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen fosfor (H_2PO_4-P) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	79.47 b	97.87 a	46.41 b
PRD Kapalı	110.00 ab	53.11 b	34.05 c
NS Açık	110.17 ab	56.43 b	33.06 c
NS Kapalı	114.89 a	58.85 b	54.38 a
<i>P</i>	0.0403	0.00001	0.00001
<i>LSD</i> _{0.05}	25.336	8.434	5.013

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, deneme bitimine bir ay kaldığında NS-Kapalı ve NS-Açık uygulamalarında yüksek fosfor içeriğine rastlanırken, diğer dönemlerde elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığını belirlenmişlerdir.

DAŞGAN ve ark. (2009)'nın benzer uygulamalar ile domateste yaptığı çalışmada yetiştiricilik sonunda perlitteki fosfor miktarları NS-Açık, NS-Kapalı ve PRD-Açık uygulamalarında birbirine çok yakın ve 106 ppm civarında iken, PRD-Kapalı uygulamasında en az ve 72 ppm olarak bildirilmektedir.

4.8.6. Substratta Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu

Denemede 10 Mart tarihinde alınan substrat örneklerinden yapılan analizde magnezyum konsantrasyonu yönünden bir farklılık belirlenmemiştir. 10 Mayıs tarihinde alınan örneklerden yapılan analizde NS-Açık, PRD-Açık ve PRD-Kapalı uygulamaları birbirine yakın ve en yüksek değerleri (sırasıyla 72.53 ppm, 72.27 ppm ve 65.33 ppm) verirken, NS-Kapalı uygulamasındaki Mg konsantrasyonu 36.67 ppm ile en düşük seviyede kalmıştır (Çizelge 4.29.).

10 Temmuz tarihinde alınan örneklerden yapılan analizlerde PRD-Kapalı uygulamasında 149.87 ppm ile en yüksek konsantrasyon belirlenmiş, bu uygulamayı NS-Açık ve NS-Kapalı takip etmiş ve en düşük magnezyum konsantrasyonu değeri ise 83.8 ppm ile PRD-Açık uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.29.).

Çizelge 4.29. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen magnezyum (Mg) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	98.8	72.27 a	83.80 b
PRD Kapalı	136.3	65.33 a	149.87 a
NS Açık	126.7	72.53 a	128.00 ab
NS Kapalı	100.13	36.67 b	102.93 ab
<i>P</i>	0.0333	0.0001	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	28.360	11.073	47.616

DAŞGAN ve ark. (2009)'ın sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, substrat Mg analizlerinde hiçbir dönemde uygulamalar arasında istatistiksel anlamda fark belirlenmezken, ancak son iki analiz döneminde tam sulama yapılan NS uygulamalarında kısıtlı PRD uygulamalarına göre daha fazla Mg ortaya çıktığı belirlenmiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009)'nın benzer uygulamalar ile domateste yaptığı çalışmada perlitteki Mg miktarları bakımından uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur. Tam ve kısıtlı sulama ile kapalı veya açık sistemler bitki kök bölgesinde benzer Mg düzeyleri sağlamıştır.

4.8.7. Substratta Potasyum (K) Konsantrasyonu

Farklı uygulamalardan alınan substrat örnekleri farklı zamanlarda analiz edilerek potasyum içerikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4.30’da verilmektedir.

Denemede 10 Mart ve 10 Mayıs tarihlerinde alınan substrat örneklerinde yapılan analizlerde çıkan sonuçlar istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. 10 Mart da alınan örneklerden yapılan analizlerde PRD-Kapalı ve NS-Kapalı uygulamalarında potasyum konsantrasyonları sırasıyla 185.22 ppm ve 165.88 ppm olarak bulunmuş ve en yüksek düzeyde oldukları belirlenmiş; NS-Açık ve NS-Kapalı uygulamaları ise sırasıyla 118.45 ve 115.38 ppm değerleri ile en düşük potasyum konsantrasyonu değerini vermişlerdir. 10 Mayıs tarihinde alınan örneklerden yapılan analizlerde ise NS-Açık uygulamasında 273.48 ppm değeri ile en yüksek potasyum konsantrasyonu elde edilmiş, bu uygulamayı NS-Kapalı uygulaması 241.48 ppm ile takip etmiştir. En düşük potasyum konsantrasyonları ise PRD-Kapalı (203.15 ppm) ve PRD-Açık (196.15 ppm) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.30.).

Çizelge 4.30. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen potasyum (K) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	115.38 b	196.15 b	174.94
PRD Kapalı	185.22 a	203.15 b	148.10
NS Açık	118.45 b	273.48 a	152.73
NS Kapalı	165.88 a	241.48 ab	142.71
<i>P</i>	0.0008	0.0122	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	28.798	44.958	40.036

DAŞGAN ve ark. (2009)’nın sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, kök bölgesindeki K konsantrasyonu bakımından uygulamalar arasında belirgin bir farklılık görülmemiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009)’nın benzer uygulamalar ile domateste yaptığı çalışmada perlitteki potasyum miktarları bakımından uygulamalar arasındaki farklar

önemsiz bulunmuştur. Tam ve kısıtlı sulama ile kapalı veya açık sistemler bitki kök bölgesinde benzer K düzeyleri sağlamıştır.

4.8.8. Substratta Kalsiyum (Ca) Konsantrasyonu

Farklı uygulamalardan alınan substrat örnekleri farklı zamanlarda analiz edilerek kalsiyum içerikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4.31’de verilmektedir.

Denemede 10 Mart tarihlerinde alınan substrat örneklerinde yapılan analizlerde çıkan sonuçlarda kalsiyum konsantrasyonu bakımından fark bulunmamıştır. 10 Mayıs ve 10 Temmuz tarihlerinde yapılan analizlerde sonuçlar istatistiksel olarak farklı çıkmıştır. 10 Mayıs tarihinde yapılan analizlerde en yüksek konsantrasyon 183.17 ppm ile PRD-Açık uygulamasında belirlenmiş, en düşük konsantrasyon ise 71.87 ppm değeri ile NS-Açık uygulamasında belirlenmiştir. 10 Temmuz tarihinde yapılan analizlerde ise en yüksek kalsiyum konsantrasyonu 261.28 ppm değeri ile NS-Açık uygulamasında belirlenmiştir. Diğer uygulamalar aynı istatistiksel grup içinde yer almış, daha düşük ve birbirleriyle benzer kalsiyum konsantrasyonu göstermişlerdir (Çizelge 4.31.).

Çizelge 4.31. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen kalsiyum (Ca) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	259.15	183.17 a	181.55 b
PRD Kapalı	351.93	143.35 b	160.77 b
NS Açık	376.52	71.87 c	261.28 a
NS Kapalı	383.03	112.71 b	186.10 b
<i>P</i>	Ö.D	0.0003	0.0011
<i>LSD</i> _{0.05}	114.045	33.767	38.218

DAŞGAN ve ark. (2009)’nın sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, kök bölgesinde Ca konsantrasyonu bakımından uygulamalar arasında bir farklılık belirlenmemiştir.

DAŞGAN ve ark. (2009)'nın benzer uygulamalar ile domateste yaptığı çalışmada perlitteki kalsiyum miktarları bakımından uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur. Tam ve kısıtlı sulama ile kapalı veya açık sistemler bitki kök bölgesinde benzer K düzeyleri sağlamıştır.

4.8.9. Substratta Sodyum (Na) Konsantrasyonu

Farklı uygulamalardan alınan substrat örnekleri farklı zamanlarda analiz edilerek sodyum içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çalışmada ilk iki örneklemede alınan substrat örneklerinden yapılan sodyum analizlerinden elde edilen sonuçlar arasında fark olmadığı görülmüştür. 10 Temmuz tarihinde alınan örneklerden yapılan sodyum analizine bakıldığında ise en yüksek sodyum konsantrasyonu 246.09 ppm ile NS-Kapalı uygulamasında elde edilmiş, bu uygulamayı sırasıyla NS-Açık (207.59 ppm) ve PRD-Kapalı (187.39 ppm) uygulamaları takip etmiştir. En düşük sodyum konsantrasyonu PRD-Açık uygulamasında (176.67 ppm) belirlenmiştir (Çizelge 4.32.).

Çizelge 4.32. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen sodyum (Na) konsantrasyonları (ppm)

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz
PRD Açık	177.01	157.50	176.67 c
PRD Kapalı	217.77	162.94	187.39 bc
NS Açık	180.27	195.43	207.59 b
NS Kapalı	222.03	155.17	246.09 a
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	49.722	34.722	22.543

DAŞGAN ve ark. (2009)'nın sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, Na konsantrasyonu deneme ortasında bir örnekleme hariç tüm dönemlerde benzer şekilde çıkmış, istatistiksel olarak uygulamalar arasında fark belirlenmemiştir.

4.8.10. Substratta pH Değerleri

Denemede farklı zamanlarda alınan substrat örneklerinde yapılan pH ölçümleri Çizelge 4.33’de sunulmaktadır. Denemede kök bölgesinde pH değerleri ortalama 6.5 civarında seyretmiştir. Bu pH değeri topraksız bitki yetiştiriciliğinde makro ve mikro besin elementlerinin bitki kökleri tarafından ideal şekilde alınma pH aralığı içine girmektedir (BERGMAN. 2002; SAVVAS ve PASSAM 2002). Çalışmada farklı uygulamaların substrat pH’sı üzerine farklı bir etkisi görülmemiştir (Çizelge 4.33.).

Çizelge 4.33. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen pH değerleri

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz	Zaman Ort.
PRD Açık	6.45	6.99	6.01	6.48
PRD Kapalı	6.36	7.03	6.33	6.57
NS Açık	6.44	6.91	6.20	6.52
NS Kapalı	6.33	7.03	6.35	6.57
<i>Uygulama Ort.</i>	6.40	6.99	6.22	6.54
<i>P</i>	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD_{0.05}</i>	0.333	0.323	0.596	0.417

DAŞGAN ve ark. (2009)’nın sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, substrat pH’sı yönünden uygulamaların etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir.

4.8.11. Substratta EC Değerleri

Farklı dönemlerde alınan yaprak örnekleriyle birlikte alınan substrat örneklerinde EC değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.34’de sunulmuştur.

10 Mart tarihinde alınan örneklerde yapılan EC ölçümlerinde uygulamalar arasında fark görülmemiştir. 10 Mayıs tarihinde ise uygulamalar arasında farklılık görülmüş, NS-Açık uygulamasında en yüksek EC değeri (2.93 dS m⁻¹) belirlenmiştir. En düşük EC değeri ise (2.00 dS m⁻¹) değeri ile PRD-Açık uygulamasından elde edilmiştir. 10 Temmuzda yapılan son örneklemelemlerde ise

uygulamalar arasında fark bulunmamıştır. Genel olarak topraksız biber yetiştiriciliğinde PRD uygulamaları ve kapalı sistemlerde bir EC yükselişi görülmemiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.34. Denemede farklı uygulamaların perlit:hindistan cevizi lifi örneklerinde farklı zamanlarda belirlenen EC (dS m⁻¹) değerleri

	10 Mart	10 Mayıs	10 Temmuz	Zaman Ort.
PRD Açık	1.84	2.00 b	2.55	2.12
PRD Kapalı	1.75	2.18 ab	3.23	2.39
NS Açık	2.56	2.93 a	2.71	2.73
NS Kapalı	1.89	2.60 ab	2.70	2.40
Uygulama Ort.	2.01	2.43	2.80	2.41
<i>P</i>	Ö.D.	0.0351	Ö.D.	Ö.D.
<i>LSD</i> _{0.05}	0.679	0.636	1.129	0.579

DAŞGAN ve ark. (2009), sera topraksız hıyar yetiştiriciliğinde %50 kısıtlı “PRD açık ve kapalı sistemler” ile “tam sulama açık ve kapalı sistemler” i karşılaştırdıkları çalışmada, kök bölgesi EC değerleri bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.35. ALPASLAN ve ark. (2004)'na göre olarak biber bitkisi besin maddeleri kritik düzeyleri.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Yeterli	3.5-5.0	0.22-0.70	3.5-4.5	1.3-2.8	0.30-1.0	60-300	50-250	20-200	6-25

Çizelge 4.36. BERGMANN (1992)'ya göre biber bitkisi besin maddeleri kritik düzeyleri.

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Yeterli	3.0-4.5	0.3-0.6	4.0-5.4	0.40-1.00	0.30-0.80	-	30-300	20-60	8-15

5. SONUÇLAR

Denemede bitki vejetatif gelişmesi ve bitki büyümesinin incelenmesi için ölçülen bitki boyu, yaprak ağırlığı, yaprak alanı ve toplam taze ve kuru biyomas ağırlıkları parametreleri üzerine uygulamaların etkisi önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte yaprak sayısı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Denemede PRD uygulamaları ile ortalama %50 kısıtlı sulama/fertigasyon yapılmıştır. Bu durumda NS-Açık uygulaması kontrol olarak ele alındığında, kontrole göre PRD-Kapalı uygulamasında yaprak sayısı % 16.54 azalma göstermiştir. PRD-Kapalı uygulamasında su kısıtlaması ile beraber kapalı sistem kullanılmasından dolayı olumsuz etkilendiği düşünülmektedir.

Denemede biber verim değerlerine bakıldığında uygulamaların yaprak alanı ve yaprak ağırlığının etkilenmesiyle ilişkili olarak verim değerlerinin de paralel etkilendiği görülmektedir. Verimler bakımından uygulamalar arasında oluşan farklılıklar yaprak alanı ve yaprak ağırlığında olduğu gibi önemsiz bulunmuştur. Bu ilişkinin, birim fotosentez alanına artışla sağlanan asimilant miktarındaki yükselmenin verim üzerindeki olumlu etkisi olarak düşünülmektedir.

Yapılan meyve analizlerinde ağırlık, boy, çap, hacim ve meyve eti kalınlığı gibi fiziksel özellikler üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmamıştır. Meyve fiziksel ölçümü ile aynı şekilde PRD uygulamalarının meyve suyunda EC, pH, SÇKM, meyve suyunda titre edilebilir asit ve C vitamini gibi kimyasal özellikler üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlara bakılarak PRD uygulamalarının meyve fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde fark oluşturmadığı belirlenmiştir.

Denemede kontrol olarak düşünülen NS-Açık uygulamasında 184.72 litre/bitki besin çözeltisi kullanılmıştır. Kapalı sistemlerde geri dönüşüm ile PRD-Kapalı'da %33.63 ve NS-Kapalı'da %34.89 geriye dönüşen çözelti kullanılmıştır. Denemede PRD-Kapalı uygulamasında kontrol NS-Açık uygulamasına göre % 66.82 veya 123.42 litre daha az taze besin çözeltisi kullanılarak ekonomi yapılmıştır.

Denemede kullanılan kapalı sistemlerde besin çözeltisinin geriye dönüşümlü kullanımı söz konusu olduğu için kullanılan taze besin çözeltisi miktarları daha az olmuştur. PRD-Kapalı uygulamasında geriye dönüşüm olmasının yanında PRD

sisteminin getirdiği kısıtlı sulama avantajları da dikkate alındığında % 66.82'lik bir oranla en yüksek taze besin çözeltileri kullanma randımanı bu uygulamada görülmüştür.

Denemede yapılan yaprak oransal su içeriği bakımından uygulamalar arasında farklılık görülmemiştir.

Yaprak oransal su içeriği ölçümü ile aynı tarihlerde membran zararlanma indeksi ölçümü de yapılmıştır. PRD uygulamalarındaki zararlanma miktarı, NS-Kapalı uygulamasına oranla daha yüksek çıkmıştır. PRD uygulamalarında kısıtlı besin çözeltileri miktarının kapalı sistemlerde oluşabilecek iyon akümüasyonu etkisinden daha çok zararlanma yapmış olabileceğinden dolayı PRD uygulamalarında daha çok zararlanma olduğu düşünülmüştür. Bununla birlikte uygulamalara göre meydana gelen zararlanmaların tamamı çok düşük rakamlardır, kuraklığa dayanıklı genotiplerde bile daha yüksek rakamlar görülebilmektedir.

Yaprak su potansiyeli ölçümlerinde genel olarak PRD uygulamalarının, NS uygulamalarına oranla daha düşük yaprak su potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. PRD uygulamalarında kısıtlı besin çözeltileri miktarı kullanımı ile bitkinin kullanabileceği su miktarındaki düşüşten dolayı PRD uygulamalarında yaprak su potansiyelinin daha düşük olduğu düşünülmüştür.

Denemede farklı zamanlarda yaprak sıcaklığı ölçümleri yapılmış ve bu parametre yönünden uygulamalar arasında bir fark görülmemiş, kapalı sistem ve PRD uygulamaları yaprak sıcaklığı yönünden bir stres faktörü oluşturmamıştır.

Yapılan stoma iletkenliği ölçümlerinde ise her dönemde NS uygulamalarının PRD uygulamalarına oranla daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Yine PRD uygulamalarında, kısıtlı sulama nedeniyle kök bölgesinde azalan su miktarına orantılı olarak stomalardan verilen su buharı miktarında düşüş olabileceğinden dolayı bu sonuçların görüldüğü düşünülmüştür.

Yaprak ozmotik potansiyeli ölçümlerinde PRD-Kapalı uygulaması, diğer uygulamalara göre daha yüksek belirlenmiştir. Bu sonuç PRD-Kapalı uygulamasındaki biber yapraklarında yoğunluğun daha fazla olduğunu ve stres altında olduğunu göstermektedir. PRD uygulaması ile kapalı sistem aynı anda

kullanıldığında, oluşan element akümülyasyonuna karşı bitkinin su alabilmek için kendi iç yoğunluğunu arttırması olarak düşünölebilir.

Periyodik yapılan yaprak analizlerinde biber bitkilerinin farklı uygulamalar altında ALPARSLAN ve ark. (2004) ve BERGMANN (1992)'ın bildirdiği kritik düzeylere göre değerlendirildiğinde yeterli beslendiği ve bu açıdan bir sorun olmadığı belirlenmiştir.

Yaprakta yapılan sodyum ve klor analizlerinin sonucunda uygulamalar arasında fark çıkmamış, yani hem kapalı sistemlerin hem de PRD uygulamalarının yaprakta klor ve sodyum birikimi yapmadığı görölmüştür.

Substrat analizlerinde PRD uygulamalarında kısıtlı sulama yapılmasına rağmen, substratta EC yükselmesi belirlenmemiştir. Deneme ortalarında EC'lerde değişim gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak o dönemde sıcaklığın artması ve beraberinde NS-Açık uygulamasında kök bölgesine sürekli yeni iyon akışı ile birlikte kök bölgesinde yoğunluğun artışı olarak söylenebilir. Sıcaklıkların artışını takiben drenaj miktarlarının arttırılmasıyla yıkama etkisi görölmüş ve ilerleyen dönemlerde EC değerleri dengelenmiştir. Deneme sonlarına doğru sıcaklığın artışı ile EC değerlerinde bir artış olmuştur. Bu artışın sebebi uygulamalar değil, sıcaklığın yükselmesinden dolayı meydana gelen kök bölgesinde oluşan yoğunluk olarak düşünölmüştür. Her ne kadar drenaj miktarlarının arttırılmasıyla yıkama etkisi yaratılsa da yükselen sıcaklıklar karşısında yeterli olmamıştır.

Substrat analizlerinde Na konsantrasyonunda deneme sonunda NS-Kapalı uygulamasında bir yükselme görölmüştür. Sulama suyu ile gelen Na elementi drene olarak yıkanmış, fakat Kapalı sistemlerde sulama sistemine geri dönmüştür. Na sulama suyu ile geldiği için fazla su verilen NS uygulamalarında birikimin fazla olduğu, NS kapalı uygulamasında ise buna ek olarak geri dönüşüm söz konusu olduğu için bu birikimin daha fazla olduğu düşünölmektedir. PRD uygulamalarında su miktarı az olduğu için bu birikimin daha düşük olduğu düşünölmektedir.

Cl konsantrasyonları NS kapalı uygulamasında diğer uygulamalarından daha yüksek olduğu ve bu uygulamada birikim olduğu belirlenmiştir. Sulama suyundan gelen Cl elementi birikim bakımından kısıtlı sulama ile normal sulama arasında bir fark oluşturmamış, yalnız NS-Kapalı uygulamasında yoğun besin

maddesi kullanımının yanında, kapalı sistem sözkonusu olduğu için Cl elementinin birikimi meydana gelmiştir.

SO₄ analizlerinden çıkan sonuçlarda PRD-Kapalı uygulamasında birikim belirlenmiştir. PRD olmasından dolayı yıkama etkisinin az olması yanı sıra kapalı sistem olmasından kaynaklanan geri dönüşüm birikim miktarını arttırmıştır.

Substratta NH₄ konsantrasyonu bakımında uygulamalar arasında fark belirlenmemiştir.

NO₃ konsantrasyonları bakımından deneme başlarında PRD uygulamalarında kısıtlı sulama nedeniyle daha düşük sonuçlar elde edilmiş, NS uygulamalarında besin çözeltisi ile verilen NO₃ miktarı daha fazla olduğu için daha fazla birikim görülmüştür. NS-Kapalı uygulamasında geri dönüşüm söz konusu olduğu için, bu birikim miktarı daha da fazla olmuştur. Deneme ortalarında PRD uygulaması ve Kapalı sistemlerin etkisi aynı anda görülmüş ve birikime sebep olmuştur. Dolayısıyla PRD-Kapalı uygulamasında hem düşük yıkama etkisi hem de geri dönüşümden dolayı en fazla birikim gözlenmiştir. Denemenin sonlarına doğru yükselen sıcaklıklarla birlikte tüm uygulamalarda birikim miktarı artmıştır.

Substratta yapılan fosfat analizlerinde sadece denemenin ortalarında PRD-Açıkta bir birikim olduğu, denemenin başlangıç ve sonlarına doğru yapılan analizlerde ise en yüksek konsantrasyonun NS-Kapalı uygulamasında olduğu belirlenmiştir. PRD-Açık uygulamasında birikimin nedeni olarak, kısıtlı sulamadan dolayı yıkama etkisinin olmayışı, yanı sıra fosfatın hareketliliğinin düşük olması denilebilir. NS-Kapalı uygulamasında birikimin nedeni olarak ise fosfatın hareketliliğinin düşük olması yanı sıra geri dönüşüm ile birikim oluşumu denilebilir.

Mg konsantrasyonları genel olarak PRD-Kapalı uygulamasında yükselmiştir. Bunun nedeni, kısıtlı sulama nedeniyle yıkama etkisinin düşük olması ve geri dönüşüm ile bu birikim miktarının artması olarak düşünülebilir.

K konsantrasyonu yönünden denemenin başlangıç zamanlarında Kapalı sistemler daha yüksek belirlenmiş, deneme ortalarında NS uygulamaları PRD uygulamalarında daha yüksek sonuçlar vermiştir. Deneme sonunda elde edilen sonuçlara göre uygulamalar arasında fark gözlenmemiştir.

Ca konsantrasyonu yönünden denemenin başlangıç zamanlarında fark gözlenmemiş olup, deneme ortalarında PRD-Açık uygulamasında en yüksek değer elde edilmiştir. Deneme sonunda ise NS-Açık uygulamasında en yüksek Ca konsantrasyonu belirlenmiştir. Kapalı sistem ve PRD uygulaması etkisiyle yeterli Ca kök bölgesine aktarılamamış olup, NS-açık uygulamasında tam sulama ile verilen tam besin çözeltisi nedeni ile Ca konsantrasyonu diğer uygulamalara göre daha yüksek çıkmıştır.

Denemede şu sonuçlar çıkarılmıştır: Kısıtlı su olanakları olan yerlerde PRD uygulaması ile ortalama %50 düzeylerine kadar kısıtlı sulama yapılabilir. Hatta daha ileri giderek PRD-Kapalı sistemi rahatlıkla kullanılabilir. Deneme sonuçlarından görüleceği üzere PRD-Açık ve PRD-Kapalı sistemlerinde kontrole göre yaprak alanı, toplam taze biyomas ağırlığı ve toplam verimde istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Kontrole oranla (NS-Açık) PRD-sistemi kullanıldığı zaman besin çözeltisinden %50 kadar tasarruf yapma imkanı vermektedir. Bir de PRD-Kapalı sisteminde geri dönüşüm söz konusu olacağı için bu tasarruf miktarı % 66.82 olacaktır.

Bu denemeden yola çıkılarak su sıkıntısı bulunan bölgelerde küçük ve önemsiz bir verim kaybı ile bitkisel üretimin yapılabileceği anlaşılmış olup, ilerleyen zamanlarda küresel ısınmadan dolayı oluşabilecek olası bir kuraklık olayına önlem olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- AGANCHICH, B., WAHBI. S., LORETO, F. And CENTRITTO, M., 2009. *Partial root zone drying: regulation of photosynthetic limitations and antioxidant enzymatic activities in young olive (Olea europaea) saplings* ¹Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Boulevard My Abdellah, BP 2390, Marrakech, Morocco.
- AKÜZÜM, T., ÇAKMAK, B. ve BENLİ, B., 1999. Yirmi birinci Yüzyılda Dünyada Su Sorunu. 7.Kültürteknik Kongresi. s.8-16. Nevşehir.
- ALPASLAN, M., GÜNEŞ, A. ve İNAL, A., 2004. Gübreleme çalışmalarında bitki analizlerinin yeri ve farklı bitkiler için bitki besin maddesi kritik düzeyleri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat. Kongre bildiri kitabı 2. cilt. Sayfa 1215-1276. Alıntı yapılan kaynak; Jones, J.R., Wolf, B. And Mills, H.A., 1991. Plant Analysis Handbook. Micro Macro Publishing, Inc.
- ANONYMOUS, 2003, Ulusal Nüfus Projeksiyonları. DİE Yayınları. (Basımda)Ankara.
- BENNETT, A.J., 2000. Environmental Consequences Of Increasing Production Some Current Perspectives. Agric. Ecosys. Environ. 82 (2000). pp. 89–95.
- BERGMANN, W., 1992. Evaluation of plant or leaf analysis results. In: Bergmann. W. (ed.). Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer.
- BRINK, M., 1986. Extraction Techniques and chemical analyses in growing substrates. Acta Hort. 178: 161-162.
- DAŞGAN, H.Y. ve EKİCİ, B., 2005. Comparison of Open and Recycling systems for ion accumulation of substrates. nutrient uptake and water use of tomato plants. Acta Horticulture 697: 399-408.
- DAŞGAN, H.Y., KUŞVURAN, Ş. KIRDA, C., 2009. Effects of short duration partial rootzone drying (PRD) on soilless grown tomato crop. J. Food. Agric. & Environ. Vol. 7 (1): 83-91.

- DAŞGAN, H.Y., KUŞVURAN, Ş. KIRDA, C., 2009. Sera Topraksız Hıyar Yetiştiriciliğinde Kısmi Kök Bölgesi Kuruluşunun Etkileri. TÜBİTAK 1050566 no'lu Proje Sonuç Raporu.
- DAŞGAN, H.Y., 2010. Seralarda Topraksız Tarım Teknikleri Kullanılarak Üründe Verim ve Kalitenin Arttırılması. Çukurova Tarım Aylık Tarım-Gıda-Hayvancılık Dergisi. Mayıs 2010. Yıl:1 Sayı:3
- DAVIES, W.J., TARDIEU, F. ve TREJO, C., 1994. How Do Chemical Signals Works in Plants Grow in Drying Soil. Plant Physiol. 104: 309 – 314.
- De SOUZA, C.R., MAROCO, J.P. dos SANTOS, J.P., RODRIGUEZ, T.P., LOPES, M.L., PEREIRA, J.S. ve CHAVES, M.M., 2003. Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscate). Funct. Plant Biol. 30: 653-662.
- DORJI, K., BEBOUDIAN, M.H., DOMINGUEZ, J.A.Z., 2005. Water relations. growth. yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. Scientia Hort. 104: 137-149.
- DRY, P.R. ve LOVEYS, B.R., 1998. Factors influencing grapevine vigor and the potential for control with partial rootzone drying. Aust. J. of Grape and Wine Res. 4: 140-148.
- DRY, P. R., LOVEYS, B. R., STOLL, M., STEWART, D. ve MCCARTHY, M. G., 2000. Partial rootzone drying – an update. Aust. Grapegrower and Winemaker 438a: 39 – 39.
- DPT, 2001. Su Havzaları, Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu.VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı. DPT:2555, ÖİK: 571
- DSİ, 2004. 1995-2004 50.Yılında DSİ. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü. DSİ İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı. Basım ve Fotofilm Şb.Md. 84s. Ankara.
- DLUGOKECKA, E., KACPERSKA-PALACZ, A., 1978. Re-Examination of Electrical Conductivity Method for Estimation of Drought Injury. Biologia Plantarum (Prague), 20: 262–267.
- EKİCİ, B., DAŞGAN, H.Y., KIRDA, C., ÇETİN, M., KAMAN, H., TOPÇU, S. ve KOÇ, S., 2005. Sera domates yetiştiriciliğinde “Kısmi Kök Kuruluşu”

(Partial Rootzone Drying) sulama tekniğinin bitki büyümesi verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. V. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildirileri Kitabı 167-172.

- FAN, S., BLAKE, T., 1994. Abscisic Acid Induced Electrolyte Leakage in Woody Species With Contrasting Ecological Requirements. *Physiologia Plantarum*,90: 414-419.
- GOLDHAMMER, D.A., SALINAS, M., CRISOSTO, C., DAY, K.R., SOLER, M., MORÍANA, A., 2002. Effects Of Regulated Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying On Late Harvest Peach Tree Performance.
- GOWING, D.J.G., DAVIES, W.J. ve JONES, H.G., 1990. A positive root-sourced signal as an indicator of soil drying in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *J. of Exp. Bot.* 41: 1535-1540.
- GU, S.. DAVID, Z., GRAVES, S. ve JORGANSEN, G., 2000. Effect of partial rootzone on vine water relations. vegetative growth. mineral nutrition. yield and fruit quality in field – grown mature Sauvignon Blanc Grapevines. California State University. Viticulture and Ecology Research Center. Research notes. CATI Paplication no : 000702. 1 – 6.
- GÜL, A., AYDOĞAN N., KIDOĞLU, F., 2009. A survey on the current status of soilless cultivation in Turkey. *Acta Hort.* 807. 565-570.
- JOHNSON, C.M. ve ULRICH, A., 1959. *II. Analytical methods for use in plant analysis.* California Agricultural Experiment Station. Bull. 766.
- KATARZANIA, S. L., BANDURSKA, H., BOCIANOWSKI., J., 2010. Evaluation of cell membrane injury in caraway (*Carum Carvi* l.) genotypes in water deficit conditions. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* vol 79, No.2: 95-99.
- KIRDA, C., ÇETİN, M., DAŞGAN, H.Y., TOPÇU, S., EKİCİ, B., KAMAN, H. Ve DERİCİ, M.R., 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 69:191-201.

- KIRDA, C., TOPÇU, S., KAMAN, H.İ., ULGER, A.C., YAZICI, A., ÇETİN, M. ve DERİCİ, M.R., 2005. Grain yield response and N- fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Research* 93: 132-141.
- KÖKSAL, E.S., BÜYÜKCANGAZ, H. VE BENLİ, B., 2003. Besin Güvenliğinin Sağlanmasında Su Kaynaklarının Akılcı Yönetimi Ve Alınması Gerekli Önlemler. I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu 22-26 Eylül 2003. 9s.
- KODAL, S., 1996. Ankara-Beyazırma Ekolojisinde yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama programlaması işletme optimizasyonu ve optimum su dağıtımı. *Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayını* 1465-807
- LANG, H.J., 1999. Growing media testing and interpretation. In : *A grower's guide to Water. Media. and Nutrition for Greenhouse Crops.* (ed.) David Wm. Reed. Ball Publishing. s 123-139.
- MATTHEWS, M. A. ve ANDERSON, L. J., 1988. Reproductive development in grape (*Vitis Vinifera* L.) : responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* 39: 313 – 320.
- NAKAJIMA, H., BEHBOUDIAN, M.H., GREVEN, M. Ve ZEGBE-DOMUNGIEZ, J.A., 2004. Mineral contents of grape. olive. apple and tomato under reduced irrigation. *J.Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 91-92.
- ÖZDENGİZ, A., 1986. Kültür Teknik Mühendisliği. Tarımdaki Yeri ve Ülkemizdeki Durumu. I. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri 1-13. Adana.
- SANCHEZ, H., LEMEUR, R., VAN DAMME, P., JACOBSEN, P.E., 2003. Ecophysiological Analysis of Drought and Salinity Stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International* 19 (1-2): 111-119
- SARDO, V., GERMANA, C., 1988. Water Stres and Orange Yield. Fourth International Symposium On Water Supply and Irrigation in The Open And Under Protected Cultivation. *Acta Horticulturae* 228.
- SAVIC, S., STIKIC, R., RADOVIC, B.V., BOGICEVIC, B., JOVANOVIC, Z. ve SUKALOVIC, V., 2008. Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root- zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. *Scientia Hort.* 117: 15-20.

- SAVVAS, D., 2002. Nutrient solution recycling. Chapter 8. In: Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Editors: D. Savvas ve H. Passam. s. 293-343.
- SECKLER, D.W., BARKER, R. and AMARASINGHE, U., 1998. Water Scarcity in The Twenty-First Century. *Int. J. Water Resour. Dev.* 15 . pp. 29–43.
- SEVGİCAN, A., TÜZEL, Y., GÜL, A., 2000. Türkiye’de Örtü altı Yetiştiriciliği. *Türkiye Ziraat Müh. V.Teknik Kongresi. Cilt II.* ss:679-707. Ankara.
- SHAHAZARI, A., LIU, F., ANDERSEN, M.N., JACOBSEN, S.E. ve JENSEN, C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research* 100: 117–124.
- SIRIGU, A., MAMELI, M.G., CHESSA, F., MELONI, S., 2007. Effect Of Partial Root Zone Drying On Growth, Yield and Fruit Quality In Greenhouse Tomato Cultivation.
- SCHRÖDER, F.G. ve LIETH, J.H., 2002. Irrigation control in hydroponics. In: Savvas, D. and Passam, H. (eds.), *Hydroponic production of vegetables and ornamentals*, Embryo publications, Greece. 263-269 p.
- SOBEIH, W.Y., DODD, I.C., BACON, M.A., GRIERSON, D. ve DAVIES, W.J., 2004. *Long-distance signals regulating stomatal conductance and leaf growth in tomato (Lycopersicon esculentum) plants subjected to partial root-zone drying.*, ¹Department of Biological Sciences, Lancaster Environment Centre, University of Lancaster, Lancaster LA1 4YQ, UK.
- STOLL, M., JONES, H.G. ve INFANTE, J.M., 2002. Leaf gas exchange and growth in red raspberries is reduced when part of the root system is dried. *Acta Hort.* 585: 671-676.
- TALLUTO, G., FARINA, V., VOLPE, G. ve BIANCO, L. 2008. Effects of partial rootzone drying and rootstock vigour on growth and fruit quality of ‘Pink Lady’ apple trees in Mediterranean environments. *Australian Journal of Agricultural Research* 59:785-794.
- TAN, K.H., 1996. *Soil sampling, preparation, and analysis*. Marcel Dekker. Inc. 270 Madison Avenue. New York. pp. 153-187.

- TÜRKAN, İ., BOR, M., ÖZDEMİR, F., KOCA, H., 2005. 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 Mediates Water Stress. *Plant Science*, 168; 223-231.
- TÜZEL, Y., GÜL, A., DAŞGAN, H.Y., ÖZTEKİN, G.B., ENGİNDENİZ, S., BOYACI, H.F., ERSOY, A., TEPE, A. ve UĞUR, A., 2010. Örtü Altı Yetiştiriciliğinin Gelişimi. Türkiye Ziraat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi Cilt-1 sayfa 559-576.
- WAKRIM, R., WAHBI, S., TAHI, H., AGANCHICH, B., ve SERRAJI, R., 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture Ecosystems & Environment*. 106: 275-287.
- XU, H.L., QIN, F.F., DU, F.L., XU, Q.C., WANG, R., SHAH, R.P., ZHAO, A.H., LI, F.M., 2009. Applications of xerophytophysiology in plant production - partial root drying improves tomato crops. *JOURNAL OF FOOD, AGRICULTURE & ENVIRONMENT*, v.7(3&4):9881-988.
- ZEGBE, J.A., BEHBOUDIAN, J.A. ve CLOTHIER, B.E., 2007. Response of tomato to partial rootzone drying and deficit irrigation. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(2): 125-131.
- ZEGBE, J.A., BEHBOUDIAN, M.H. ve CLOTHIER, B.E., 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agricultural Water Management* 68:195-206.

ÖZ GEÇMİŞ

1986 yılında Antalya'nın Gazipaşa ilçesinde doğdu. İlköğretimini Gazipaşa da tamamladı. Ortaöğretim ve liseyi Gazipaşa Anadolu Lisesi'nde bitirdi. 2004 senesinde Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesini kazandı ve 2008 yılında mezun oldu. Aynı yıl içinde yüksek lisansına başladı ve 2010 Aralık'ta Zir. Yük. Müh olmuştur.