

**POMZA PERLİT VE TORF KARIŞTIRILAN  
TOPRAK ORTAMLARIN HİDROFİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİ VE BİTKİ GELİŞİMİ  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Banu KADIOĞLU**

**Doktora Tezi**

**Prof. Dr. M.Yıldırım CANBOLAT**

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı**

**2014**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**POMZA PERLİT VE TORF KARIŞTIRILAN  
TOPRAK ORTAMLARIN HİDROFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE  
BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Banu KADIOĞLU**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**

**ERZURUM  
2014**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

POMZA PERLİT VE TORF KARIŞTIRILAN TOPRAK ORTAMLARININ  
HİDRO-FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT danışmanlığında, Banu KADIOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, 05/02/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Nutullah ÖZDEMİR

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

İmza :

Üye : Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU  
Enstitü Müdürü

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

## ÖZET

Doktora Tezi

### POMZA PERLİT VE TORF KARIŞTIRILAN TOPRAK ORTAMLARIN HİDROFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Banu KADIOĞLU

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

Bu araştırma, toprağa pomza, perlit ve torf materyallerinin farklı oranlarda karıştırılması ile hazırlanan ortamların hidrofiziksel özelliklerini ve bu ortamlarda farklı bakterilerle aşılınmış bitkilerin gelişimini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, pomza, perlit ve torf materyalleri ile killi tın tekstüründe toprak ile bitkisel materyal olarak, buğday (Yıldırım (*Triticum vulgare*)) ve mısır (Karadenizyıldızı (*Zea mays*)) tohumları kullanılmıştır. Tohumların aşılmasında, *Pantoe agglomerans*, *Pseudomonas putida*, *Basillus subtilis* ve *Arthrobacter agilis* bakterileri kullanılmıştır. Ortamlarının kütle yoğunluğu, nem karakteristikleri, zamana bağlı nem değişimi ve hidrolik iletkenlik gibi hidrofiziksel özellikleri çalışılmıştır. Sera denemesinde, bakteri ile aşılınmış buğday ve mısır tohumları hazırlanan ortamlarda yetiştirilerek, bitki kök ve gövde kuru ağırlıkları ile azot, fosfor ve potasyum içerikleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toprağa ilave edilen deneme materyallerinin toprağın kütle yoğunluğu üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu kaydedilmiştir. Zaman nem içeriği değişimi ilişkisinde, torf:toprak ortamı nem içeriği değerleri, pomza ve perlitin yer aldığı ortamlara göre daha yüksek bulunmuştur. Hidrolik iletkenlik değerlerinin, pomzada düşük torfta yüksek olduğu kaydedilmiştir. Bakteri uygulaması, kök ve gövde kuru ağırlığını kontrole göre önemli derecede etkilemiştir. Bitki azot içeriği bakımından torf:toprak, perlit:toprak ve pomza:toprak ortamları azalan bir sıralamayı ortaya koymuştur. Bakteri uygulamasında, *P. putida* diğer bakteri uygulamalarına göre en yüksek azot içeriğini sağlamıştır. Fosfor içeriği bakımından perlit:toprak ortamı diğer iki ortama göre, bakteri uygulamalarından da *P. agglomerans* ve *P. putida* bakterileri diğer bakterilere göre daha yüksek değerler sağlamıştır. Potasyum içeriği bakımından, perlit:toprak ortamının ve bakteri uygulamalarından da *A. agilis*'in daha yüksek değerler verdiği kaydedilmiştir.

**2014, 95 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Pomza, perlit, torf, toprak, hidrofiziksel özellikler, bakteri

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF THE MEDIUMS PREPARED BY PUMICE, PERLITE AND TURF MATERIALS WITH THE MIXTURE OF SOIL AND GROWTH OF THE PLANTS

Banu KADIOĞLU

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

This study was conducted to determine the hydro-physical properties of the mediums prepared by mixing the pumice, perlite and turf with soil at different rates and to evaluate the growth of the different-bacteria-inoculated plants in these mediums. Pumice, perlite, turf and clay-loam textured soil along with the seeds of Yıldırım bread wheat (*Triticum vulgare*) and Karadenizyıldızı maize (*Zea mays*) varieties were used as study materials. *Pantoe agglomerans*, *Pseudomonas putida*, *Basillus subtilis* and *Arthrobacter agilis* bacteria were used in inoculation of the seeds. Also hydro physical properties of the mediums such as bulk density, moisture characteristics, humidity change with time and hydraulic conductivity were examined. Moreover, bacteria-inoculated wheat and maize seeds were grown in prepared mediums in greenhouse conditions to evaluate plant root and stem weights and nitrogen, phosphorus and potassium contents. According to results, it was determined that materials added to soil had a decreasing effect on bulk density of the soil. In time-moisture content change relationship, moisture content values of turf-soil medium was found to be higher than that of the mediums including perlite and pumice. Moreover, electrical conductivity values were lower in pumice and higher in turf. When comparing to control, bacteria inoculation significantly affected root and stem dry weights. Plant nitrogen contents were highest and lowest in turf-soil and pumice-soil mediums respectively. In bacteria inoculations, *P. Putida* yielded the highest nitrogen content among other bacteria inoculations. Perlite-soil medium and *P. agglomerans* and *P. putida* bacteria inoculations produced the highest phosphorous contents as perlite-soil medium and *A. agilis* bacteria inoculation achieved the highest values regarding plant potassium content.

**2014, 95 sayfa**

**Keywords:** pumice, perlite, turf, soil, hydro-physical properties, bacteria

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın yürütülmesinde destek ve yardımlarını esirgemeyen ve her aőamada yanımda olan çok kıymetli yöneticim ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. M.Yıldırım CANBOLAT'a, bilgi ve tecrübelerinden her zaman yararlandığım, yardımlarını esirgemeyerek her türlü desteği veren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ'a, Sayın Yrd. Doç. Dr. Kenan BARIK'a ve Sayın Cihan VURAL'a tohumların temin edilmesinde yardımcı olan ve her zaman her konuda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa TAN'a, bakteri suşlarının temininde ve aőılanmasında yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI ve Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Figen DÖNMEZ'e (Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi), yaőamım boyunca maddi manevi desteklerini üzerimden eksik etmeyen değerli aileme özellikle projeyi yürüttüğüm her aőamada yanımda olan canım kardeőim Sayın Dr.Sibel KADIOĞLU'na sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

**Banu KADIOĞLU**

**Ocak, 2014**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRCT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>15</b>
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Toprak .....	15
3.1.2. Pomza .....	16
3.1.3. Perlit .....	16
3.1.4. Torf.....	17
3.1.5. Biyolojik materyaller.....	17
3.1.6. Bitkisel materyaller .....	18
3.2. Yöntem .....	18
3.2.1. Saksı denemesi .....	18
3.2.1.a. Saksı denemesinde kullanılan bitki tohumlarının bakteri ile aşılınması.....	19
3.2.2. Ortamların kütle yoğunluğu ve kuruma eğrileri.....	20
3.2.3. Hidrolik iletkenlik .....	21
3.2.4. Tekstür.....	21
3.2.5. Kütle yoğunluğu .....	21
3.2.6. Agregat stabilitesi.....	22
3.2.7. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası .....	22
3.2.8. Toprak Reaksiyonu (pH) .....	22
3.2.9. Toprak organik madde içeriği ve toplam azot.....	22
3.2.10. Kireç .....	22
3.2.11. Katyon değişim kapasitesi.....	23
3.2.12. Elektriksel iletkenlik.....	23

3.2.13. Bitkide toplam azot analizi.....	23
3.2.14. Bitkide toplam fosfor ve potasyum tayini .....	23
3.2.15. Toplam bakteri sayısı .....	23
3.2.16. İstatistiksel yöntem.....	24
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>25</b>
4.1. Kütle Yoğunluğu .....	25
4.2. Ortam Nem Kaybı .....	34
4.3. Hidrolik İletkenlik .....	42
4.4. Kök ve Gövde Kuru Ağırlığı.....	45
4.5. Bitki Azot İçeriği.....	59
4.6. Bitki Fosfor İçeriği .....	67
4.7. Bitki Potasyum İçeriği.....	70
4.8. Toprak Reaksiyonu (pH) .....	74
4.9. Bakteri Sayısı .....	79
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>84</b>
KAYNAKLAR .....	89
ÖZGEÇMİŞ .....	96



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 3.1.</b> Türkiye haritası ve toprak örneklemesinin yapıldığı nokta .....	15
<b>Şekil 4.1.</b> Kuruma sürecinde ortalama kütle yoğunluğu değerlerinin zamana göre değişimi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları .....	27
<b>Şekil 4.2.</b> Kuruma sürecinde ortamların ortalama kütle yoğunluğu değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları.....	28
<b>Şekil 4.3.</b> Kuruma sürecinde karışım oranlarının ortalama kütle yoğunluğu değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları .....	29
<b>Şekil 4.4.a.</b> Pomza: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan kütle yoğunluğu değerleri.....	30
<b>Şekil 4.4.b.</b> Pomza: Toprak ortamında 100:0 karışım oranı ile diğer karışım oranları arasında zamana göre kütle yoğunluğundaki değişim.....	30
<b>Şekil 4.5.a.</b> Perlit: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan kütle yoğunluğu değerleri.....	31
<b>Şekil 4.5.b.</b> Perlit: Toprak ortamında %100:0 karışım oranı ile diğer karışım oranları arasında zamana göre kütle yoğunluğundaki değişim.....	32
<b>Şekil 4.6.a.</b> Torf: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan kütle yoğunluğu değerleri.....	33
<b>Şekil 4.6.b.</b> Torf: Toprak ortamında %100:0 karışım oranı ile diğer karışım oranları arasında zamana göre kütle yoğunluğundaki değişim.....	33
<b>Şekil 4.7.</b> Kuruma sürecinde ortalama hacimsel nem içeriği değerlerinin zamana göre değişimi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları .....	36
<b>Şekil 4.8.</b> Kuruma sürecinde ortamların ortalama hacimsel nem içeriği değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları.....	37
<b>Şekil 4.9.</b> Kuruma sürecinde karışım oranlarının ortalama hacimsel nem içeriği değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları.....	38
<b>Şekil 4.10.</b> Pomza: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak kaydedilen hacimsel nem içeriği değerleri.....	39

<b>Şekil 4.11.</b> Perlit:Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak kaydedilen hacimsel nem içeriği değerleri.....	40
<b>Şekil 4.12.</b> Torf:Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak kaydedilen hacimsel nem içeriği değerleri.....	41
<b>Şekil 4.13.</b> Ortamların hidrolik iletkenlik değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	44
<b>Şekil 4. 14.</b> Karışım oranlarına göre örneklerin hidrolik iletkenlik değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	44
<b>Şekil 4.15.</b> Deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma (%5,0) testi sonuçları.....	48
<b>Şekil 4.16.</b> Deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma (%5,0) testi sonuçları.....	48
<b>Şekil 4.17.</b> Üç farklı ortamda deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	49
<b>Şekil 4.18.</b> Üç farklı ortamda deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	49
<b>Şekil 4.19.</b> Karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	50
<b>Şekil 4.20.</b> Karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	50
<b>Şekil 4.21.</b> Farklı bakterilerle aşılınmış deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	51
<b>Şekil 4.22.</b> Farklı bakterilerle aşılınmış deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	51
<b>Şekil 4.23.</b> Üç farklı ortamda yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	52
<b>Şekil 4.24.</b> Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	53

<b>Şekil 4.25.</b> Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	53
<b>Şekil 4.26.</b> Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	54
<b>Şekil 4.27.</b> Farklı bakterilerle aşılanmış buğday ve mısır bitkilerinin kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	55
<b>Şekil 4.28.</b> Farklı bakterilerle aşılanmış buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	56
<b>Şekil 4.29.</b> Farklı bakterilerle aşılanmış buğday ve mısır bitkilerinin üç farklı ortamdaki gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	57
<b>Şekil 4.30.</b> Farklı bakterilerin materyal ve toprak karışım oranlarına göre kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	57
<b>Şekil 4.31.</b> Farklı bakterilerin materyal ve toprak karışım oranlarına göre gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	58
<b>Şekil 4.32.</b> Deneme bitkileri azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	60
<b>Şekil 4.33.</b> Üç farklı ortamda yetiştirilen deneme bitkileri azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	60
<b>Şekil 4.34.</b> Denemede kullanılan materyallerin toprakla karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	61
<b>Şekil 4.35.</b> Farklı bakterilerle aşılanmanın deneme bitkileri azot içeriği üzerine etkisi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	62
<b>Şekil 4.36.</b> Üç farklı ortamda yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin ortalama azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	63
<b>Şekil 4.37.</b> Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkisinin azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	63

<b>Şekil 4.38.</b> Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	64
<b>Şekil 4.39.</b> Farklı bakterilerle aşılınmış buğday ve mısır bitkilerinin azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	65
<b>Şekil 4.40.</b> Farklı bakterilerle aşılınmış buğday ve mısır bitkilerinin üç farklı ortamdaki bitki azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	66
<b>Şekil 4.41.</b> Farklı bakterilerin materyal ve toprak karışım oranlarına göre bitki azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	66
<b>Şekil 4.42.</b> Üç farklı ortamda yetiştirilen deneme bitkileri fosfor içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	68
<b>Şekil 4.43.</b> Denemede kullanılan materyallerin toprakla karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri fosfor içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	69
<b>Şekil 4.44.</b> Farklı bakterilerle aşılamanın deneme bitkileri fosfor içeriği üzerine etkisi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	69
<b>Şekil 4.45.</b> Deneme bitkileri potasyum içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	72
<b>Şekil 4.46.</b> Üç farklı ortamda yetiştirilen deneme bitkileri potasyum içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	72
<b>Şekil 4.47.</b> Denemede kullanılan materyallerin toprakla karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri potasyum içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	73
<b>Şekil 4.48.</b> Farklı bakterilerle aşılamanın deneme bitkileri potasyum içeriği üzerine etkisi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	73
<b>Şekil 4.49.</b> Deneme bitkileri için örneklerin pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	76
<b>Şekil 4.50.</b> Ortamların pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	77
<b>Şekil 4.51.</b> Karışım oranlarının ortalama pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları.....	77

<b>Şekil 4.52.</b> Bakterilerin yer aldığı örneklerin pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	78
<b>Şekil 4.53.</b> Deneme bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama bakteri sayıları, ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	81
<b>Şekil 4.54.</b> Ortamlara ait ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	81
<b>Şekil 4.55.</b> Karışım oranlarına göre ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	82
<b>Şekil 4.56.</b> Bakteri uygulamalarına göre ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları .....	83

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	16
Çizelge 4.1. Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki ortalama kütle yoğunluğu değerleri.....	25
Çizelge 4.2. Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki ortalama kütle yoğunluğu değerleri.....	26
Çizelge 4.3. Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki hacimsel nem içeriği değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	35
Çizelge 4.4. Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki ortalama hacimsel nem içeriği (%) değerleri.....	35
Çizelge 4.5. Ortamların karışım oranlarına göre hidrolik iletkenlik değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları .....	43
Çizelge 4.6. Ortamların karışım oranlarına göre ortalama hidrolik iletkenlik (cm/h) değerleri.....	43
Çizelge 4.7. Kök ve gövde kuru ağırlık değerleri üzerinde yapılan varyans analizine ait F değerleri.....	46
Çizelge 4.8. Deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ortalama değerleri .....	46
Çizelge 4.9. Deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ortalama değerleri .....	47
Çizelge 4.10. Deneme bitkilerinin azot kapsamına ait varyans analizi .....	59
Çizelge 4.11. Deneme bitkilerine ait ortalama azot içeriği (%).....	59
Çizelge 4.12. Mısır bitkisinin fosfor kapsamına ait varyans analizi.....	67
Çizelge 4.13. Deneme bitkilerine ait ortalama fosfor kapsamları (%) .....	67
Çizelge 4.14. Mısır bitkisinin potasyum kapsamına ait varyans analizi.....	70
Çizelge 4.15. Deneme bitkilerine ait ortalama potasyum kapsamları (%) .....	71
Çizelge 4.16. Ortam ve oranların pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları .....	75
Çizelge 4.17. Ortam, oran ve PGPR uygulamalarına ait ortalama pH değerleri .....	75
Çizelge 4.18. Yetiştirme ortamlarının bakteri sayılarına ait varyans analizi.....	79
Çizelge 4.19. Yetiştirme ortamlarının ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$ CFU $g^{-1}$ toprak) .	80

## 1. GİRİŞ

Doğal kaynaklarımızdan olan toprak ve su arasında önemli bir ilişki olup, her iki kaynak ta bitkisel üretimin temel bileşenleridir. Bu kaynakların aşırı ve yanlış kullanılması, ekolojik dengenin bozulmasına ve canlı faaliyetlerinin sürdürülebilirliğinin kısıtlanmasına neden olabilmektedir.

Tarımsal faaliyetlerde, kaliteli bitkisel ve hayvansal üretim için doğal kaynakların dengeli kullanımı önemlidir. Bitkisel ve hayvansal üretimde, temel ihtiyaçları ve fırsatları sunan doğal ve temel kaynak topraktır. Tarımsal üretimde, toprakların sahip olduğu özelliklerin bilinmesinin yanında ideal koşulları sağlayamayan topraklarında sahip olduğu özelliklerinin geliştirilmesine gerek duyulur. Bu açıdan tarım topraklarının verimliliğinin sürdürülebilir olarak artırılmasına katkı sağlayacak kültürel uygulamalar büyük önem taşır.

Bitkisel üretimde değerlendirilebilen topraklar hem sınırlıdır hem de değişkenliğe sahiptir. Bitkisel üretimde üretim ortamı olan toprağın uygun drenaja, yeterli havalanma koşullarına, optimum su tutma kapasitesine ve yarayışlı nem içeriği ile birlikte uygun toprak reaksiyonu gibi istenilen fiziksel ve kimyasal karakteristiklere sahip olması önemlidir. Toprak ortamında bitki gelişimi için ideal koşulları sağlamak amacıyla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzenlemede farklı organik ve inorganik materyaller kullanılmaktadır.

Bitki yetiştirme ortamlarının hazırlanmasında pomza, perlit, volkan külü gibi inorganik materyallerle birlikte peat, turba, talaş gibi organik materyaller doğrudan veya dolaylı olarak ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirebilmek amacıyla toprağa uygulanmaktadır. Söz konusu materyaller ayrı ayrı veya karışımlar halinde de bitki yetiştirme ortamı olarak değerlendirilebilmektedir. Günümüzde katı ortam kültürlerinin yanında özellikle örtü altı tarımında alternatif olarak sıvı ortamlar da bitkisel üretimde kullanılmaktadır.

Türkiye'nin yüzölçümü 78 milyon hektar olup, bu alanın %35.6'sını (27.969 milyon hektar) tarım arazileri oluşturmaktadır. Türkiye'de toplam 49 600 ha'lık alanda örtüaltı yetiştiriciliği (sebze %95, süs bitkileri %4 ve meyve yetiştiriciliği %1) yapılmaktadır (Çanakcı ve Akıncı 2004). Hem geleneksel tarımda hem de örtüaltı yetiştiriciliğinde bitkisel üretimi artırmak amacıyla toprağın fiziksel özelliklerini geliştirici materyallerin toprağa uygulanması ve sağlıklı yetiştirme ortamlarının hazırlanması önemlidir.

Toprak varlığının korunması, kaliteli ve güvenli gıda üretimi günümüzün önde gelen konularıdır. Bu konuları içeren sürdürülebilir tarım sistemi ile organik artıkların geri kazandırılması, biyolojik gübrelerle toprağın güçlendirilmesi, biyolojik mücadele metotlarının kullanılması ve tarımsal-ekosistemdeki kirleticilerin biyolojik yollarla temizlenmesi ekolojik bir çevre ve üretim için gereklidir. Günümüzde tarımsal ekosistemlerde birçok toksik ve tehlikeli kimyasal madde girdileri kullanılabilir. Bunlar bitki, toprak, yer altı ve yerüstü suları ile gıdaların içine karışmaktadır. Tüm dünyada yeterli miktar ve kalitede gıda temininin, entansif tarımla sağlanamayacağı endişesi yaygınlaşmaktadır. Entansif tarım yöntemleri, tarım alanlarında su ve rüzgar erozyonu, besin elementi dengesizliği, toprak organik maddesinin kaybı gibi toprak verimliliğini azaltıcı özellikler taşımaktadır (Saber 1994).

Bu araştırma, pomza, perlit gibi inorganik ve torf gibi organik materyallerin temel bitkisel üretim ortamı olan toprağa farklı oranlarında karıştırılması ile hazırlanan ortamların hidrofiziksel özelliklerini ortaya koyabilmek ve bu ortamlarda farklı bakterilerle aşılınmış bitkilerin gelişimini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda tarımsal faaliyetler içerisinde yetiştirme ortamı olarak toprakla birlikte farklı materyallerden de yararlanılmaktadır. Bazı yetiştirme ortamlarından pomza, perlit gibi inorganik ve torf gibi organik materyaller tek başına veya toprakla birlikte birbirlerinin karışımları şeklinde kullanılmaktadır.

Kaliteli bir yetiştirme ortamı; iyi havalanma ve drenaja, uygun kütle yoğunluğuna, nem karakteristiklerine, reaksiyona, elektriksel iletkenliğe, kation değişim kapasitesine, dengeli ve optimum besin elementi ile bu elementleri sağlama düzeyine sahip olmalıdır. Yetiştirme ortamı, iyi drenaj koşullarını sağlaması yanında sulama sıklığını azaltacak özelliklere de sahip olmalıdır. Zaman içerisinde ortamın, stabilite ve kütlesi arasında sürekliliğini devam ettirebilmesi, elverişliliği ve maliyeti göz önünde bulundurulması gereken diğer parametrelerdir. Bu parametrelerin sağlanmasında bitki yetiştirme ortamı materyallerinden olan pomza, perlit gibi inorganik materyallerle torf gibi organik materyaller kullanılmaktadır.

İnorganik ortamlardan olan pomza, rengi açık griden kirli beyaza değişen, sertliği 5,5-6,0, kütle yoğunluğu 0,32-0,97 g/cm<sup>3</sup>, özgül ağırlığı 2,15-2,65 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi %45-%90, ısı iletkenlik katsayısı 0,08-0,20 W/mK, ıslanma ısısı 0,24-0,28 cal/gr.°C, su absorpsiyon oranı %30-%70 ve pH'sı 7-7,3 aralığında olan volkanik bir kayadır (Anonim 1995).

Pomza, toprağın su tutma özelliğinin geliştirilmesi amacıyla özellikle su problemi olan bölgelerde kullanılan bir materyaldir. Pomza, substrat kültüründe ve köklendirme ortamlarında tek başına veya değişik oranlarda karışımlar halinde kullanılmaktadır. Ağır bünyeli topraklarda da, fiziksel koşulların iyileştirilebilmesi için toprağa pomza ilavesi önemli bir uygulamadır (Anonim 1996). Bu materyalin toprağa karıştırılması ile hazırlanan ortamlarda uzun bir dönem için uygun toprak fiziksel koşulları gelişerek,

hava ve su dengesinin optimum düzeylere gelmesi sağlanır (Cabrera 2003; Şahin *et al.* 2004).

Pomzanın uygun tane büyüklüğü, gözenekli yapısı, su tutma ve havalanma kapasitesi, hidrolik iletkenlik gibi özelliklerinden dolayı yetistirme ortamı olarak kullanılabilceği vurgulanmıştır (Chen *et al.* 1980).

Karaman (1993), araştırmasında toprağa karıştırılan pomzanın bitki su tüketimini azalttığını, bitki kök ve gövde kuru ağırlığı üzerinde artırıcı etkiye sahip olduğunu kaydetmiştir.

Özgümüs (1997), farklı pomza örneklerini kullanarak yürüttüğü araştırmasında, pomzanın bitki yetistirme ortamı olarak değerlendirilmesi sonucunda, pomzanın genel olarak yüksek bir hava kapasitesine sahip olduğunu, ancak kolay alınabilir su yüzdesinin ve su tamponlama kapasitesinin düşük olduğunu vurgulamıştır.

Erpul ve Bayramın (2004), pomzanın su tutma karakteristiklerini araştırmışlardır. Dört farklı tane büyüklüğü (>4 mm, 4-2 mm, 2-1 mm ve <1 mm) için farklı tansiyonlardaki (0, 10, 50, 100, 333 ve 15 000 cm su sütunu) su içerikleri incelenmiştir. Pomzanın havalanma kapasitesi, kolaylıkla kullanılabilir su ve tamponlama kapasitesi değerleri belirlenmiştir. Bu değerlere göre, araştırmada kullanılan pomzanın 2-1 mm ve <1 mm tane boyutlarının yer aldığı grupların bitki yetistirme ortamı olarak optimum değerlerde olduğu kaydedilmiştir.

Kuşlu vd (2005), Türkiye'nin 8 farklı yöresine ait pomzalar üzerinde yürüttüğü araştırmasında, farklı tane büyüklüklerinde pomzanın havalanma porozitesi ve su tutma kapasitesini belirlemişlerdir. Araştırmacılar tane büyüklüğünün artışına bağlı olarak, su tutma kapasitesinin azaldığını, havalanma porozitesinin ise önemli düzeyde arttığını kaydetmişlerdir.

Göçmen (2005), sera şartlarında perlit, pomza ve toprağın farklı oranlarda

karıştırılmasının havuç bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkilerini araştırmıştır. Deneme sonucunda perlit ve pomza gibi toprak düzenleyicilerinin bitkinin verim ve verim unsurları üzerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Araştırmada en yüksek kök verimi 249,3 g/saksı olup 1/2 perlit +1/2 toprak karışımında elde edilmiştir. Toprak ve pomzanın yer aldığı gruplar içinde en yüksek kök verimi 196 g/saksı ile 1/4 pomza +3/4 toprak ortamında belirlenmiştir. Pomza, perlit ve toprağın birlikte yer aldığı ortamlarda ise en yüksek kök verimi 241 g/saksı ile 1/4 pomza + 1/4 perlit + 1/2 toprak ortamında tespit edilmiştir. Kontrol ortamında ise kök verimi 186,7 g/saksı olarak belirlenmiştir.

Şahin *et al.* (2005), toprağa pomza ilavesinin toprak özellikleri ve çilek bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar pomzanın iki farklı tane büyüklük grubunu (2-4 mm ve 4-8 mm), üç farklı oranda (hacim olarak; %,15, %30 ve %45) toprağa uygulamışlardır. Araştırmada bu ortamların gözenek büyüklüğü ve nem karakteristikleri ile bitki özellikleri tayin edilmiştir. Araştırmacılar her iki tane büyüklük grubu için karışım oranının artmasına bağlı olarak düşük tansiyonlarda (0-0,98 kPa) nem içeriğinin de arttığını, yüksek tansiyonlarda (32,36-1471 kPa) ise karışım oranının artmasına rağmen nem içeriğinde bir azalma ortaya çıktığını kaydetmişlerdir. Bu çalışmada en iyi bitki gelişiminin tane büyüklüğünün 4-8 mm olduğu ve %45 oranında toprağa karıştırılan pomza ortamında olduğu belirlenmiştir.

Şahin ve Anapalı (2006) kütle yoğunluğu ve gözenek büyüklük dağılımı üzerine toprakla karıştırılmış pomzanın farklı büyüklük ve karışım oranlarının havalanma, su iletimi ve su tansiyonu üzerine etkilerini ortaya koymak amacıyla yürüttükleri araştırmalarında; toprağa pomza uygulamasının havalanmayı ve makroporoziteyi artırdığını, kütle yoğunluğunu ise azalttığını kaydetmişlerdir.

Köse (2006), araştırmasında, Van-Erciş, Erzurum-Pasinler, Kars-Sarıkamış, Kars-Digor, Ağrı-Patnos ve Ağrı-Doğubeyazıt pomzalarının sulama açısından bazı özelliklerini 3 farklı tane büyüklüğü kullanılarak oluşturulmuş 10 farklı materyal grubu üzerinde incelemiştir. Sonuçta, belirlenen özelliklerin tane büyüklüklerine göre değişim

gösterdiği ve aynı zamanda yöreler arasında da farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Belirlenen bu sulama özellikleri açısından tüm yörelere ait pomzaların genelde yetiştirme ortamı olarak uygun olduğu, özellikle havalanma ve düşük tansiyonlarda fazla su tutma açısından Van-Erçiş ve Erzurum-Pasinler yörelerine ait pomzaların 2-4 mm ile 4-8 mm tane boyutları ile bu tane boyutlarının oluşturduğu materyal gruplarının daha da uygun olduğu kaydedilmiştir.

Dündar (2009) sera koşullarında yürüttüğü araştırmasında, toprağa farklı çap (<1 mm, <2 mm ve <4 mm) ve oranda (hacim olarak %20 ve %40) pomza karıştırılarak, karışımların toprağın faydalı su kapasitesine, sulama aralığına, sulama sayısına ve deneme bitkisinin su tüketimine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre 2 mm çapındaki pomzanın %40'lık karışımında tarla kapasitesinde en yüksek artış (%6.93), solma noktasında en fazla düşüş (%28.04) meydana gelmiştir. Bu karışımda faydalı su kapasitesi değeri, pomza karışimsız toprağa göre %41 gibi büyük bir oranda artmıştır. Bunun sonucunda sulama aralığı artmış, sulama sayısında %50'ye varan azalışlar meydana gelmiştir. Bitki su tüketimleri de pomza karışımı olan konularda önemli oranlarda azalmıştır. En büyük azalma; 2 mm pomzanın %40 karışımında %27 olarak gerçekleşmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, 2 mm ve 4 mm çaplı pomzanın %40'lık hacimsel karışımları; faydalı su kapasitelerini arttırmış, bitki su tüketimini azaltmış, sulama aralığını uzatarak sulama sayısında önemli azalmalar meydana getirmiştir.

Tarımda kullanılan perlit, havalanma ve drenajı geliştirmesi, bitkilere, yarayıslı nemi ve besin elementlerinin elverişliliğini sağlaması, aşırı toprak sıcaklığını önlemede bir yalıtkan olarak görev alması, temiz, kokusuz ve hafif olması nedeniyle farklı avantajlara sahiptir

Öğütüldükten sonra 1000°C'ye kadar ısıtılarak beyaz, hafif ve taneli bir yapıya dönüştürülen, volkanik orijinli bir alüminyum silikat olan perlit, bitki yetiştirme ortamı olarak olumlu özelliklere sahiptir (Munsuz vd 1982; Bunt 1988; Varış ve Eminoğlu 2003). Perlitin, ortamda su ve besin maddelerini kolay tutması, havalanmasının ve

drenajının iyi olması ve bitki gelişimi ile ilgili çalışmalarda köklerin zedelenmeden çıkarılması ve kök kaybının oluşmaması gibi avantajları vardır (Anonim 1996).

Akkaş (1995), Tekirdağ yöresinde yaygın olan kireçsiz kahverengi ve grumusol (vertisol) topraklara değişik oranlarda (%0,%25, %50, %75) perlit uygulayarak, toprakların bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Deneme toprakları üzerinde yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara göre, kullanılan perlit materyali, deneme topraklarının kütle yoğunluğu değerini düşürmüş, porozite ve havalanma kapasitesi kapsamalarını artırmıştır. Ancak tarla kapasitesi, solma noktası ve faydalı nem yüzdesi değerleri üzerine etkisi açık olarak saptanamamıştır.

Farklı yetiştirme ortamlarının arpa bitkisinin bitki boyu, yaş ot verimi, kuru ot verimi ve kuru kök ağırlığı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada, yetiştirme ortamı olarak ağırlık esasına göre %100 toprak, %100 perlit, %100 pomza, %100 zeolit ile %50 perlit + %50 toprak, %50 pomza + %50 toprak ve %50 zeolit + %50 toprak karışımları kullanılmıştır. 2003 yılında yapılan bu araştırmadan elde edilen bulgulara göre; farklı yetiştirme ortamlarının arpa bitkisinin bitki boyu, yaş ot verimi, kuru ot verimi ve kuru kök ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; en yüksek bitki boyu (81 cm), yaş ot verimi (89,25 g/saksı), kuru ot verimi (21,37 g/saksı) ve kuru kök ağırlığı (21,85g/saksı) %100 pomza kullanılan saksılardan elde edilmiştir. En düşük değerler ise %100 perlit kullanılan saksılarda tespit edilmiştir. Sonuç olarak en uygun yetiştirme ortamının pomza olduğu belirlenmiştir (Türk vd 2003).

Örs (2004) araştırmasında, perlit ve perlite hacim esasına göre %10, 20, 30, 40 ve 50 oranında tın bünyeli toprağın karıştırılmasıyla oluşturulan 6 farklı ortam kullanılmıştır. Çalışmada Perlit-toprak karışım ortamlarının toplam porozite ve gözenek dağılımları perlit ile karşılaştırılmıştır. Toprak karıştırılan tüm konularda havalanma ve drenajı sağlayan büyük gözeneklerde önemli bir değişiklik olmamıştır. Su tutmayı sağlayan küçük gözeneklerde ise toprak karıştırma oranına bağlı olarak önemli bir artış

sağlanmıştır. Perlit, (%90 perlit+%10 toprak), (%80 perlit+%20 toprak) konularında düşük tansiyonlarda (pF 0 ile pF 2,52) tutulan su miktarında önemli değişiklik olmazken (%70 perlit+%30 toprak), (%60 perlit+%40 toprak) ve (%50 perlit+%50 toprak) konularında tutulan su miktarında önemli artışlar olmuştur. Benzer sonuçlar yüksek tansiyon (pF 2,52 ile pF 4,18) arasında da belirlenmiştir.

El-Hady *et al.* (2006), kompost ve perlitin hidrofiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmalarında organik ve inorganik materyalin farklı karışımlarını (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100, kompost:perlit) kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, karışımlarda artan perlit içeriğine göre, hidrolik iletkenlik değerleri ile birlikte, toplam porozite, yarayışlı su içeriği ve havalanma gözenekleride artmıştır.

Çinkılıç (2008) yapmış olduğu araştırmada fide yetiştirme ortamı olarak normal cibre, normal cibre+%25 süper iri perlit, öğütülmüş cibre+%25 süper iri perlit, cüruf+%25 süper iri perlit, torf+%25 süper iri perlit ve torf kullanmıştır. Araştırmada, gövde çapı, yaprak sayısı, fide ağırlığı, fide genişliği, yaprak boyu ve yaprak genişliğinde en iyi sonuçlar, normal cibre+%25 süper iri perlit karışımından; fide boyu, köklü fide boyu, kök ağırlığı, köklü fide ağırlığı ve kök uzunluğunda ise torf+%25 süper iri perlit karışımından alınmıştır.

Bender (1999) sera koşullarında yürüttüğü araştırmasında, toprağa karıştırılan peat ve perlitin, su noksanlığı stresi altındaki biber bitkisinin (*Capsicum annuum var grossum* ev. 11B-14) gelişimi üzerine etkilerini çalışmıştır. Toprağa ilave edilen peat ve perlit materyalleri, bitki gelişiminde toprak ortamına göre daha olumlu etkiler yapmış, özellikle peat materyalinin, kök/gövde oranı hariç, incelenen tüm özelliklerde perlit materyaline göre daha etkili bir ortam olduğu belirlenmiştir. Bu materyallerin toprağa karıştırılarak kullanılmalari durumunda daha etkili oldukları, toprağa ilave edildikleri oranların artmasına bağlı olarak etki düzeylerinde artışlar meydana geldiği belirlenmiştir. Her iki materyalin %4 ve %8 oranında toprağa karıştırılması ile bitki gelişiminde daha iyi sonuçlar alınmıştır.

Beşiroğlu (2007), değişik organik (torf) ve inorganik (perlit, volkanik tñf) substratlar ve bunların değişik kombinasyonlarının serada topraksız yetiştiricilikte kullanılabilirliği ile, domateslerde verim ve kalitesi ÷zerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, en yñksek toplam verim, volkanik tñf+torf ortamında belirlenirken, bunu sırasıyla perlit+torf, torf, perlit ve volkanik tñf ortamları izlemiştir. Araştırma bulguları, yerli substrat malzemelerinin verim, kalite ve bitki besin elementi dağılımlarını bakımından avantajlı olduğunu gñstermiřtir.

Özkan (1986), araştırmasında, toprak dñzenleyicisi olarak kullanılan perlitin Azotobakterlerin aktivitesi ve asimbiyotik azot fiksasyonu ÷zerine olan etkisini araştırmıştır. Perlit eklenen topraklarda Azotobakter sayısında ve total azot değerlerinde artış saptanmıştır. Perlitin etkisiyle amonyum azotu değerinde dñřme nitrat azotu değerlerinde ise artış saptanmıştır.

Torf, kimyasal ve fiziksel özellikler bakımından bitki yetiştirme ortamlarının agronomik karakteristiklerine pozitif katkıda bulunmasından dolayı genellikle organik toprak dñzenleyicisi olarak kullanılmaktadır (Carlile 2009; Demirkıran ve Cengiz 2011).

Torf; çok uygun olan fiziksel strñktürü ile bitki kñk bñlgesinde, su tutma kapasitesi yñksek ve kñklerin yeterince havalanmasını sağlayacak bir ortam oluşturur. Yetiştirme ortamının fiziksel özellikleri ÷zerindeki olumlu etkileri uzun sñrelidir. Asit özelliği dolayısıyla diğer materyallerin alkalinitesini gidererek yetiştirme ortamının pH'sının istenilen dñzelelere dñřür÷lmesinde tek başına ve diğer materyallerle karıştırılarak kullanılabilirliktedir.

şahin vd (1998), damla sulama yönteminin ve farklı yetiştirme ortamlarının serada yetiştirilen domateste bitki gelişmesi, verim ve kaliteye etkisini belirlemek amacıyla yñrñttükleri bir araştırmada, yetiştirme ortamı olarak torf, kum, perlit, volkan tñf÷ ile birlikte kontrol ortamı olarak da tınlı toprak kullanmışlardır. Araştırmacılar, bitki başına toplam ÷rün, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve sayısı, ilk salkıma kadar olan yaprak sayıları, bitki gñvde çapları, bitki boyları incelenmiş, torf ve torf'un %50 karışım

halinde bulunduğu ortamların tavsiye edilebilir nitelikte olduğunu kaydetmişlerdir.

Sönmez *et al.* (2010), sera koşullarında yürüttükleri araştırmalarında, domates bitkisinin fide kalitesi ve besin elementi içeriği üzerine, yetiştirme ortamı olarak değerlendirilen zeolit, perlit ve torf materyallerinin ve karışımlarının etkilerini çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda, hazırlanan yetiştirme ortamlarının fide kalitesi üzerine önemli etkilerinin olduğu ve en iyi sonuçların torf, zeolit karışımlarından hazırlanan ortamlardan sağlandığı vurgulanmıştır.

Uygun (2008), *Azotobacter chroococcum*'un yerli ve standart suşu ile aşılamanın buğday bitkisinin (META 2002) verim ve verim unsurları, besin elementi kapsamları sera denemesi ile araştırarak, taşıyıcı materyal olarak torf'un kullanılması durumunda torf - *Azotobacter chroococcum*'un sıvı kültürü karışımına ait optimum nem düzeylerini saptamıştır. Bu amaçla, standart *Azotobacter chroococcum* Beijerinck 1901 suşu aşılama materyali olarak kullanılmıştır. Yerli ve standart suşun 3 günlük kültürlerinin ( $10^9$  CFUml<sup>-1</sup>) 20 ml'lik hacmindeki sıvı kültürleri ile sera koşullarında killi tın bünyeli toprağa aşılama yapılmış ve 78 gün sonunda buğday bitkileri hasat edilmiştir. Hasat sonunda gerek standart ve gerekse yerli izolatın buğday bitkisinin dane ve sap verimi ile buğday bitkisinin P ve K kapsamını önemli oranda ( $P < 0.05$ ) artırdığı belirlenmiştir.

Sürdürülebilir tarımda bitki büyümesi ve toprak verimliliğinin artırılmasında biyogübreler mineral gübrelerin alternatifi olarak kullanılabilir. Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (PGPR) verim artırıcı özellikleri açısından, biyogübre olarak kullanılmaktadır. Uygulama sonuçları mikroorganizmaların etkinliği ve tiplerine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle *Azotobacter* ve *Azospirillum* türlerinin önemli üretim artışlarına neden olduğu belirlenmiştir. İnokulant özelliklerine ve kullanılan bitki türüne bağlı olarak serbest azot fikserlerinin %20-50 oranında verim artışı sağladığı kaydedilmiştir (Jagnow 1987). Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler buğdayda %11 mısırdaki %12,5 patatada %22,5 şeker pancarında %16,9 verim artışı sağlamıştır (Chen *et al.* 1996).



Yapılan başka bir çalışmada toprakta ve rizosfer bölgesinde oldukça yaygın olarak bulunan *Pseudomonas* bakterilerinden özellikle *P. fluorescens* ve *P. putida*'nın birçok bitkinin gelişimini teşvik ederek önemli oranda bitki verimini artırdığı tespit edilmiştir (Vessey 2003). *Pseudomonas* bakterilerinden özellikle *P. fluorescens* ve *P. putida* bitki gelişimini teşvik edici bakteriler olarak tanımlanmıştır (Kloepper *et al.* 1989).

Kışlık buğdaylar üzerine bitki büyütme kabini ve tarla koşullarında *P. cepacia*, *P. fluorescens* ve *P. putida* ile yürütülen araştırmalarda *Rhizoctonia solani* ve *Leptosphaera maculans* biyokontrolü nedeniyle %27 verim artışı meydana geldiği ortaya konulmuştur (De Freitas and Germida 1990).

Benzer bir çalışmada *P. cepacia* R55, *P. putida* R104 bakterilerinin biyolojik kontrol amacıyla kışlık buğdayda kullanımı durumunda *Rhizoctonia solani*'ye karşı antagonizm belirlenmiş %62-78 bitki kuru ağırlık, %92-128 kök, %28-48 gövde kuru ağırlık artışı meydana gelmiştir (De Freitas and Germida 1991).

Narula *et al.* (2000) *Azotobacter choroococcum* ile aşılanmış buğday bitkisinde, bitkinin N, P ve K alımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmalarının sonucunda ilgili bakterinin sözkonusu elementlerin bitki bünyesinde artışa neden olduğunu vurgulamışlardır.

Kundu and Gaur (1984), Monib *et al.* (1984) ve Çakmakçı *et al.* (2001)'in; araştırma sonuçlarına göre, fosfat çözücü bakterilerin *Azotobacter* ile birlikte inokulasyonu bitki verimi ile birlikte N ve P alımını da artırdığını ortaya koymuştur.

Çakmakçı *et al.* (2007b)'nin yaptıkları diğer bir çalışmada kullandıkları PGPR suşları, buğdayda gövde ağırlığını artırmış, en yüksek kök ve gövde ağırlığına *Paenibacillus polymyxa* aşılması ile ulaşılmış bunu, *Pseudomonas putida*, *Bacillus megaterium* ve *Paenibacillus polymyxa* izlemiştir. PGPR'ın buğdayda kök ağırlığını %4,0-32,3, gövde ağırlığını ise %16,2-53,8 oranında artırdığı saptanmıştır.

Öztürk *et al.* (2003) tarla denemesi olarak yürüttükleri araştırmalarında *Azospirillum brasilense* ve *Bacillus* OSU-142 ile asılamanın bugday (kırık) bitkisinde verim unsurlarını artırdığını bu artışta *Azospirillum brasilense*'nin daha etkili olduğunu kaydetmişlerdir.

Tohumlara ya da toprağa PGPR uygulamalarının kök gelişimini (kök sayısı, uzunluğu, ağırlığı), besin elementi alımında artışı, azot fiksasyonunu, inorganik fosfat çözünürlüğünü ve alımını artırarak bitki gelişimini etkilediği farklı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Stajner *et al.* 1997; Çakmakçı *et al.* 1999; Lucy *et al.* 2004; Şahin *et al.* 2004; Çakmakçı 2005).

Farklı beş azot fikseri (RCO2, *Rhodobacter* RCO4, *Paenibacillus* RCO5, *Pseudomonas* RCO6, *Bacillus* OSU-142) ve iki fosfat çözücü (*Bacillus* RC01 ve *Bacillus* M-13) bakteri ile şekerpancarı ve arpada yapılan başka bir araştırma çalışmasında bakteri aşılamalarının toprağın mineral azot kapsamını, arpa kök ve gövde ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Arpa tohumlarının RCO7, M-13, RC02, RC04, RC05, RC06 ve OSU-142 bakterileri ile aşılmasında kök ağırlığı sırasıyla %21,4, 17,9, 25,0, 21,4, 28,6, 21,4 ve 32,1, gövde ağırlığı ise %39,0, 30,5, 28,8, 32,2, 54,2, 32,2, ve %7,6 oranında artmıştır (Çakmakçı 2005).

Çakmakçı *et al.* (2007b) tarafından yapılan diğeri bir çalışmada bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerin tekli ve birlikte aşılamalarının kontrol ve azot gübresine kıyasla yazlık buğday ve arpa verimi üzerine etkisinde, bitki gelişme yanıtının aşılama bakterisi, bitki türü ve değerlendirme parametrelerine bağılı olarak değıştığı ortaya konulmuştur.

Canbolat *et al.* (2006a) araştırmalarında, üç farklı kütle yoğunluğunda kimyasal gübrelere ve dört farklı PGPR bakterisiyle aşılama arpa bitkisinin gelişimini incelemişlerdir. Bu bakteriler azot fikse edici ve fosfor çözücü bakteriler olup arpa kök büyümesini önemli ölçüde artırmıştır. Toprakta bulunan yarıyıllı fosfor miktarını *Bacillus* RC01 ve *Bacillus* M-13 suşlarının önemli derecede artırdığı saptanmıştır. Araştırmacılar *Bacillus* RC01, *Bacillus* RC02, *Bacillus* RC03 ve *Bacillus* M-13 ile

aşılamlarının kontrole kıyasla arpa bitkisinin kök ağırlım sırasıyla %16,7, 12,5, 8,9, ve 12,5, yaprak ağırlımını sırasıyla %34,7, 34,7, 28,6, ve 32,7 oranında artırdımı kaydetmişlerdir. Araştırmada, kullanılan bakteri suşlarının arpa bitkisinin büyüme aktivitesi üzerinde potansiyel aktiviteye sahip olduğu ortaya konulmuştur..

Canbolat *et al.* (2006b) araştırmalarında, üç farklı kütle yoğunluğunda (1,1, 1,25, 1,40 g/cm<sup>3</sup>) biyogübre olarak dört farklı PGPR suşunun (*Bacillus licheniformis* RC04, *Paenibacillus plymyxa* RC05, *Pseudomanas putida* RC06, *Bacillus* OSU-142) ve üç mineral gübre uygulamasının (N, NP, P) arpanın kök gelişimi ve toprak özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Yetiştirme periyodunun 15.,30. ve 45. günlerinde yapılan bitki hasadında PGPR, mantarlar, kök gelişimi, toprak pH'sı, organik madde içeriği, yarayışlı fosfor ve mineral azot belirlenmiştir. Sonuç olarak, PGPR suşları ile aşılamanın kontrole kıyasla %9-12,2 oranında kök ağırlımını ve %29,7-43,3 oranında da yaprak ağırlımını artırdımı, PGPR'ın arpa büyümesini teşvik ettiğini ve kimyasal gübrelere karşı alternatif olarak kullanılabilceğini vurgulanmıştır. Toprak sıkışmasının bitki büyümesine faydalı olabilen PGPR türlerinin aktivitesine engel olduğuda kaydedilmiştir.

Kök gelişiminin, kök yüzey alanının ve bitki besin alım etkinliğinin artması, PGPR araştırmalarının önemli bir alanıdır. Hızlı kök oluşumu, lateral ve kılcak köklerin gelişimi, kök ve çevresinden su ve besin alımını ve kök canlılığını da artırmakta, bu durum genç bitkiler için önemli bir avantaj olmaktadır. Bitki tarafından besin alımı, bitki gereksinimi, birim kök uzunluğunun besin alım etkinliği, kök dağılımı ve kök sisteminin yapısına bağlı olmaktadır (Wang and Smith, 2004). Araştırmalarda PGPR aşılamlarının kök ağırlım (Walley and Germida 1997; Çakmakçı *et al.* 2001), kök yüzey alanı (Bashan *et al.* 2004) ve kök gelişmesi ile besin alım etkinliğini artırdımı (Dobbelaere *et al.* 2002; Çakmakçı *et al.* 2006) belirlenmiştir.

Çakmakçı *et al.* (2007a) tarafından yapılan araştırmada, biyolojik gübre olarak kullanılabilcek bitki gelişimini teşvik edici on bir farklı bakteri suşunun arpa gelişimi üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Araştırmada kontrole (bakteri ve gübre

uygulanmamış) kıyasla *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus atropheus*, *Arthrobacter agilis*, *Brevibacillus choshinensis*, *Arthrobacter viscosus*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus pumilus*, *Arthrobacter aurescens* ve *Micrococcus luteus* bakteri aşılama ları ile mineral NP (40 mg N ve 30 mg P kg toprak) gübrelemesi test edilmiştir. Bakteri aşılama ları, arpa bitkisinde erken gelişme döneminde gövde ağırlığı, bitki ykseklıği, kök uzunluğu ve toplam kök sayısını etkilemiştir. Bakterilerin bitki gelişimine etkisi aşılama yapılan bakteri ırkı ve değerlendirilen parametrelere bağlı olarak değermiştir. Araştırma sonuçları *B. megaterium*, *Ar. agilis*, *Ar. viscosus*, *Pb. polymyxa*, *B. pumilus* ve *Ar. aurescens* gibi etkin izolatların organik ve sürdürülebilir tarımda biyolojik gübre olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Toprak

Araştırmada kullanılan toprak örneği, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi 4 No'lu deneme alanında  $39^{\circ} 55' 54,1''$  Kuzey enlemi ve  $41^{\circ} 14' 14,5''$  Doğu boylamında Ap horizonundan alınmıştır (Şekil 3.1.). Toprak örneklere laboratuvar koşullarında hava kurusu olana kadar kurutulmuş, ufalanarak saksı denemeleri için 4 mm, fiziksel ve kimyasal analizler için 2 mm'lik eleklerden elenmiştir.



Şekil 3.1. Türkiye haritası ve toprak örneklemesinin yapıldığı nokta

Denemede kullanılan toprak örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1'den görüleceği gibi, denemede kullanılan toprak örneği, killi tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, kireç içeriği bakımından pek az, organik madde

miktarı orta olup (Soil Survey Div.Staff 1993) yarıyışlı nem kapasitesi %26,5'tir. Deneme alanı toprakları Typic Ustorthent olup (Soil Survey Staff 1999) ana materyali allüviyal karakterdedir (Anonim 2000).

**Çizelge 3.1.** Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

<b>Toprak özellikleri</b>	
Kum, %	27
Silt, %	32
Kil, %	41
Tekstür sınıfı	Killitın
Kütle yoğunluğu, g/cm <sup>3</sup>	1,16
Tarla kapasitesi, %	38
Devamlı solma noktası, %	12,5
Agregat stabilitesi, %	%72
Hidrolik iletkenlik, cm/h	6,3
pH (1:2.5 W/V H <sub>2</sub> O)	7,50
Organik madde, %	1,17
Toplam azot, %	0,23
Kireç, %	0,7
Katyon değişim kapasitesi, me/100 g	22
Elektriksel iletkenlik, mmhos cm <sup>-1</sup>	3,5

### 3.1.2. Pomza

Araştırmada, tane büyüklüğü <4mm, reaksiyonu 7,1 kütle yoğunluğu 0,55 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi %70, su tutma kapasitesi %20, katyon değişim kapasitesi 3 me/100 g ve rengi açık gri olan asit karakterli pomza kullanılmıştır.

### 3.1.3. Perlit

Araştırmada, tane büyüklüğü <2mm, reaksiyonu 6,5, kütle yoğunluğu 0,13 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi %66.4 ve rengi beyaz gri olan perlit kullanılmıştır.

### 3.1.4. Torf

Araştırmada, reaksiyonu 5,5, kütle yoğunluğu 0,14 g/cm<sup>3</sup> olan su tutma kapasitesi ve havalanması yüksek torf kullanılmıştır.

### 3.1.5. Biyolojik materyaller

Denemede kullanılan tohumların aşılınması için *Pantoe agglomerans* (RC58), *Pseudomanas putida* (RC06), *Basillus suptilis* (RC63) ve *Arthrobacter agilis* (RC23) bakterileri kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan bakterilerden *Basillus suptilis* RC63 yabancı ahududu rizosfer toprağından (Çakmakçı *et al.* 2007), *Pseudomanas putida* RC06 buğday ( Çakmakçı *et al.* 2006), *Arthrobakter agilis* RC23 çavdar ve *Pantoe agglomerans* RC58 izolatu ise asidik çay rizosfer toprağından ( Çakmakçı *et al.* 2010) Prof. Dr. Ramazan Çakmakçı tarafından izole edilmiş ve Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak.Tarla Bitkileri Bölümünde Kültür Koleksiyonunda muhafaza edilmektedir. Bu izolatlarn fosfor çözme ve serbest azot fiksasyon özellikleri önceden test edilmiş ve farklı araştırmalarda kullanılmıştır ( Çakmakçı *et al.* 2006, 2007, 2013, Çakmakçı vd.2013 a,b).

*Arthrobakter agilis*, NA'da koloni rengi krem, oksidaz negatif, katalaz zayıf (Z+), N-Free ortamda gelişme kuvvetli pozitif (K+), amilaz negatif (-), NBRIP-BPB ortamında gelişme kuvvetli pozitif (K+), sukroz test negatiftir (-).

*Pantoe agglomerans*, NA'da koloni rengi beyaz, oksidaz negatif, katalaz kuvvetli (K+), N-Free ortamda gelişme kuvvetli pozitif (K+), amilaz negatif (-), NBRIP-BPB ortamında gelişme kuvvetli pozitif (K+), sukroz test kuvvetli pozitif (K+).

*Pseudomanas putida*, NA'da koloni rengi krem, oksidaz kuvvetli pozitif (K+), katalaz pozitif (+), N-Free ortamda gelişme kuvvetli pozitif (K+), amilaz negatif (-), NBRIP-

BPB Ortamında gelişme pozitif (+), sukroz test kuvvetli pozitifdir (K+).

*Basillus subtilis*, NA'da koloni rengi krem, oksidaz pozitif (+), katalaz kuvvetli pozitif (K+), N-Free ortamda gelişme kuvvetli pozitif (K+), amilaz pozitif (+), NBRIP-BPB ortamında gelişme zayıf (Z+), sukroz testi negatiftir (-).

### 3.1.6. Bitkisel materyaller

Denemede buğday (*Triticum vulgare* L., Yıldırım) ve mısır (*Zea mays* L.cv. Karadenizyıldızı) tohumları kullanılmıştır.

Yıldırım (*Triticum vulgare*) kışlık bir çeşittir, başaklanmadan sonra 49 günde olgunlaşma görülür, soğuğa dayanıklı, kurağa orta derecede dayanıklı, yatmaya dayanıklılık göstermekte, tane dökümü görülmemektedir, dekara ortalama 500-700 kg/da verime sahiptir.

Karadeniz yıldızı (*Zea mays*) çeşidinin ortalama bitki boyu 220-290 cm, ilk koçan yüksekliği 100-120 cm, sarı, yarı sert dane yapısında, yaprakları yayvan ve 1000 tane ağırlığı ortalama 400-450 g. arasındadır. Orta erkenci olup, fizyolojik olum süresi 120-125 gündür. İyi bir silajlık çeşit olup, ortalama silaj verimi dekara 5-7 ton/da, ortalama dane verimi 700-1150 kg/da arasındadır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Saksı denemesi

Denemede üç materyal (pomza, perlit ve torf), toprakla hacimsel olarak 5 farklı karışım oranında (Materyal: Toprak; %100:0, %75:%25, %50:%50, %25:%75 ve 0:%100) karıştırılıp, saksılara yerleştirilmiş ve 4 farklı bakteri (*Pantoe agglomerans*, *Pseudomonas putida*, *Basillus subtilis* ve *Arthrobacter agilis*) ile aşılansmış buğday ve



mısır tohumları kontrolle birlikte saksılara ekilmiş ve çimlenmeyi izleyen 40 günlük bir sürede bitki gelişimini değerlendirmek amacıyla deneme 3 tekrarlamalı olarak (2x3x5x5x3=450 saksı) tam şansa bağlı tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür.

Deneme de kullanılan materyaller (pomza, perlit ve toprak) 120°C'de 10 dakika, 130°C'de 30 dakika olmak üzere otoklavda sterilize edilmiştir. Denemede 19x17 cm ölçülerinde polietilen siyah saksılar kullanılmıştır. Saksılar, alkolle sterile edildikten sonra hacimsel karışım oranlarına göre materyallerden hazırlanan ortamlar saksılara yerleştirilmiştir.

Araştırmada, hazırlanan ortamlara bakteri ile aşılansmış ve aşılansmamış buğday ve mısır tohumlarının ekimi yapılarak tarla kapasitesinde çimlenmeye bırakılmıştır. Çıkıştan 40 gün sonra denemeye son verilmiştir.

Buğday ve mısır bitkileri denemenin sonunda toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Kök kısımları, saksılardaki materyalin su ile gevşetilmesi sonrasında saksılardan alınmış, ince bir elek içerisine konularak musluk suyunda yıkanmıştır. Hasattan sonra hem kök hemde gövde kısımları ayrı ayrı 3 kez saf su ile yıkandıktan sonra önceden numaralandırılmış temiz kese kağıtlarına konularak 65°C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutma fırınında kurutulmuştur. Kurutulan bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen bitki örnekleri mikserde öğütüldükten sonra polietilen torbalarda muhafaza edilmiş ve azot, fosfor ve potasyum içerikleri tayin edilmiştir.

### **3.2.1.a. Saksı denemesinde kullanılan bitki tohumlarının bakteri ile aşılansması**

Saksı denemesinde kullanılan bitkilerin tohumları hazırlanan aşılama materyali ile aşılansmıştır. Aşılama materyalinin hazırlansmasında, -80°C'de, %30 gliserol ve sıvı besiyeri (*Lauryl Broth*) içerisinde muhafaza edilen bakteriler nutrient agar katı besi ortamına çizgi ekim yapılarak 27°C'ye ayarlı inkübatörde 48 saat inkübe edilmiştir.

İnkübasyondan sonra gelişen her bir bakteriden bir öze dolusu alınarak 100 ml nutrient broth içeren erlenlere aktararak bakteri ile kontamine edilen sıvı besi yerleri, bakterilerin aerobik gelişimi için 27°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 91 rpm'de 24 saat inkübe edilmiştir. Hazırlanan bakteriyel süspansiyonlar steril saf su ile seyreltilmiş ve spektrofotometrik ölçümle son konsantrasyon 10<sup>8</sup>CFU ml<sup>-1</sup>'ye ayarlanmıştır. İnokuluma bakterilerin tohum yüzeyine bağlanmasını kolaylaştırmak için %0,2 sukroz ilave edilmiştir.

Yüzeysel dezenfeksiyonu yapılmış tohumlar steril cam kavanozlara bırakılarak üzerlerini örtecek şekilde bakteriyel inokulumla kaplanmıştır. Bakteriyel süspansiyonla muamele edilen tohumlar 27°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 75 rpm'de 2 saat karıştırıldıktan sonra süzölmüş ve kurutma kağıtlarının üzerine sarılarak kurutulmuştur.

### **3.2.2. Ortamların kütle yoğunluğu ve kuruma eğrileri**

Kuruma oranı testinde pomza, perlit ve torf, toprakla hacimsel olarak 5 farklı karışım oranına göre (Materyal: Toprak; %100:0, %75:%25, %50:%50, %25:%75 ve 0:%100) karıştırılıp, prinç silindirlere yerleştirilmiş ve deneme 3 tekrarlamalı olarak (3x5x3= 45 silindir) yürütülmüştür.

Örnekler, 100 cm<sup>3</sup> hacminde (yüksekliği 5 cm ve iç çapı 5 cm) ve tabanı kaba gözenekli bir materyalle kapatılmış olan prinç silindirler içerisine yerleştirilmiştir. Örneklerin silindir içinde yerleşmesinin sağlanması amacı ile silindir istifleme mesnedi üzerinde 2 cm yükseklikten 20 kez serbest düşürülmüştür. Bu işlemden sonra örnek yüzeyi, silindir üst seviyesine göre tesfiye edilmiş ve tartılmıştır. Örnek silindirleri bir çelik küvet içerisine alınarak, küvete su uygulanmış ve örneklerin 24 saat süre ile doygunluğa ulaşmaya kadar ıslanmaları sağlanmıştır. Doygunluk durumu sağlandıktan sonra örnekler küvetin içinden alınmış ve suyun drene olmasına izin verilmeksizin hemen tartılmıştır. Tartımdan sonra bir gece laboratuvar koşullarında drene olmaya bırakılan örnekler, daha sonra sıcaklığı 50°C'a ayarlı olan kurutma fırınına alınmış ve birer gün aralıklarla tartılarak sabit ağırlığa ulaşılincaya kadar fırında bekletilmiştir. Doygun

durumdan, örneklerin fırına yerleştirilmesinden itibaren geçen 150 saatlik süredeki 25 saatlik zaman dilimlerinde uzaklaşan nem miktarlarından ağırlık esasına göre nem içeriği değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler esas alınarak, kuru durumdaki kütle yoğunluğu değerinden faydalanılarak hacim esasından nem içeriği değerleri hesaplanmış ve zaman-nem içeriği eğrileri (kuruma eğrisi) hazırlanmıştır (Canbolat, 1999). Aynı örnekler üzerinde 25 saatlik zaman dilimlerinde belirlenen doymun, nemli ve kuru durumdaki silindir muhteviyatı, silindirin iç hacmine oranlanarak zamana bağılı değışen doğıal ve kuru kütle yoğunluğu değıerleri hesaplanmış ve zaman-kütle yoğunluğu eğrileri hazırlanmıştır.

### **3.2.3. Hidrolik iletkenlik**

Kuruma oranı testinde pomza, perlit ve torf, toprakla hacimsel olarak 5 farklı karışım oranına göre (Materyal: Toprak; %100:0, %75:%25, %50:%50, %25:%75 ve 0:%100) karıştırılıp, prinç silindirlere yerleştirilmiş ve deneme 3 tekrarlamalı olarak (3x5x3= 45 silindir) yürütülmüştür.

Silindirlere yerleştirilen örnekler doymun duruma gelene kadar 24 saat süre ile çeşme suyu ile doyurulmuştur. Doymun koşullarda hidrolik iletkenlik değıerini belirlemek amacıyla hazırlanan örnekler üzerinde sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile hidrolik iletkenlik tayini yapılmıştır (Demiralay 1993).

### **3.2.4. Tekstür**

Toprak örneklerinin tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemi ile tayin edilmiştir. (Demiralay 1993).

### **3.2.5. Kütle yoğunluğu**

Toprak örneğinin kütle yoğunluğu, kesek yöntemi ile belirlenmiştir (Demiralay 1993).

### **3.2.6. Agregat stabilitesi**

Toprak agregat stabilitesi değeri 1-2 mm agregat fraksiyonunda, 12,7 mm darbe uzunluğu ve 42 dev/dak darbe frekansı ile “Yoder” tipi ıslak eleme aleti kullanılarak ıslak eleme yöntemi ile tayin edilmiştir (Kemper and Rosenau, 1986).

### **3.2.7. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası**

Tarla kapasitesi (1/3 atm nem yüzdesi) ve devamlı solma noktası, (15 atm nem yüzdesi) basınçlı tabla yöntemi ile belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

### **3.2.8. Toprak Reaksiyonu (pH)**

Pomza, perlit ve torf materyalleri ile toprağın reaksiyonu 1:2,5 oranında hazırlanan süspansiyonlarda potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH metre ile saptanmıştır (Mc Lean 1982).

### **3.2.9. Toprak organik madde içeriği ve toplam azot**

Toprak organik madde içeriği, Smith- Weldon yöntemiyle tayin edilen organik karbon içeriğinin 1,724 katsayısı ile çarpılmasından hesaplanmıştır (Nelson and Sommers 1982). Toprak örneğinin toplam azot içeriği organik maddenin %20’si alınarak hesaplanmıştır.

### **3.2.10. Kireç**

Toprak örneğinin kireç içeriği, (mineral CO<sub>2</sub>) Scheibler kalsimetresi ile tayin edilmiş, elde edilen mineral CO<sub>2</sub> sonuçlarından da kireç (CaCO<sub>3</sub>) kalsiyum karbonat eşdeğeri olarak volümetrik metotla saptanmıştır (Nelson 1982).

### **3.2.11. Katyon değişim kapasitesi**

Toprak örneğinin katyon değişim kapasitesi (KDK), örneğin sodyum asetatla (1N, pH 8,2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1N, pH 7,0) muamelesi sonucu ekstrakte edilen sodyumun ICP OES spektrofometresi( Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile belirlenmiştir (Rhoades 1982).

### **3.2.12. Elektriksel iletkenlik**

Toprak örneğinden hazırlanan saturasyon macunu ekstraktraktında elektriksel iletkenlik değerleri mmhos  $\text{cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Richards 1954).

### **3.2.13. Bitkide toplam azot analizi**

Bitki örneklerinin azot içeriği salisilik sülfirik asit karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjheldahl yöntemiyle belirlenmiştir (AOAC 1990).

### **3.2.14. Bitkide toplam fosfor ve potasyum tayini**

Besin element içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C'de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180°C'de %90 mikrodalga gücünde 10 dakika ve 3. adım 100°C'de %40 mikrodalga gücünde 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrodalga yaş yakma ünitesine tabi tutulduktan (Mertens, 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde belirlenmiştir (Mertens 2005b).

### **3.2.15. Toplam bakteri sayısı**

Toprakların toplam bakteri sayısı Dilüsyon-Plak metoduyla yapılmış ve sonuçlar kuru toprak ağırlığı üzerinden hesaplanmıştır (Clark 1965; Wollum 1982).

### **3.2.16. İstatistiksel yöntem**

Faktöriyel deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülen araştırma sonuçları üzerine SPSS 13 paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi (%5) yapılmıştır (Dowdy and Wearden 1983).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Kütle Yoğunluğu

Pomza, perlit ve torf materyallerinin toprakla farklı oranlarında karıştırılması ile hazırlanan ortamların doygun duruma getirildikten sonra 50°C sıcaklıktaki 150 saatlik bir kuruma sürecinde, doygun durumdan 150. saatin sonuna kadar 25 saatlik zaman dilimlerinde toplam ağırlığa göre belirlenen doğal durumdaki kütle yoğunluğu değerleri ile kuruma sürecinin son 25 saatlik dilimindeki 105°C sıcaklık koşulunda kuru ağırlığa göre belirlenen kuru durumdaki kütle yoğunluğu değerleri üzerinde yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de, ortalama kütle yoğunluğu değerleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki ortalama kütle yoğunluğu değerleri

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Zaman (Z)	7	18,19	2,598	2477,3**
Ortam (O)	2	2,07	1,034	986,1**
Karışım Oranı (KO)	4	31,88	7,971	7598,8**
ZxO	14	0,36	0,026	24,4**
ZxKO	28	0,21	0,008	7,2**
OxKO	8	1,01	0,126	120,0**
ZxOxKO	56	0,43	0,008	7,3**
Hata	240	0,25	0,001	

\*\* : p < 0,01

Varyans analiz sonuçlarına göre, kuruma sürecindeki zaman, ortam ve karışım oranları, kütle yoğunluğu değerlerini önemli seviyede etkilemiştir.

**Çizelge 4.2.** Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki ortalama kütle yoğunluğu değerleri

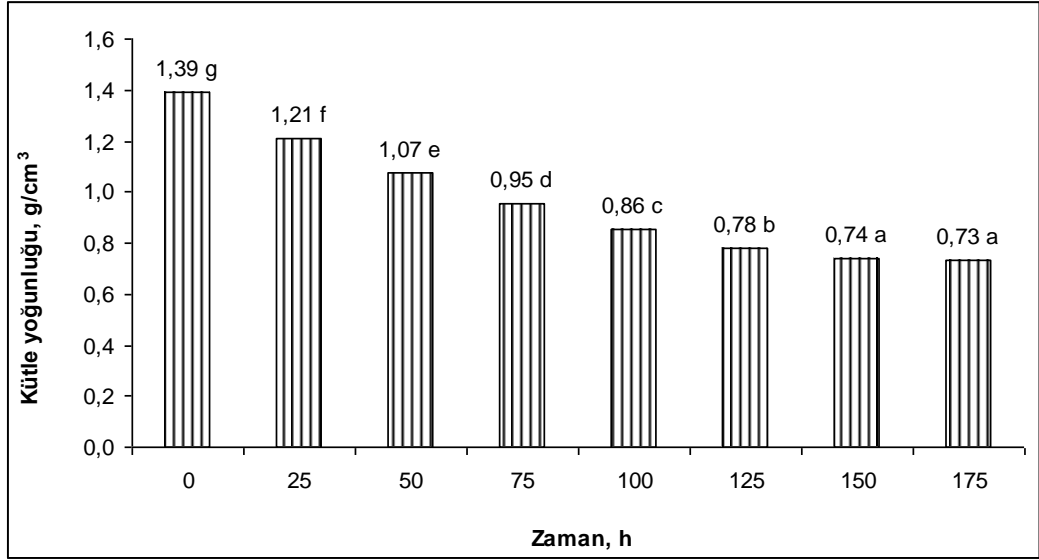
Ortam	Karışım oranı, %	Zaman, h							
		0	25	50	75	100	125	150	*175
Pomza:Toprak	100:0	1,06	0,81	0,68	0,61	0,57	0,55	0,55	0,55
	75: 25	1,27	1,08	0,98	0,87	0,78	0,71	0,70	0,70
	50: 50	1,42	1,24	1,16	1,07	0,96	0,86	0,82	0,81
	25: 75	1,62	1,48	1,39	1,29	1,19	1,07	1,01	0,99
	0:100	1,79	1,59	1,39	1,26	1,21	1,19	1,17	1,15
Perlit:Toprak	100:0	0,75	0,56	0,43	0,31	0,22	0,15	0,14	0,14
	75: 25	1,06	0,85	0,68	0,54	0,47	0,43	0,43	0,42
	50: 50	1,29	1,13	0,98	0,86	0,77	0,69	0,67	0,66
	25: 75	1,54	1,39	1,27	1,14	1,04	0,95	0,91	0,90
	0:100	1,79	1,59	1,39	1,26	1,21	1,19	1,17	1,15
Torf:Toprak	100:0	0,91	0,82	0,74	0,62	0,48	0,29	0,15	0,14
	75: 25	1,30	1,16	1,07	0,94	0,77	0,59	0,50	0,49
	50: 50	1,53	1,37	1,24	1,09	0,92	0,79	0,75	0,74
	25: 75	1,71	1,52	1,32	1,16	1,07	1,02	1,00	0,99
	0:100	1,79	1,59	1,39	1,26	1,21	1,19	1,17	1,15

\*:Kuru durumda kütle yoğunluğu değerleri kuru ağırlık esasına göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2'den görüleceği gibi, ortamların karışım oranlarına göre kuruma süreci başlangıcında doğal durumdaki kütle yoğunluğu değerleri, pomza, perlit ve torfun %100 olduğu örnekler için sırasıyla 1,06, 0,75 ve 0,91 g/cm<sup>3</sup> olarak kaydedilmiştir.

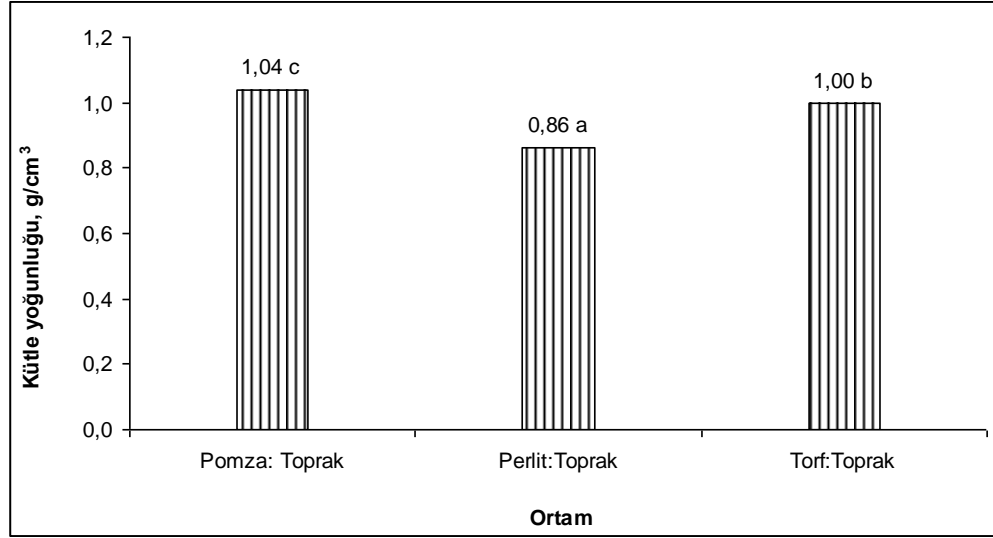
Toprağın %100 olduğu örnekte ise kuruma sürecinin başlangıcındaki doğal durumdaki kütle yoğunluğu 1,79 g/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Pomza, perlit ve torf materyallerine ilave edilen toprak miktarının artması, doğal durumdaki kütle yoğunluğunun artmasını sağlamıştır. Kuruma sürecinde zamana bağlı olarak izlenen doğal durumdaki kütle yoğunluğu değerleri ise beklenildiği gibi azalmıştır.





**Şekil 4.1.** Kuruma sürecinde ortalama kütle yoğunluğu değerlerinin zamana göre değişimi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

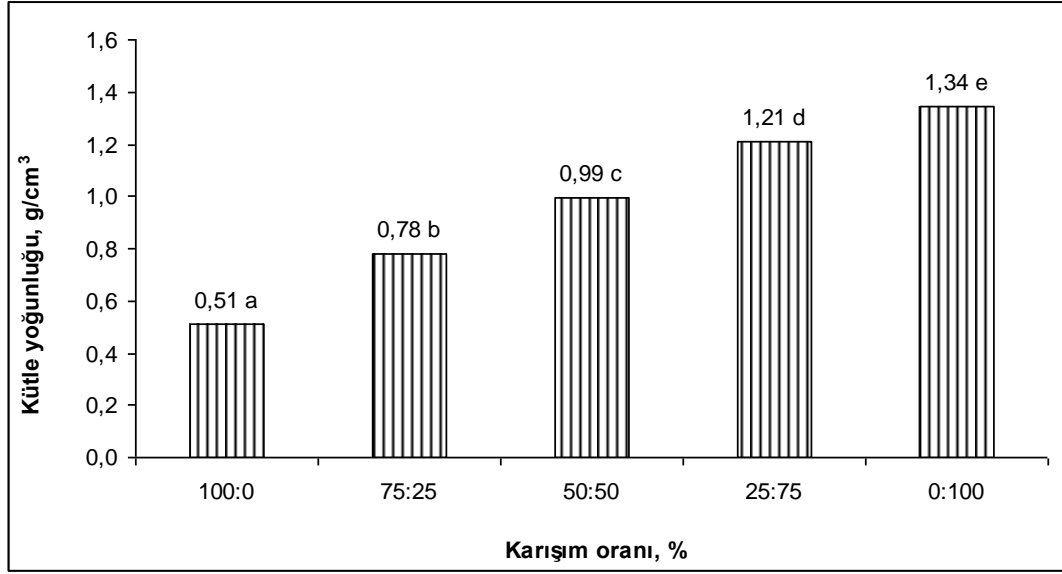
Kuruma sürecinde 25 saatlik zaman dilimlerinde ortalama kütle yoğunluğu değerleri, doymun durumdan 150. saate kadar geçen sürede birbirlerinden farklı bulunurken, 150. ve 175. saatler arasında fark bulunamamıştır (Şekil 4.1). Doymun durumdan ilk 25. saate kadar geçen sürede kütle yoğunluğunda azalan yönde ortaya çıkan değişimin yüzdesi %12,7 olup, 125. saate kadar sırasıyla %11,3, %11,4, %10 ve %9,3 olarak değişmiştir, ancak 125 ve 150 saatleri arasındaki değişim aralığı %4,5 olmuştur.



**Şekil 4.2.** Kuruma sürecinde ortamların ortalama kütle yoğunluğu değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Toprakla pomza, perlit ve torf materyallerinin karışımlarına ait ortamların kütle yoğunluğu değerleri birbirinden farklı gruplar içerisinde yer almıştır. En yüksek kütle yoğunluğu değeri pomza toprak karışımında sahip olurken en düşük kütle yoğunluğu değeri perlit toprak karışımlarının olduğu grupta ortaya çıkmıştır (Şekil 4.2).

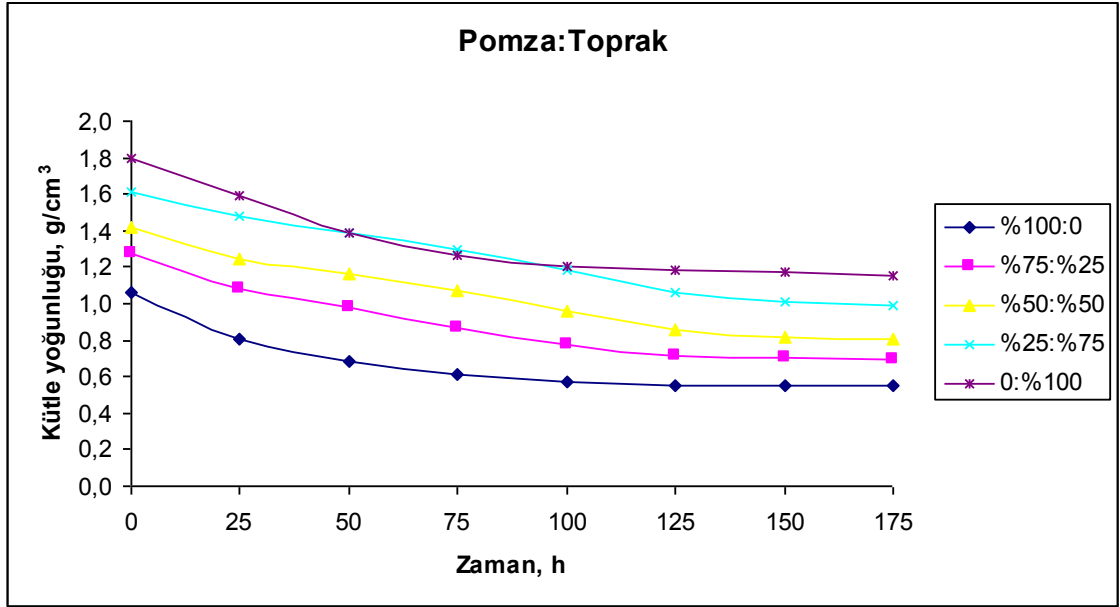
Şahin ve Anapalı (2006) toprağa pomza uygulamasının havalanmayı ve makroporoziteyi artırdığını, kütle yoğunluğunu azalttığını kaydetmişlerdir.



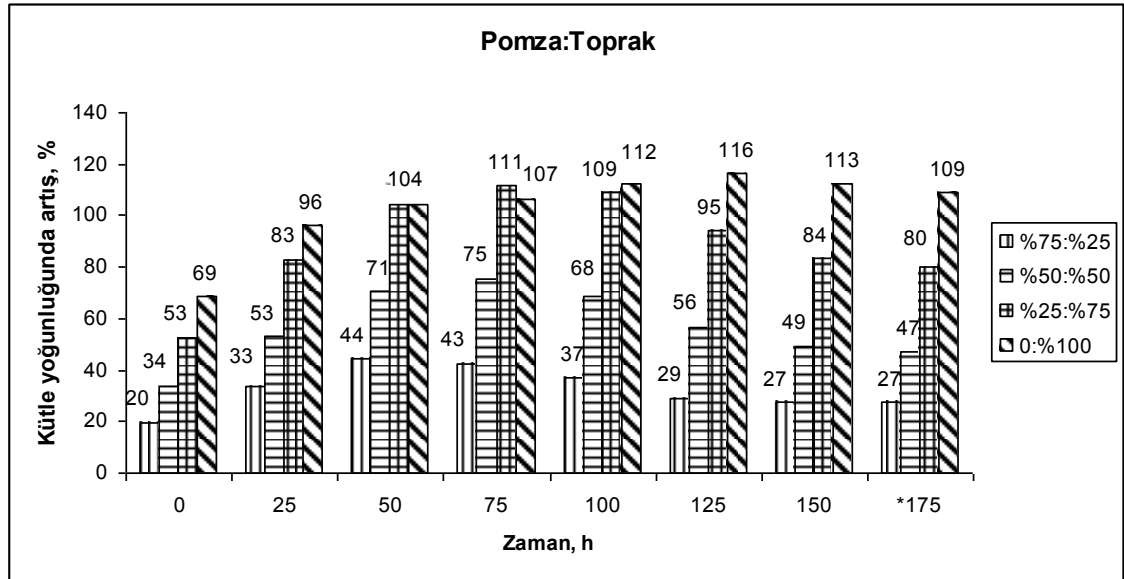
**Şekil 4.3.** Kuruma sürecinde karışım oranlarının ortalama kütle yoğunluğu değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Karışım oranlarına göre kütle yoğunluğu değerleri, denemede kullanılan pomza, perlit ve torf materyallerinin %100 olduğu örneklerde en düşük (0,51 g/cm<sup>3</sup>), toprak örneğinin %100 olduğu örneklerde ise en yüksek (1,34 g/cm<sup>3</sup>) değerleri ortaya koymuştur (Şekil 4.3).

Karışım oranında, toprak içeriğinin artması kütle yoğunluğu değerinin de artmasına neden olmuştur. Karışım oranının 0:%100 den %75:%25 değişmesinde kütle yoğunluğundaki artış %53,4 olurken, karışım oranının %75:%25'den %50:%50'ye değişmesinde %26,8; %50:%50'den %25:%75'e değişmesinde %21,6; %25:%75'den 0:%100'e değişmesinde de %11,3'lük bir artış kaydedilmiştir. Denemede kullanılan materyallere %25 oranında ilave edilen toprak örneği, kütle yoğunluğunda en fazla artışa neden olmuştur. Daha sonra yapılan ilavelerde bu artış yaklaşık %27 ile %22 arasında değişmiştir. Son iki karışım arasında kütle yoğunluğundaki artış %11'le en düşük değeri ortaya koymuştur.



**Şekil 4.4.a** Pomza: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan kütle yoğunluğu değerleri



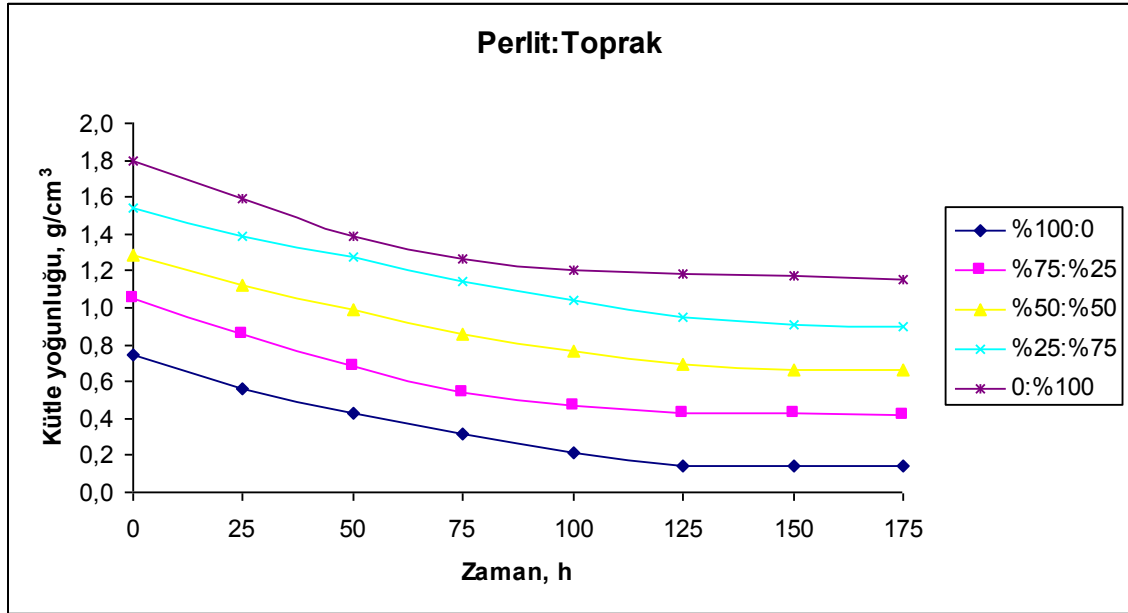
**Şekil 4.4.b** Pomza: Toprak ortamında 100:0 karışım oranı ile diğer karışım oranları arasında zamana göre kütle yoğunluğundaki değişim

Kuru durum için kaydedilen kütle yoğunluğu değerleri pomza, perlit ve torfun %100 olduğu örneklerde pomza için  $0,55 \text{ g/cm}^3$ , perlit ve torf için de,  $0,14 \text{ g/cm}^3$  olarak tespit edilmiştir. Pomzanın toprakla karışım oranları diğer iki materyalden daha yüksek kütle

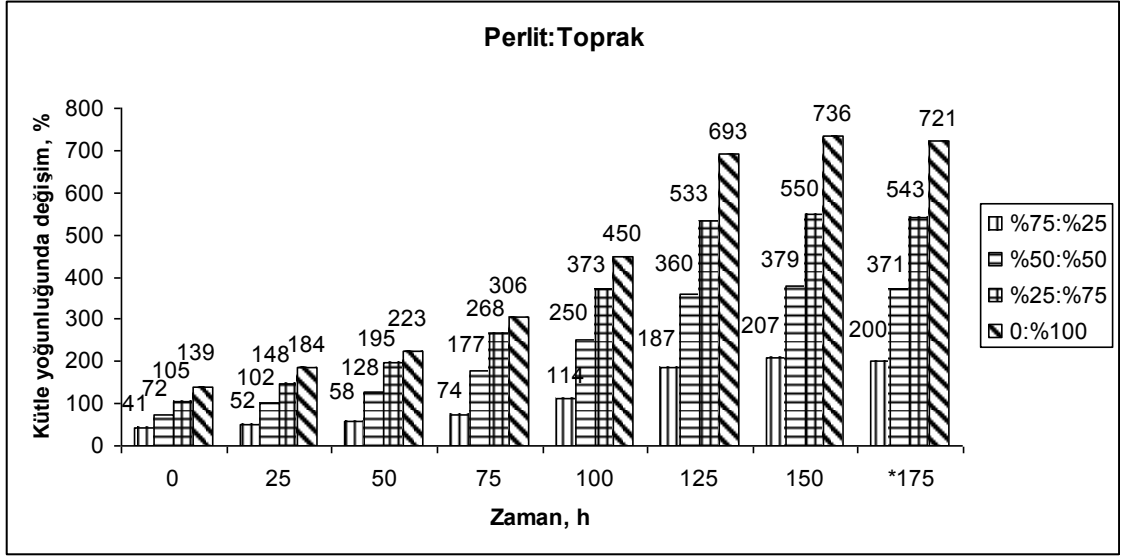
yoğunlu değerlerini ortaya koymuştur (Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6).

Karışım oranının %100:0 olduğu örneklerin doğal durumda kütle yoğunluğu değerleri ile karışım oranı %75:%25, %50:%50, %25:%75 ve 0:%100 olan örneklerin kütle yoğunluğu değerleri zamana bağlı olarak karşılaştırıldığında pomza:toprak ortamı için, karışımdaki toprak örneğinin artışına bağlı olarak sözkonusu değerin arttığı tespit edilmiştir. Söz konusu durum son iki karışım oranı için 50. saatte aynı, 75. saatte ise 25:75 karışım oranı için daha yüksek bulunmuştur.

Karışım oranı 75:25 olan örneklerin karışım oranı %100:0 olan örneklere göre doğal durumdaki kütle yoğunluğu değerindeki artışlar 50. saate kadar devam etmiş bu süreden sonra kütle yoğunluğundaki artışlarda azalma ortaya çıkmıştır. Söz konusu durum, 50:50 ve 25:75 karışım oranları için 75. saatte ortaya çıkarken, karışım oranı 0:100 olan toprak örneklerinde 125. saatte ortaya çıkmıştır (Şekil 4.4.b).

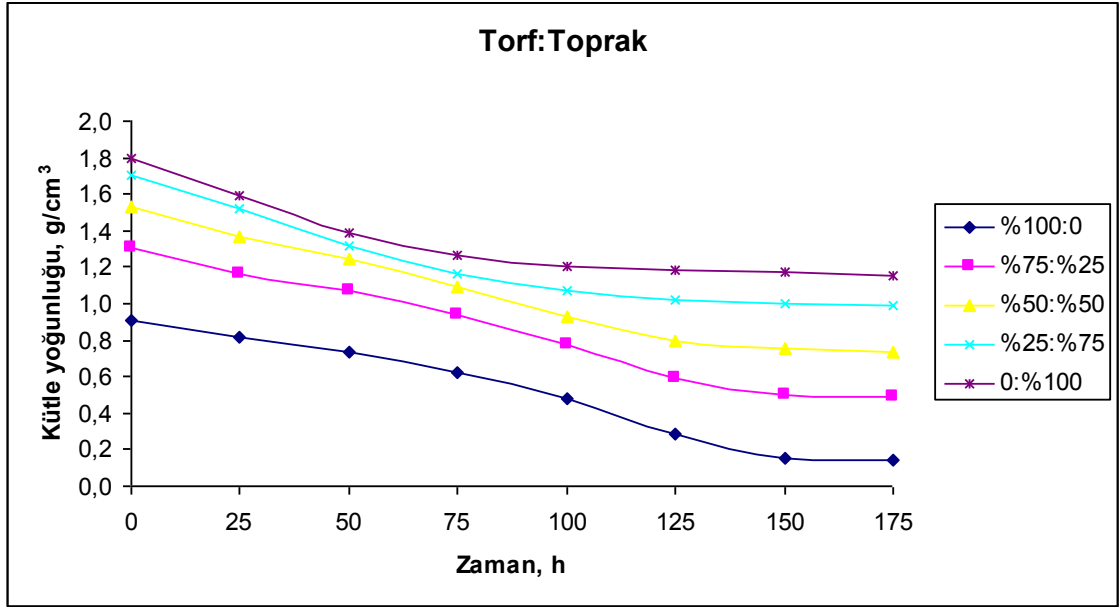


**Şekil 4.5.a** Perlit: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan kütle yoğunluğu değerleri

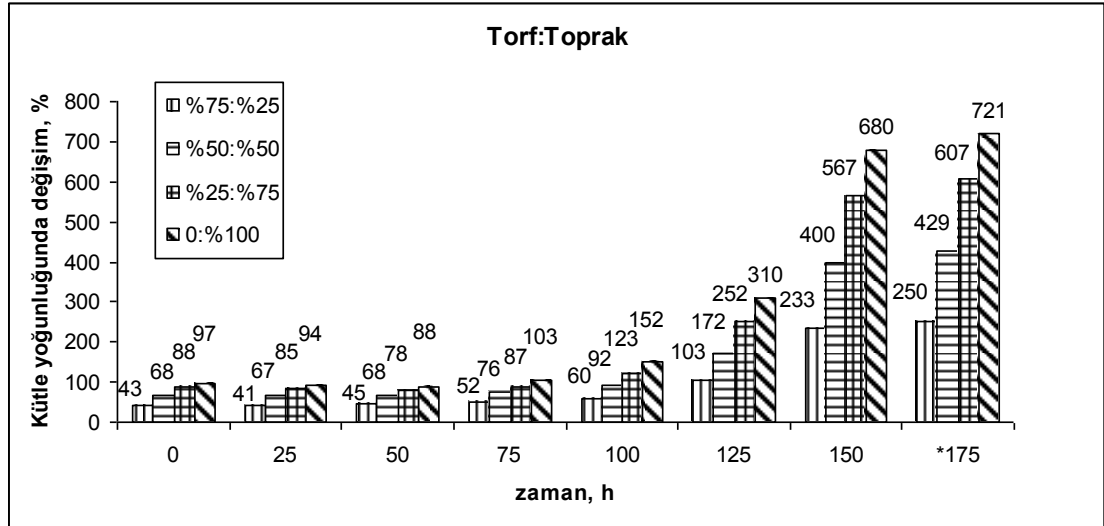


**Şekil 4.5.b** Perlit: Toprak ortamında %100:0 karışım oranı ile diğer karışım oranları arasında zamana göre kütle yoğunluğundaki değişim

Perlit:toprak ortamı için, karışımdaki toprak örneğinin artışına bağlı olarak kütle yoğunluğunun da arttığı kaydedilmiştir. Karışım oranı %100:0 olan örneklere göre karşılaştırılan diğer karışım oranlarına ait doğal durumdaki kütle yoğunluğu değerindeki artışlar 150. saate kadar devam etmiştir. bu süreden sonra kütle yoğunluğundaki artışlarda azalma ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5.b).



**Şekil 4.6.a.** Torf: Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan kütle yoğunluğu değerleri



**Şekil 4.6.b.** Torf: Toprak ortamında %100:0 karışım oranı ile diğer karışım oranları arasında zamana göre kütle yoğunluğundaki değişim

Torf:toprak ortamı için, karışım oranı %100:0 olan örneklerle karşılaştırılan diğer karışım oranlarına ait doğal durumdaki kütle yoğunluğu değerlerinde artışlar kaydedilmiştir (Şekil 4.6.b).

Kütle yoğunluğu, bitki yetiştirme ortamının önemli bir özelliği olup, yetiştirme ortamında bitkilerin stabiliteyelerinin sürdürülmesinde önemli bir faktördür. Çok düşük kütle yoğunluğuna sahip ortamlar stabiliteyi sağlayamama dezavantajından dolayı yetiştirilen bitkilerin devrilme riskini artırır. Bu nedenlerden dolayı materyaller için yaygın olarak kabul gören kütle yoğunluğu değeri  $0,4 \text{ g/cm}^3$  civarındadır (Shaaban, 1996). Organik ortamların özgül ağırlığı değeri  $1,45 \text{ g/cm}^3$  civarında olup (De Boodt *et al.* 1973) toplam boşluk oranı %72 civarındadır.

Araştırmada kullanılan toprak örneği killi tın tekstür sınıfında olup normal koşullarda bu sınıf topraklarda ideal kütle yoğunluğunun  $1,10 \text{ g/cm}^3$  civarında olması beklenmektedir. Deneme toprağı bu doğrultuda değerlendirildiğinde, kök gelişiminin olumsuz etkilendiğı değeri,  $1,49 \text{ g/cm}^3$  ve kısıtlandığı değerin de  $>1,58 \text{ g/cm}^3$  olduğu (Arshad *et al.* 1996) tarafından kaydedilmiştir. Buna göre, denemede kullanılan materyallerin ilavesi ile hem toprak sıkışmasının engellenmesi hem de bitki gelişiminin sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkün olacaktır.

#### **4.2. Ortam Nem Kaybı**

Pomza, perlit ve torf materyallerinin toprakla farklı oranlarda karıştırılması ile hazırlanan örneklerin doygun duruma getirildikten sonra  $50^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki 150 saatlik bir kuruma sürecinde, doygun durumdan 150. saatin sonuna kadar 25 saatlik zaman dilimlerinde hacimsel nem içeriğı değeri üzerinde yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'de, ortalama hacimsel nem içeriğı değeri Çizelge 4.4'de verilmiştir.



**Çizelge 4.3.** Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki hacimsel nem içeriği değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Zaman (Z)	6	153271,9	25545,3	5987,4**
Ortam (O)	2	8051,9	4026,0	943,6**
Karışım Oranı (KO)	4	2290,7	572,7	134,2**
ZxO	12	2574,2	214,5	50,3**
ZxKO	24	1819,8	75,8	17,8**
OxKO	8	8739,0	1092,4	256,0**
ZxOxKO	48	3205,4	66,8	15,6**
Hata	210	896,0	4,3	

\*\* : P<0.01

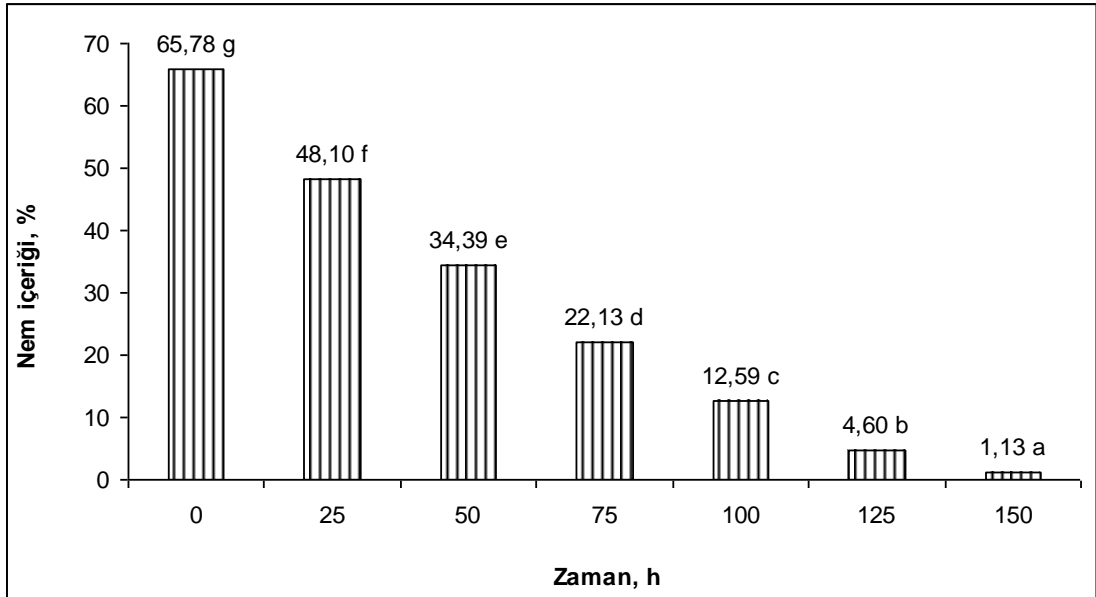
Varyans analiz sonuçlarına göre, kuruma sürecindeki zamanlar, materyaller ve ortamlar, hacimsel nem içeriği değerlerini önemli seviyede etkilemiştir. Kuruma sürecindeki nem içeriği değerleri bakımından materyallerin, karışım oranlarının, zamanın ve interaksiyonların önemli (P<0.01) olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.4.** Ortamların karışım oranlarına göre kuruma sürecindeki 25 saatlik zaman aralıklarındaki ortalama hacimsel nem içeriği (%) değerleri

Ortam	Karışım oranı, %	Zaman, h						
		0	25	50	75	100	125	150
Pomza:Toprak	100:0	51,01	25,95	13,29	6,41	1,87	0,14	0,07
	75:25	57,62	38,43	28,44	17,11	8,11	1,50	0,53
	50: 50	61,01	43,21	35,48	25,79	15,27	4,56	0,93
	25: 75	62,53	49,18	39,77	30,23	19,52	7,51	1,54
	0:100	64,13	43,75	23,46	10,86	5,58	3,48	1,73
Perlit: Toprak	100:0	61,12	42,20	29,47	17,41	7,81	0,78	0,33
	75:25	63,61	43,25	26,37	12,01	4,76	1,18	0,61
	50: 50	62,77	46,69	32,60	19,83	10,77	3,50	0,96
	25: 75	64,78	49,24	37,73	24,72	14,09	4,98	1,46
	0:100	64,13	43,75	23,46	10,86	5,58	3,48	1,73
Torf:Toprak	100:0	77,30	67,94	59,75	48,14	34,14	14,83	1,01
	75:25	81,50	67,49	58,87	45,04	28,78	10,34	1,26
	50: 50	79,18	63,10	50,64	35,69	18,68	5,53	1,44
	25: 75	71,87	53,56	33,15	17,09	8,30	3,67	1,66
	0:100	64,13	43,75	23,46	10,86	5,58	3,48	1,73

Çizelge 4.4'den görüleceği gibi, ortamların karışım oranlarına göre doygun durumdaki hacimsel nem içeriği pomza, perlit ve torfun %100 olduğu örneklerde sırasıyla %51,01, %61,12 ve %77,3 olarak kaydedilmiştir. Toprağın %100 olduğu örnekte ise kuruma sürecinin başlangıcındaki hacimsel nem içeriği değeri %64,13 olarak kaydedilmiştir.

Materyallerin toprak içerisindeki karışım oranlarının azalmasına bağlı olarak, perlit kuruma sürecinde nem içeriğindeki azalma ile ilişkili olarak diğer iki materyale göre en fazla etkilenen materyal olmuştur. Doygun durumda en yüksek nem içeriği değeri torf için kaydedilmiştir. Buna karşılık en küçük nem içeriği değeri ise pomza da saptanmıştır. Bu sonuca materyallerin sahip olduğu toplam porozite sebep olmuştur. Her üç materyalin toplam gözeneklilik içerisinde yer alan makro ve mikro gözeneklerinin dağılımından dolayı kuruma sürecindeki nem değişim seyri de farklı olmuştur.

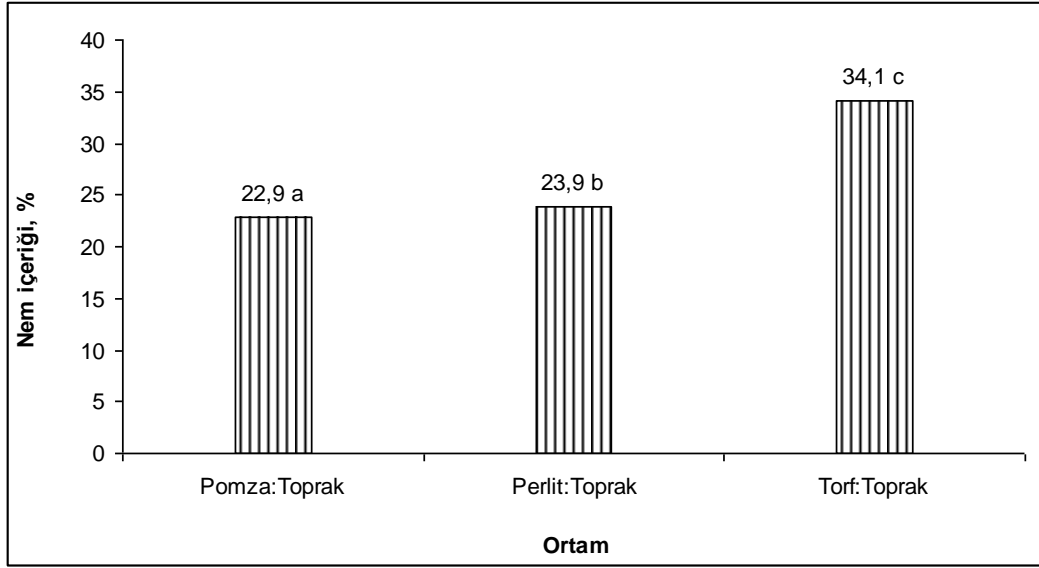


**Şekil 4.7.** Kuruma sürecinde ortalama hacimsel nem içeriği değerlerinin zamana göre değişimi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Kuruma sürecinde 25 saatlik zaman dilimlerinde ortalama hacimsel nem içeriği değerleri, doygun durumdan 150. saate kadar geçen sürede birbirlerinden farklı bulunmuştur (Şekil 4.7). Doygun durumdan ilk 25. saate kadar geçen sürede hacimsel nem içeriğinde azalan yönde ortaya çıkan değişimin yüzdesi %26,9 olup, 150. saate

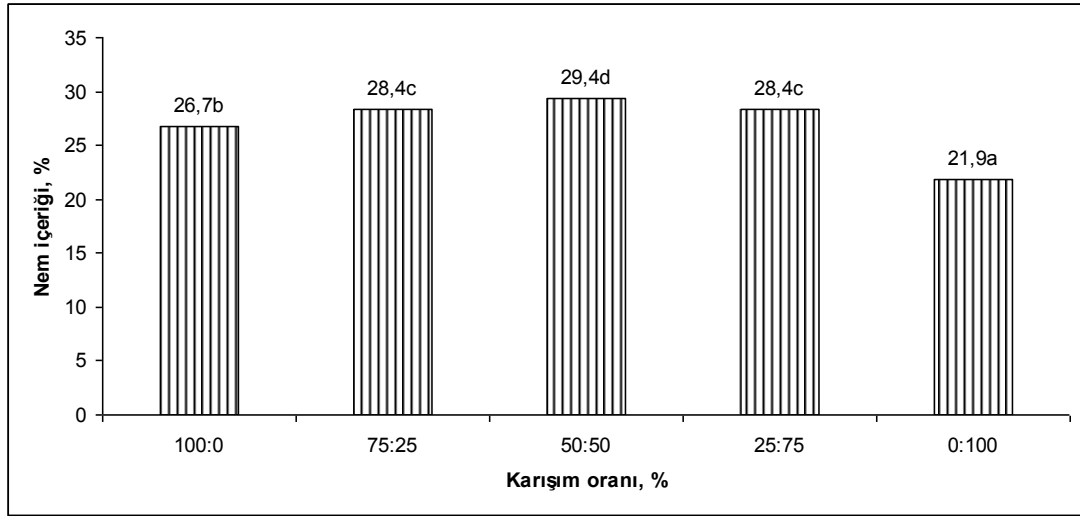
kadar sırasıyla %28,5, %35,6, %43,1, %63,5 ve %75,4 olarak gerçekleşmiştir.

Pomza, perlit ve torf materyallerinin toprakla karışımlarına ait ortamların hacimsel nem içeriği değerleri birbirinden farklı gruplar içerisinde yer almıştır. En yüksek hacimsel nem içeriği değeri (%34,1) torf toprak karışımında sahip olurken en düşük hacimsel nem içeriği değeri (%22,9) pomza toprak karışımlarının olduğu grupta ortaya çıkmıştır (Şekil 4.8).



**Şekil 4.8.** Kuruma sürecinde ortamların ortalama hacimsel nem içeriği değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Karışım oranlarına göre hacimsel nem içeriği değerleri, denemede kullanılan toprak örneğinin %100 olarak yer aldığı örneklerde en düşük (%21,9) olduğu bunu pomza, perlit ve torf materyalinin %100 olduğu örneklerin izlediği (%26,7) tespit edilmiştir. Karışım oranının %50:%50 olduğu örnekte en yüksek (%29,4) değerler kaydedilmiştir (Şekil 4.9).



**Şekil 4.9.** Kuruma sürecinde karışım oranlarının ortalama hacimsel nem içeriği değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

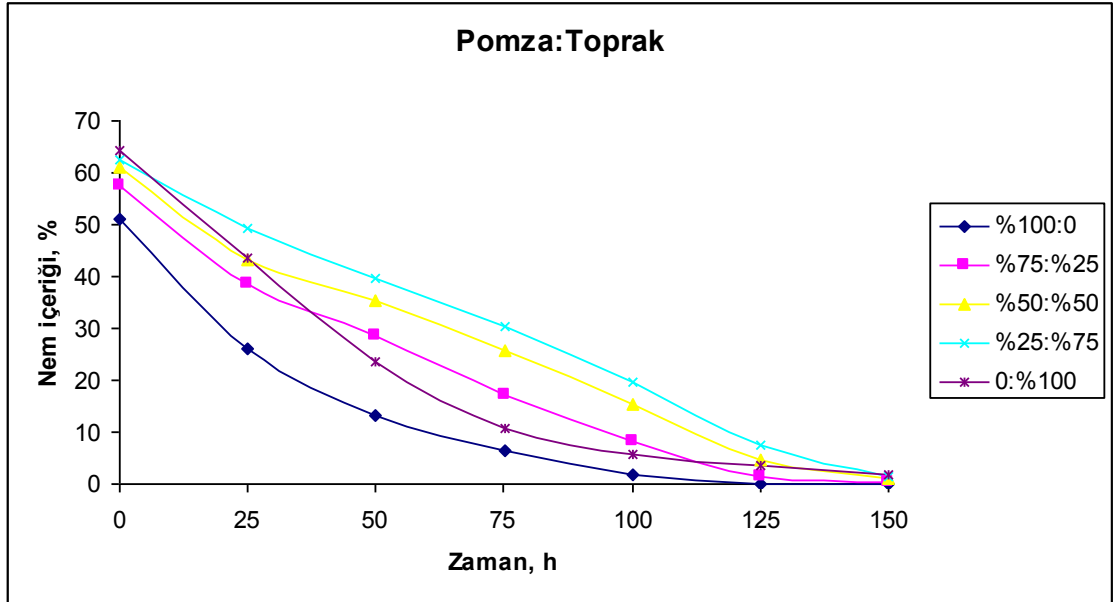
Karışım oranında, toprak içeriğinin artması %50:%50 oranına kadar hacimsel nem içeriği değerinde artışa neden olmuştur. Karışım oranının 0:%100 den %75:%25 değişmesinde hacimsel nem içeriğindeki artış %6,4 olurken, karışım oranının %75:%25'den %50:%50'ye değişmesinde %3,5 olmuştur. Ancak karışım oranının %50:%50'den %25:%75'e değişmesinde %3,4 ve %25:%75'den 0:%100'e değişmesinde de %23,1'lük bir azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.9).

Kuruma sürecinde geçen 150 saatlik süredeki 25 saatlik zaman dilimleri arasındaki nem kayıp oranları dikkate alındığında, pomzanın %100 seviyesi için 75. saate kadar nem içeriğindeki azalma yaklaşık %50 civarlarında gerçekleşirken bu süreden sonra 125. saate kadar geçen her 25 saatlik sürede sırası ile azalma oranı %70 ve %92,5 civarlarında olmuş, 125 ve 150. saatler arasında ise %50 olmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.10).

Oransal olarak nem içeriğindeki en fazla kayıplar 100. ile 125. saatler arasında gerçekleşmiştir. Ancak aynı durum, sadece toprak örneği içeren ortam için 50. ve 75. saatler arasında %53,7 olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum, mikro gözeneklerde gelişen nem tansiyonunun ortadan kalktığı süre aralığı olarak değerlendirilmiştir.

Toprağa pomza ilavesinin artmasına bağlı olarak düşük tansiyonlarda (0-0,98 kPa) nem içeriğinin de arttığını, yüksek tansiyonlarda (32,36-1471 kPa) ise karışım oranının artmasına rağmen nem içeriğinde bir azalma ortaya çıktığını kaydetmişlerdir (Şahin *et al.* 2005).

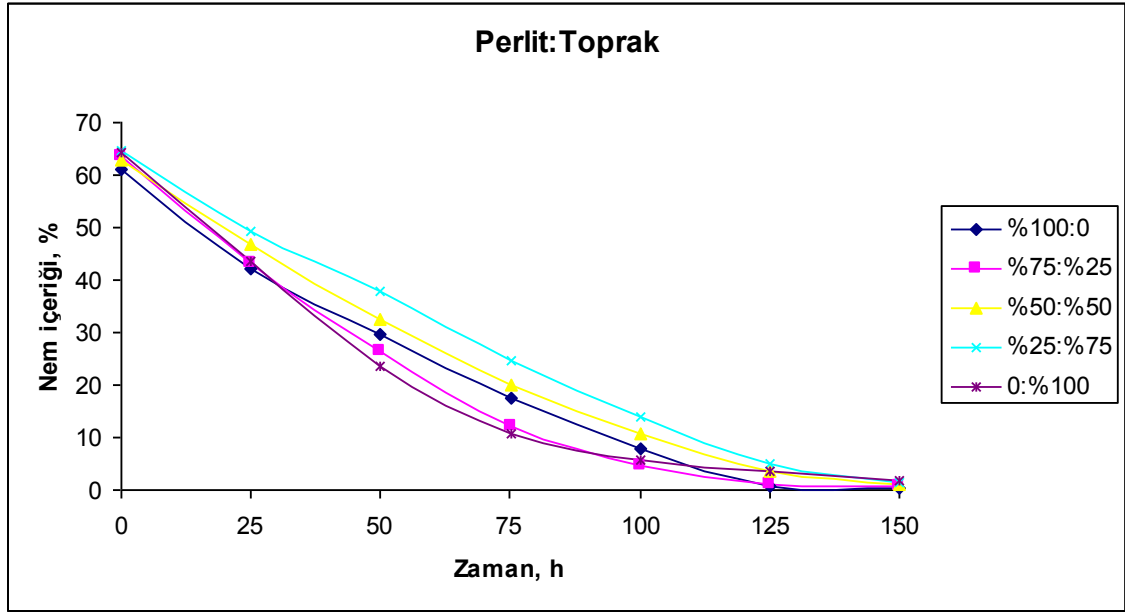
Bitki yetistirme ortamı olarak değerlendirilen pomza ortamı genel olarak yüksek bir hava kapasitesine sahip olup, kolay alınabilir su yüzdesi düşüktür (Özgümüs 1997).



**Şekil 4.10.** Pomza:Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak kaydedilen hacimsel nem içeriği değerleri

Perlitin yer aldığı ortamların zamana bağlı olarak değişen nem içerikleri değerlendirildiğinde, doyum durum için en yüksek nem içeriği değerleri perlitin %0 ve %25 seviyelerinin bulunduğu ortamlarda sırasıyla %64,13 ve %64,78 olarak ortaya çıkmış, bu değerleri perlitin %75 , %50 ve %100 olduğu ortamlar sırasıyla, %62,77, %63,61 ve %61,12 olarak kaydedilmiştir. Doyum durumdan itibaren serbest drenaja ve kurumaya bırakılan örneklerden perlitin %25 ve %50 olarak yer aldığı ortamlar en yüksek nem içeriği değerlerine sahip olmuştur. Bu değerleri perlitin %100 ve %75 olarak yer aldığı ortamlar izlemiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.11). Bu durum nem içeriğinin yaklaşık %5 seviyesine kadar düştüğü 115. saat civarlarına kadar sürmüştür. Ölçüm süreleri arasındaki

oransal nem kaybının maksimuma ulaştığı zaman aralığı, mikro gözeneklerde gelişen nem tansiyonunun ortadan kalktığı ve daha büyük gözeneklerden suyun boşalabildiği zaman aralığı olarak değerlendirilmiştir.



**Şekil 4.11.** Perlit:Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak kaydedilen hacimsel nem içeriği değerleri

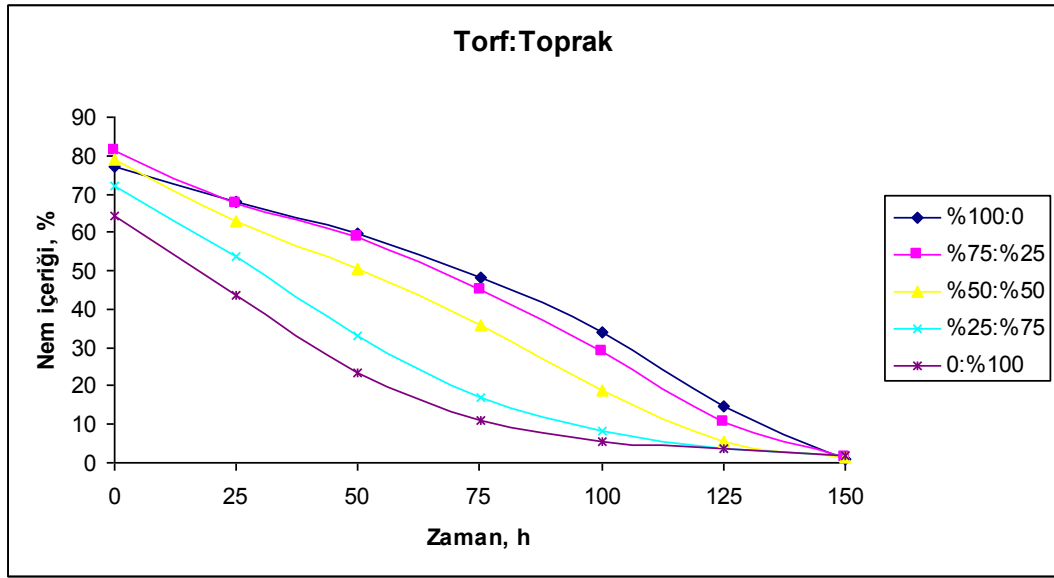
Bu süreçte, perlitin ortamın gözenek karakterini etkileyerek toprak nem içeriğinin artışı üzerine etkili olduğu bu etkiyi de perlitin %25 ile %50 seviyelerinde yer alacağı ortamlarda gösterebileceği ifade edilebilir. Perlit yüksek su depolama kapasitesine (%300 daha fazla su içeriği) sahiptir (Jamai *et al.* 2011). Perlitin kuvvetli bir kapillar çekimi olduğundan suyun girişi ve hareketi kolaydır. Ayrıca taneleri elektriksel yük taşımadığından su ve besin elementleri perlit parçacıkları tarafından çok düşük bir basınçla tutulur, bu durum bitki kökleri tarafından su ve besin elementlerinin rahatlıkla alınabilmesini sağlar (Munsuz vd 1982; Verdonck 1984).

Perlit ve perlitin tın bünyeli toprağa karıştırılmasıyla oluşturulan ortamların, toplam porozite ve gözenek dağılımları, perlit ortamı ile karşılaştırıldığında, havalanma ve drenajı sağlayan büyük gözeneklerde önemli bir değişikliğin olmadığı, suyun tutulabildiği küçük gözeneklerde ise karışım oranındaki toprak içeriğinin artmasına

bağlı olarak önemli bir artışın ortaya çıktığı vurgulanmıştır (Örs 2004).

Perlit-toprak karışımlarındaki perlit içeriğinin %90 ve %80 olması durumunda düşük tansiyonlarda (pF 0 ile pF 2,52) tutulan su miktarında önemli değişikliğin olmadığı, ancak perlitin %70, %60 ve %50 olarak yer aldığı karışımlarda ise tutulan su miktarında önemli artışların olduğu kaydedilmiştir (Örs 2004).

Torf materyalinin artan seviyelerine bağlı olarak nem içeriğinin arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.12). Bu duruma hem organik materyalin hemde ortamın gözenek karakterinin neden olduğu ifade edilebilir.



**Şekil 4.12.** Torf:Toprak ortamında farklı karışım oranları için kuruma sürecinde zamana bağlı olarak kaydedilen hacimsel nem içeriği değerleri

Torfun en önemli özelliklerinden biri, fazla miktarlarda su absorbe edebilmesi ve bu suyu yapısında tutabilmesidir. Az ayrıışmış lifli torflar kendi kuru ağırlıklarının 15-20 katı kadar su tutabilirler. Diğer taraftan bu tip torfların kuruduktan sonra bile su tutma kapasitelerinde çok fazla bir azalma olmaz. Fazla ayrıışmış torfların kendi kuru ağırlıklarının 4-8 katı kadar su tutabildiği ve bu tip torfların su tutma kapasitelerinin kuruduktan sonra %80'e varan bir oranda azaldığı ifade edilmiştir (Özgümüş 1985).

Organik topraklar kuruduğu zaman meydana gelen büzülme toprağın toplam porozitesini azaltır. Bu sürecin sonunda gözenek büyüklük dağılımı kapsamında geriye kalan gözeneklerin büyük bir kısmı küçülür ve ancak yüksek tansiyonlarda sadece suyun tutulmasını sağlayabilir. Organik topraklardaki gözenek büyüklük dağılımı dekompozisyon derecesi, kütle yoğunluğu, drene edilebilen gözenekler ve hidrolik iletkenlikle bir ilişki içerisinde dir (Verry *et al.* 2011).

Torf ortamında havalanmadan sorumlu geniŐ porların çok düşük içeriğinden dolayı yetiştirilen bitkiler için boğulma olayının yaŐanması söz konu olabilmektedir. Ayrıca torf ortamında elveriŐli suyun miktarı %18 civarlarındadır. Şahin *et al.* (2004) bitki gelişimi için ihtiyaç duyulan optimum koşullarda %20-30 elveriŐli suya ve %20'den az olmamak koŐulu ile hava içeriğine sahip olmasının önemini vurgulamışlardır. Farklı araştırmacılar tarafından da hava kapasitesinin %10'dan %20 (Bunt 1974) ve yarayışlı suyunda %20-30 aralığında olmasına dikkat çekilmiŐtir (De Boodt and De Waele 1968; De Boodt and Verdonck 1972).

Yapılan çalışmalarda toprak sıkışmasının gözenek boyutlarının küçülmesi, makro gözenek sayısının azalmasına bağlı olarak bitki kök gelişiminin ve toprak havasının olumsuz yönde etkileneceğini ve dolayısı ile mikrobiyal aktivitenin olumsuz yönde etkileneceğini belirtmiŐlerdir (Busscher 1990; Gupta and Raper 1994; Okursoy 2000;).

### **4.3. Hidrolik İletkenlik**

Pomza, perlit ve torfun, farklı oranlarda toprağa karıştırılması ile hazırlanan ortamların hidrolik iletkenlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları izelge 4.5'de, ve ortalama hidrolik iletkenlik değerleri izelge 4.6'da verilmiştir.



**Çizelge 4.5.** Ortamların karışım oranlarına göre hidrolik iletkenlik değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

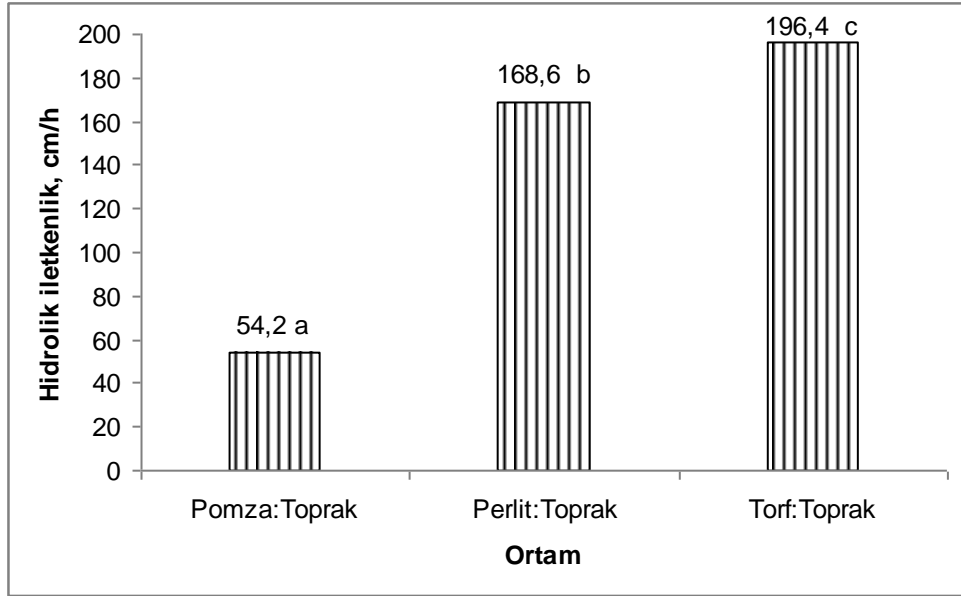
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Ortam (O)	2	227005	113502	540,4**
Karışım Oranı (KO)	4	1454220	363555	1730,9**
O×KO	8	352340	44043	209,7**
Hata	45	9452	210	
Toplam	59	2043017		

\*\* :  $p < 0,01$

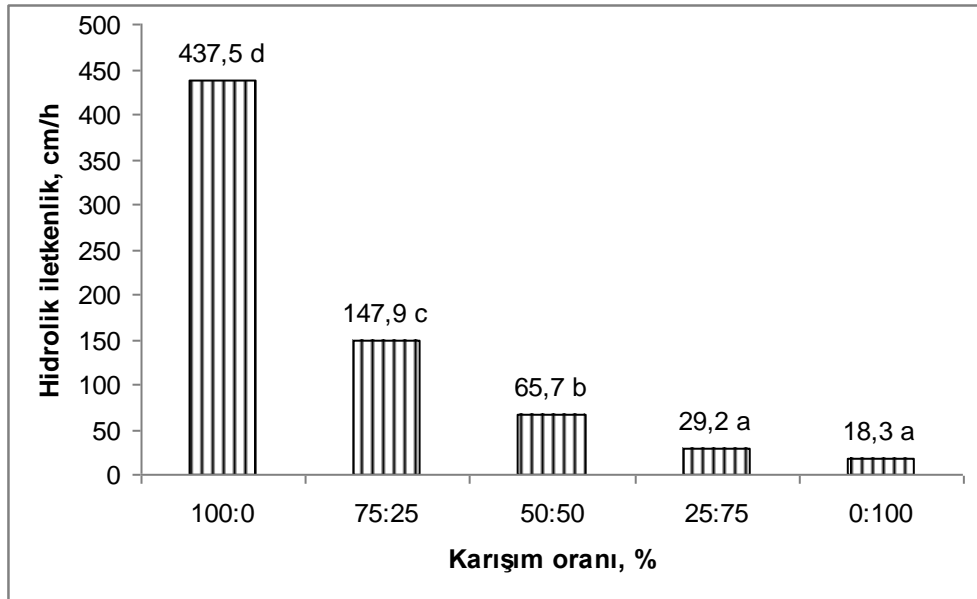
Varyans analiz sonuçlarına göre, hazırlanan ortamların hidrolik iletkenlik değerlerini pomza, perlit ve torf hem materyal hem de uygulama oranları olarak önemli seviyede etkilemiştir.

**Çizelge 4.6.** Ortamların karışım oranlarına göre ortalama hidrolik iletkenlik (cm/h) değerleri

Ortam	Karışım oranı, %				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
<b>Pomza:Toprak</b>	154,5	45,3	29,0	23,9	18,3
<b>Perlit:Toprak</b>	521,2	145,6	77,2	25,0	18,3
<b>Torf:Toprak</b>	636,8	171,4	90,8	38,4	18,3



**Şekil 4.13.** Ortamların hidrolik iletkenlik değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.14.** Karışım oranlarına göre örneklerin hidrolik iletkenlik değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, pomza, perlit ve torf'un hidrolik iletkenlik üzerine oluşturduğu etki bakımından materyallerin ve uygulama oranlarının birbirinden farklı ( $p<0,05$ ) olduğu saptanmıştır.

Hidrolik iletkenlik değeri için pomzada en düşük torfta ise en yüksek ortalama değerler hesaplanmıştır. Ortalamalar arası fark önemli bulunmuştur. Uygulama oranları bakımından da ortalamalar arası farkın önemli olduğu kaydedilmiştir.

Çizelge 4.6'dan görüleceği gibi, materyal toprak karışımlarında materyallerin artan uygulama oranları ortamın hidrolik iletkenlik değeri üzerinde artırıcı bir etki göstermiştir. Toprağa göre diğer ortamların hidrolik iletkenlik değerleri materyalin uygulama seviyesine (%100; %75; %50 ve %25) göre sırasıyla pomza için, %744,4; %147,8; %58,6 ve %31, perlit için %2748,2; %695,4; %322,3 ve %36,9, torf için %3379,8; %836,8; %396,5 ve %110 daha fazla olmuştur.

El-Hady *et al.* (2006), tarafından yapılan bir çalışmada; kompost ve perlit gibi organik ve inorganik iki materyalin farklı karışımlarının içeriğinde artan perlit içeriği, hidrolik iletkenlik değerleri ile birlikte, toplam porozite, yarayışlı su içeriği ve havalanma gözeneklerinin artmasında etkili olmuştur.

Bu çalışmada kullanılan materyallerin toprakla karışımlarından hazırlanan ortamların doygun hidrolik iletkenlik ve kütle yoğunluğu değerlerinin, materyaller uygulama oranlarına bağlı olarak düşük kütle yoğunluğu ve yüksek doygun hidrolik iletkenlik değerleri ortaya koydukları kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Londra (2010) sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

#### **4.4. Kök ve Gövde Kuru Ağırlığı**

Pomza, perlit ve torfun, farklı oranlarda toprağa karıştırılması ile hazırlanan ortamlarda bakteri ile aşılanmış buğday ve mısır tohumlarının yetiştirilmesi ile elde edilen bitkilere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7'de, kök ve gövde kuru ağırlığına ait ortalama değerler Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da verilmiştir.

**Çizelge 4.7.** Kök ve gövde kuru ağırlık değerleri üzerinde yapılan varyans analizine ait F değerleri

Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi.	Gövde kuru ağırlığı	Kök kuru ağırlığı
<b>Bitki (B)</b>	1	694,41**	552,91**
<b>Ortam (O)</b>	2	8,72**	3,59*
<b>Karşım Oranı (KO)</b>	4	274,58**	118,48**
<b>Bakteri (Bkt.)</b>	4	12,51**	10,32**
<b>B x O</b>	2	3,45*	1,39 <sup>NS</sup>
<b>B x KO</b>	4	103,49**	62,61**
<b>O x KO</b>	8	4,64**9	1,69 <sup>NS</sup>
<b>B x Bkt.</b>	4	8,60**	6,59**
<b>O x Bkt.</b>	8	3,89**	1,35 <sup>NS</sup>
<b>KO x Bkt</b>	16	6,21**8	4,259**
<b>B x O x KO</b>	8	2,97**	1,132 <sup>NS</sup>
<b>B x O x Bkt</b>	8	2,64**	1,052 <sup>NS</sup>
<b>B x KO x Bkt</b>	16	2,63**	2,769**
<b>O x KO x Bkt</b>	32	3,70**	1,229 <sup>NS</sup>
<b>B x O x KO x Bkt</b>	32	1,55*	0,658 <sup>NS</sup>
<b>Hata</b>	300		

\*\* : P<0.01

**Çizelge 4.8.** Deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ortalama değerleri

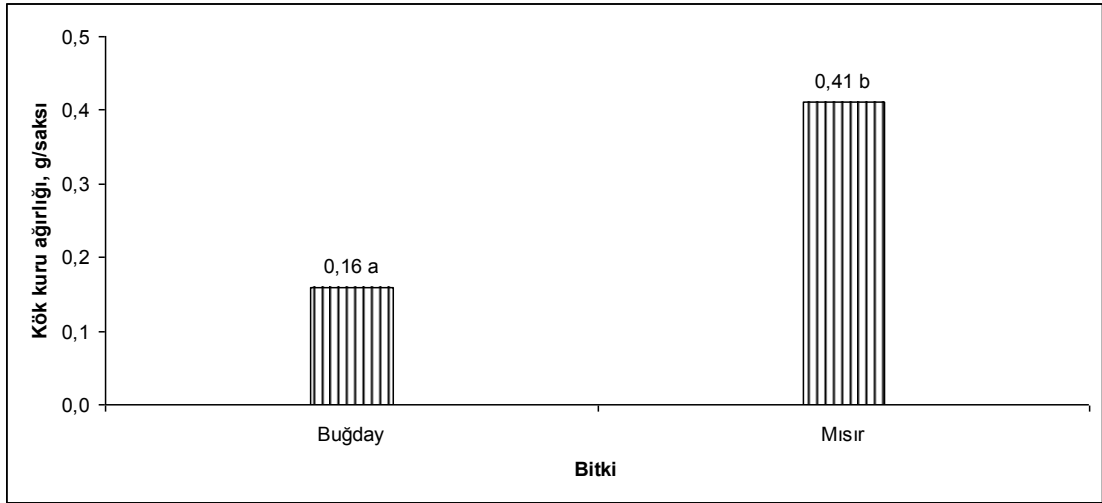
Ortam	Karışım oranı, %	Buğday					Mısır				
		<i>A. agilis</i>	<i>P. aglomerans</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol	<i>A. agilis</i>	<i>P. aglomerans</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol
Pomza: Toprak	<b>100:0</b>	0,12	0,10	0,13	0,17	0,15	0,17	0,28	0,28	0,36	0,21
	<b>75:25</b>	0,13	0,10	0,20	0,18	0,20	0,45	0,27	0,28	0,17	0,19
	<b>50:50</b>	0,14	0,14	0,16	0,16	0,13	0,24	0,43	0,43	0,19	0,28
	<b>25:75</b>	0,18	0,21	0,21	0,22	0,26	0,55	0,70	0,71	0,74	0,48
	<b>0:100</b>	0,19	0,19	0,22	0,21	0,16	0,66	0,64	1,01	0,68	0,55
Perlit: Toprak	<b>100:0</b>	0,10	0,08	0,11	0,08	0,09	0,19	0,18	0,15	0,18	0,33
	<b>75:25</b>	0,09	0,11	0,06	0,13	0,13	0,32	0,25	0,17	0,15	0,13
	<b>50:50</b>	0,33	0,13	0,13	0,19	0,16	0,66	0,48	0,31	0,13	0,21
	<b>25:75</b>	0,12	0,23	0,26	0,23	0,10	0,70	0,71	0,72	0,61	0,20
	<b>0:100</b>	0,19	0,19	0,22	0,21	0,16	0,66	0,64	1,01	0,68	0,55
Torf: Toprak	<b>100:0</b>	0,13	0,12	0,10	0,14	0,11	0,13	0,09	0,07	0,11	0,09
	<b>75:25</b>	0,10	0,12	0,15	0,12	0,11	0,29	0,27	0,25	0,23	0,15
	<b>50:50</b>	0,17	0,21	0,14	0,12	0,08	0,37	0,36	0,36	0,40	0,24
	<b>25:75</b>	0,23	0,19	0,23	0,20	0,14	0,56	0,50	0,54	0,60	0,41
	<b>0:100</b>	0,19	0,19	0,22	0,21	0,16	0,66	0,64	1,01	0,68	0,55

**Çizelge 4.9.** Deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ortalama değerleri

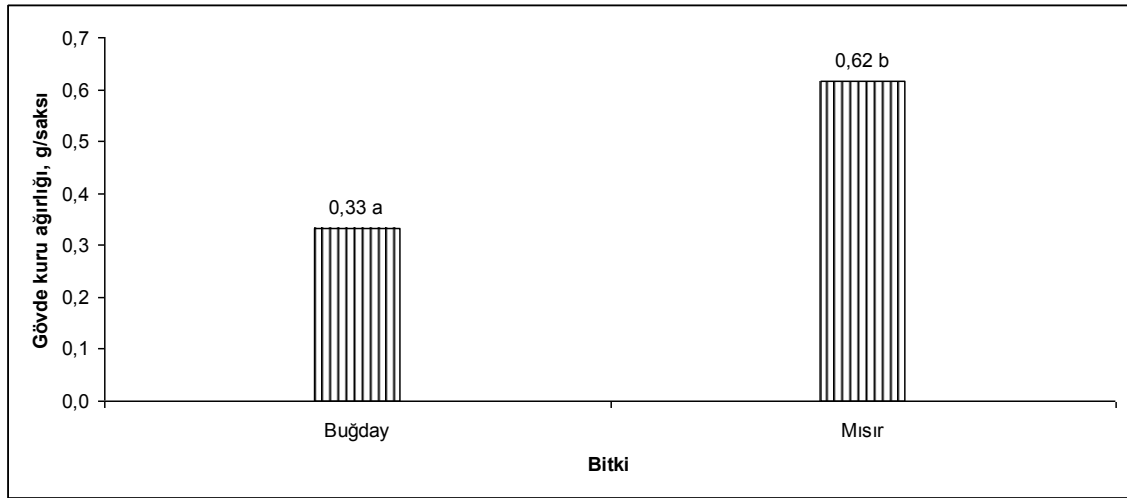
Ortam	Karışım oranı, %	Buğday					Mısır				
		<i>A. agilis</i>	<i>P. aglomerans</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol	<i>A. agilis</i>	<i>P. aglomerans</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol
Pomza: Toprak	<b>100:0</b>	0,26	0,20	0,24	0,40	0,30	0,27	0,43	0,41	0,54	0,33
	<b>75:25</b>	0,25	0,18	0,34	0,36	0,43	0,63	0,37	0,40	0,25	0,30
	<b>50:50</b>	0,30	0,30	0,33	0,32	0,26	0,37	0,66	0,66	0,30	0,46
	<b>25:75</b>	0,36	0,40	0,46	0,46	0,55	0,78	1,04	1,04	1,08	0,84
	<b>0:100</b>	0,41	0,41	0,47	0,47	0,34	1,08	1,06	1,10	1,10	0,83
Perlit: Toprak	<b>100:0</b>	0,20	0,17	0,23	0,20	0,23	0,28	0,29	0,24	0,29	0,59
	<b>75:25</b>	0,18	0,22	0,12	0,27	0,30	0,57	0,38	0,28	0,27	0,22
	<b>50:50</b>	0,71	0,29	0,28	0,41	0,36	1,08	0,72	0,47	0,19	0,36
	<b>25:75</b>	0,24	0,45	0,50	0,45	0,23	1,04	0,98	1,06	0,94	0,33
	<b>0:100</b>	0,41	0,41	0,47	0,47	0,34	1,08	1,06	1,10	1,10	0,83
Torf: Toprak	<b>100:0</b>	0,27	0,25	0,22	0,29	0,26	0,19	0,15	0,10	0,16	0,15
	<b>75:25</b>	0,25	0,29	0,32	0,26	0,27	0,44	0,41	0,39	0,33	0,27
	<b>50:50</b>	0,35	0,33	0,28	0,23	0,18	0,53	0,54	0,54	0,60	0,39
	<b>25:75</b>	0,47	0,39	0,47	0,41	0,29	0,80	0,73	0,80	0,85	0,67
	<b>0:100</b>	0,41	0,41	0,47	0,47	0,34	1,08	1,06	1,10	1,10	0,83

Çizelge 4.7'den görüleceği gibi kök ve gövde kuru ağırlıkları bakımından bitkiler, ortamlar, karışım oranları ve bakteriler birbirlerinden önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Gövde kuru ağırlığı bakımından interaksiyonlar da önemli bulunurken, kök kuru ağırlığı bakımından Bitki x Ortam, Ortam x Karışım Oranı, Ortam x Bakteri, Bitki x Ortam x Karışım Oranı, Bitki x Ortam x Bakteri, Ortam x Karışım Oranı x Bakteri ve Bitki x Ortam x Karışım Oranı x Bakteri interaksiyonları önemsiz bulunmuştur.

Kök ve gövde kuru ağırlığı bakımından denemede kullanılan buğday ve mısır bitkisi birbirlerinden farklı bulunmuştur. Buğday bitkisinde kök kuru ağırlığının 0,16 g/saksı, ve gövde kuru ağırlığının 0,33 g/saksı, mısır bitkisinde ise bu ağırlıkların 0,41 g/saksı ve 0,62 g/saksı olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.15 ve 4.16).



**Şekil 4.15.** Deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma (%5,0) testi sonuçları

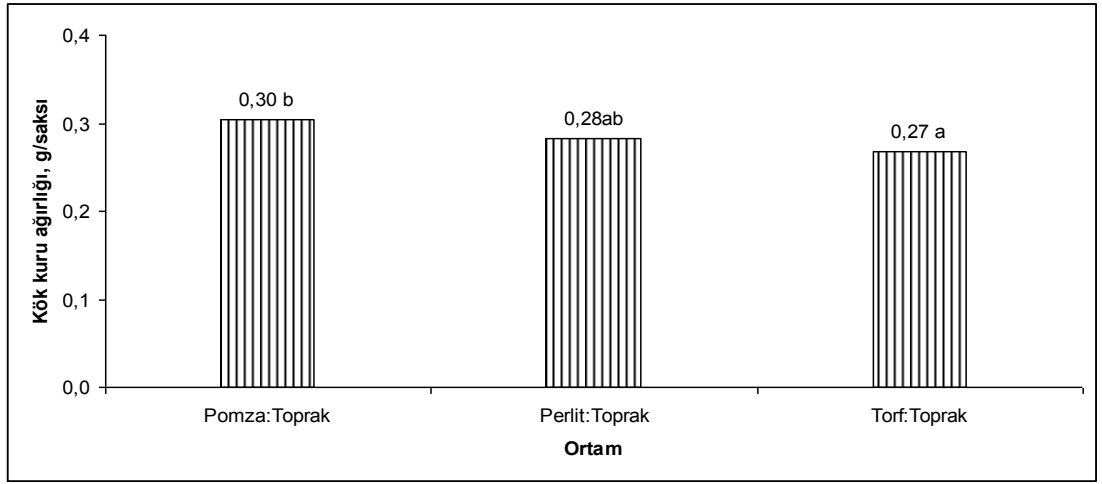


**Şekil 4.16.** Deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma (%5,0) testi sonuçları

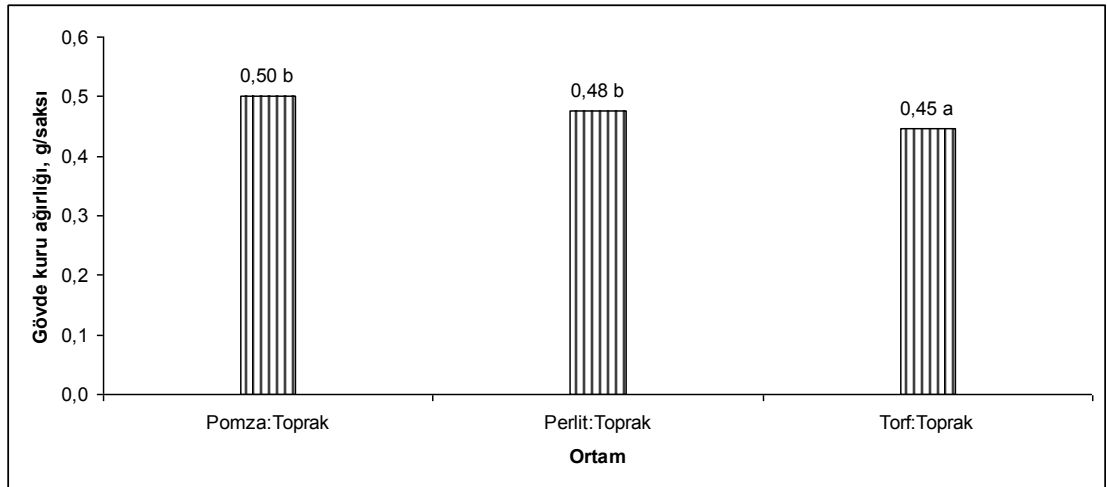
Çizelge 4.7'den görüleceği gibi, kök kuru ağırlığı bakımından ortamlar %5 düzeyinde ve gövde kuru ağırlığı bakımından da %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kök kuru ağırlıkları ortalama değerleri, pomza:toprak ortamında 0,30 g/saksı ve torf:toprak ortamında 0,27 g/saksı olup iki farklı grupta yer alırken perlit toprak ortamı 0,28 g ile bu iki ortam arasında yer almıştır (Şekil 4.17). Gövde kuru ağırlığı bakımından pomza 0,50 g/saksı ve perlit 0,48g/saksı ağırlıklarla aynı grupta yer alırken, torf 0,45 g/saksı

gövde kuru ağırlığı ile farklı bir grup oluşturmuştur (Şekil 4.18).

Arpa bitkisinin kuru kök ağırlığı üzerine farklı yetiştirme ortamlarının etkilerinin belirlendiği araştırmada, yetiştirme ortamı olarak toprak, perlit, pomza, zeolit ile bunların karışımları kullanılmış ve en uygun yetiştirme ortamı olarak pomzanın olduğu, perlit ortamında ise pomzaya göre daha düşük değerler elde edildiği vurugulanmıştır (Türk vd 2003).



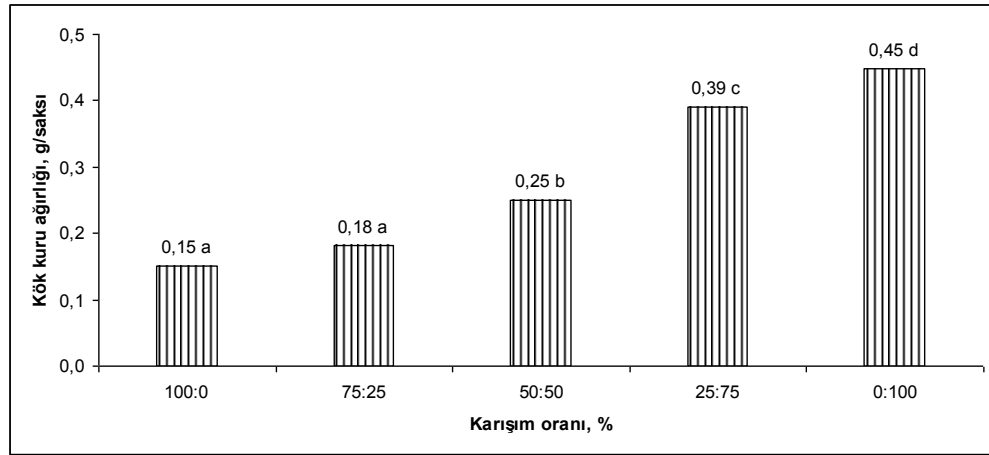
**Şekil 4.17.** Üç farklı ortamda deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



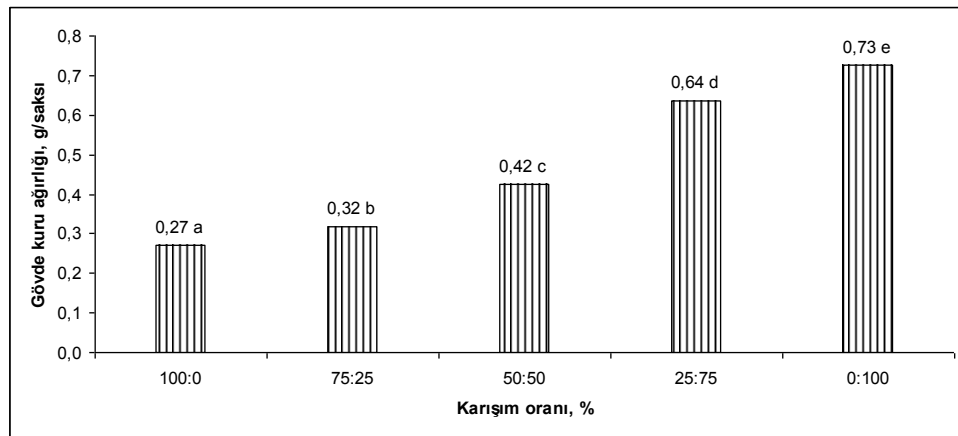
**Şekil 4.18.** Üç farklı ortamda deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Gövde kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından pomza ve perlit ortamlarında yetiştirilen bitkiler torf ortamında yetiştirilenlerden daha büyük bir değere sahip olduğu, kök kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından da perlit ve torf ortamlarına göre pomzanın bu ortamlardan artan yönde bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.17, 4.18).

Toprağa karıştırılan pomzanın, bitki su tüketimini azalttığı, bitki kök ve gövde kuru ağırlığı üzerinde artırıcı etkiye sahip olduğu kaydedilmiştir (Karaman 1993).



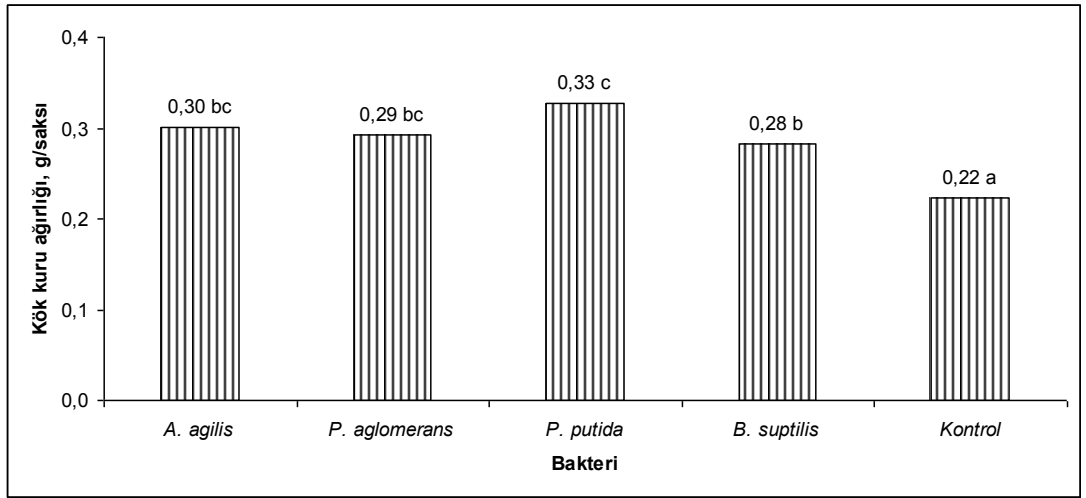
**Şekil 4.19.** Karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



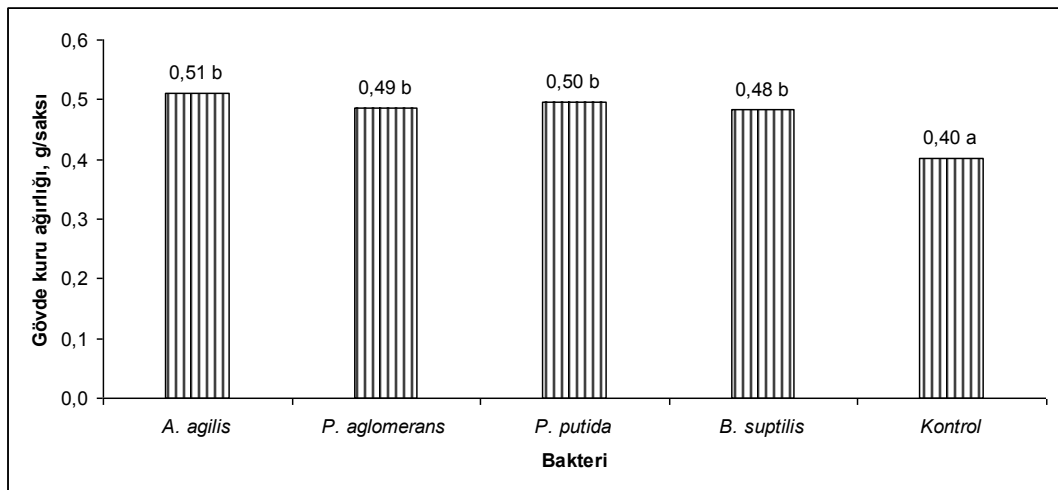
**Şekil 4.20.** Karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



Yetiştirme ortamlarına ait materyal karışım oranları gövde ve kök kuru ağırlık değerlerini önemli derecede etkilemiş (Çizelge 4.7) ve bu etki ortalama değerler bakımından birbirlerinden farklı bulunmuştur (Şekil 4.19, 4.20). Kök ve gövde kuru ağırlıklarındaki artış, karışım oranları içerisindeki toprak miktarının artışı yönünde bir paralellik göstermişlerdir.



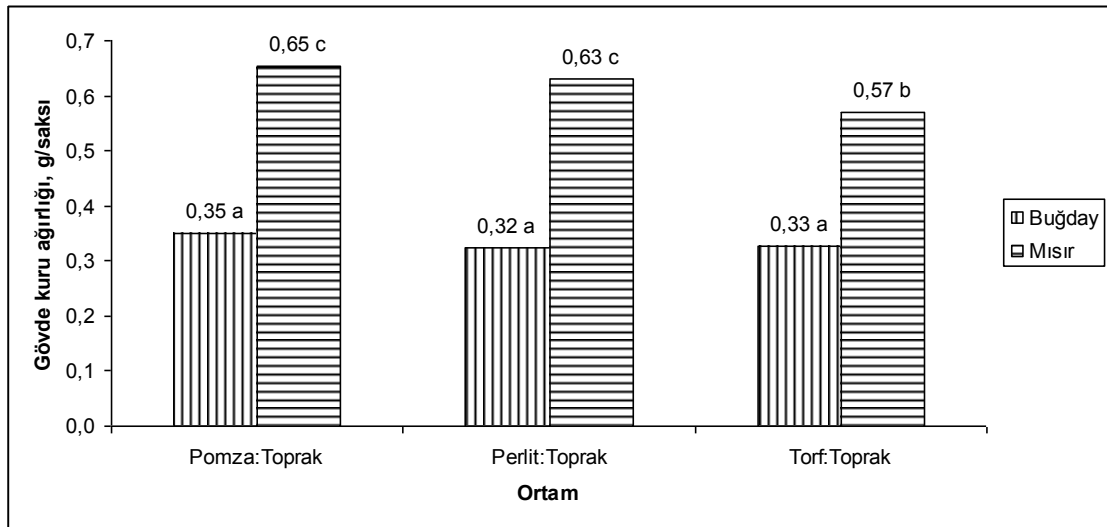
**Şekil 4.21.** Farklı bakterilerle aşılansmış deneme bitkileri kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.22.** Farklı bakterilerle aşılansmış deneme bitkileri gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Bakteri uygulaması gövde ve kök kuru ağırlığını önemli derecede etkilemiştir. (Çizelge 4.7) Kök kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından, kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli bir farkın olduğu, *P. putida*'nın en yüksek ortalama değeri (0,33 g/saksı) verdiği bunu sırasıyla *A. agilis* ( 0,30 g/saksı), *P. aglomerans*(0,29 g/saksı) ve *B. subtilis* (0,28 g/saksı)'in izlediği tespit edilmiştir (Şekil 4.21). Gövde kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli bir farkın olduğu ancak bakteri uygulamaları arasında bir farklılığın olmadığı kaydedilmiştir (Şekil 4.22).

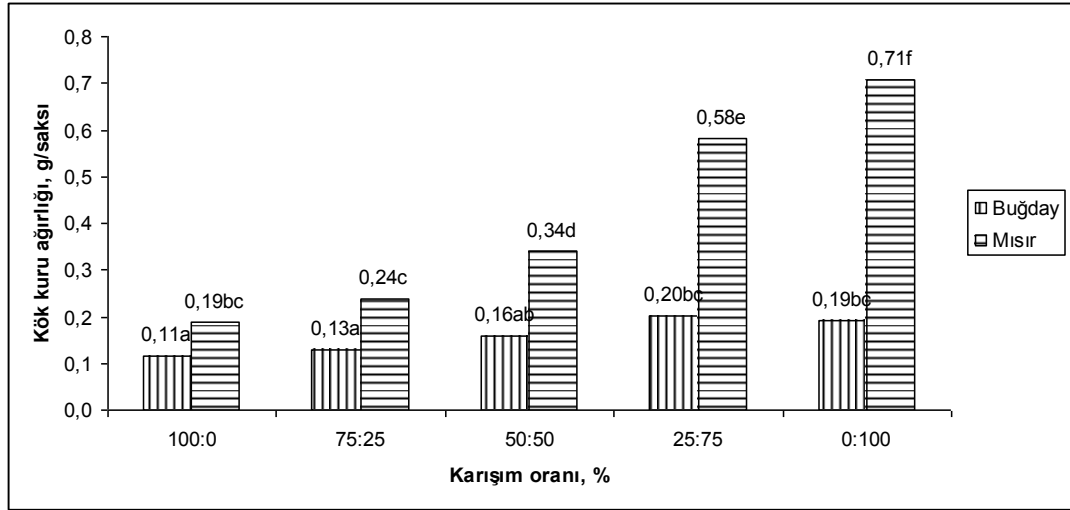
Bitki ortam interaksyonu, gövde kuru ağırlığı bakımından önemli, kök kuru ağırlığı bakımından önemsiz bulunmuştur. Buğday bitkisinin gövde kuru ağırlık ortalama değerleri, yetiştirme ortamları bakımından birbirinden farksız bulunmuştur. Mısır bitkisi için gövde kuru ağırlık ortalama değerleri bakımından torfun yer aldığı yetiştirme ortamı diğer iki materyalin yer aldığı yetiştirme ortamlarından farklı bulunmuştur (Şekil 4.23).



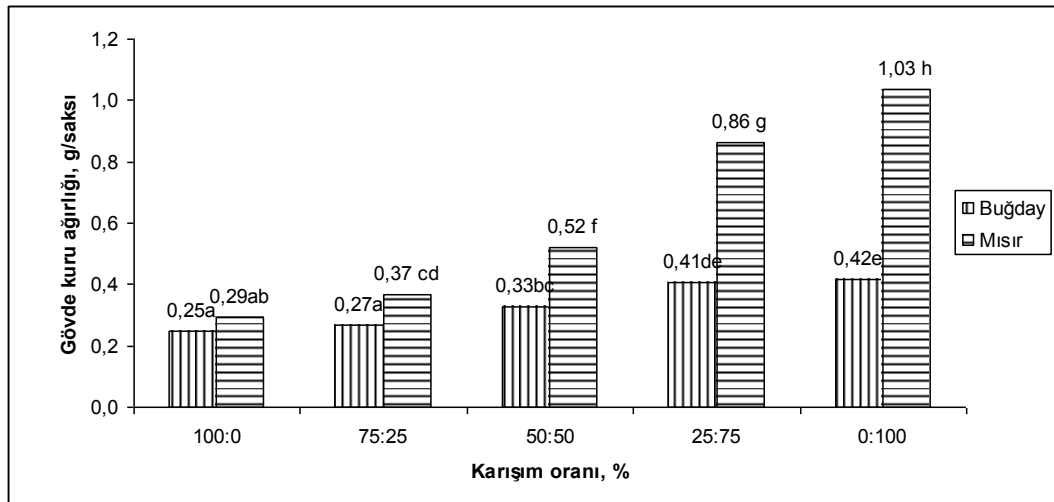
**Şekil 4.23.** Üç farklı ortamda yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bitki karışım oranı interaksyonu kök ve gövde kuru ağırlığı bakımından önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Buğday ve mısır bitkisi kök ve gövde kuru ağırlığı, karışım oranlarında toprak içeriğinin artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu artış oranları, mısır bitkisinde daha belirgin olup buğday bitkisinde düşük seyretmiştir (Şekil 4.24, 4.25).



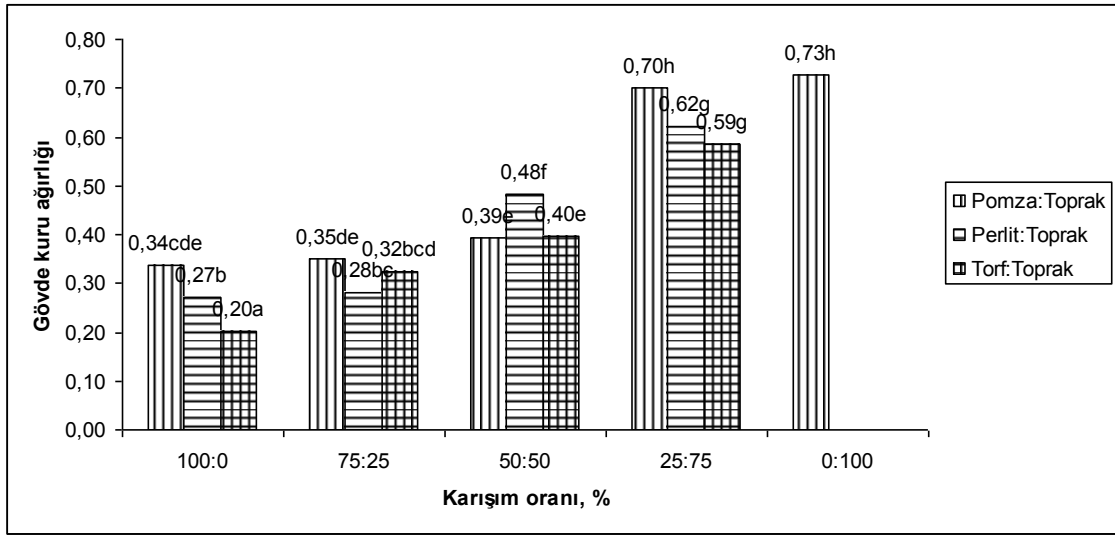
**Şekil 4.24.** Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.25.** Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

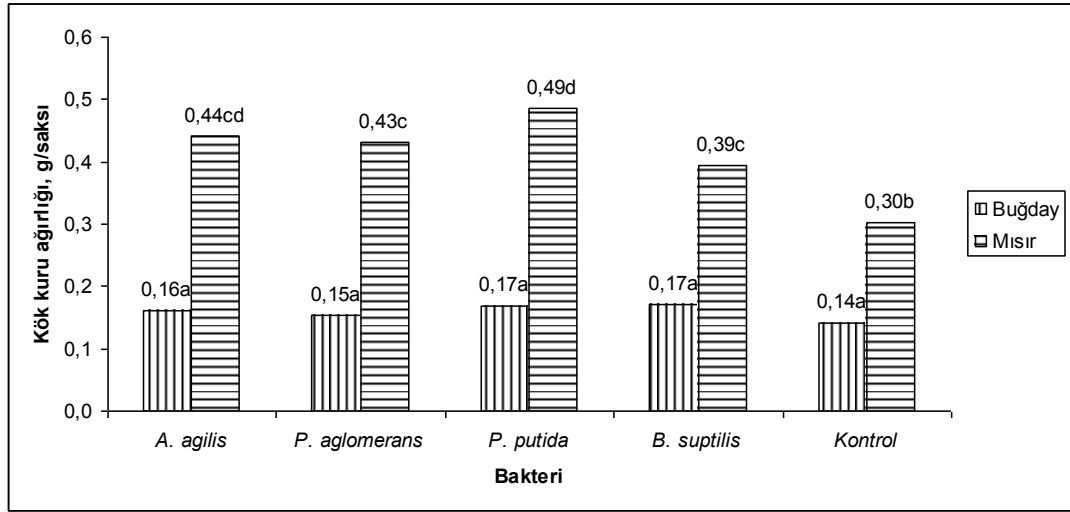
Ortam ve karışım oranı arasındaki interaksiyon gövde kuru ağırlığı için önemli, kök kuru ağırlığı için önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.7). Karışım oranınının 100:0 olduğu

örneklerde en yüksek gövde kuru ağırlığını 0,34 g/saksı değeri ile pomza ortamı sağlarken 0,20 g/saksı değeri ile torf en düşük değere sahip olmuştur. Benzer durum, 25:75 karışım oranının olduğu örneklerde de elde edilmiş olup, en yüksek gövde kuru ağırlığını 0,70 g/saksı değeri ile pomza ortamı sağlarken 0,59 g/saksı değeri ile torf en düşük değere sahip olmuştur. Sadece toprağın yer aldığı kontrol örneğinde gövde kuru ağırlığı 0,73 g/saksı değeri ile üç farklı materyalin yer aldığı karışım değerlerinden daha yüksek gövde kuru ağırlığının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Şekil 4.26).



**Şekil 4.26.** Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Kök ve gövde kuru ağırlığı için bitki ve bakteri arasındaki interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buğday bitkisi kök kuru ağırlıkları üzerine bakteri uygulamasının istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak bulunan ortalama değerler bakımından en düşük değer (0,14 g/saksı) kontrol örneğinde ortaya çıktığı kaydedilmiştir. Mısır bitkisinde ise kök kuru ağırlığı kontrol örneğinde 0,30 g/saksı olup bakteri uygulamasının olduğu örneklerden daha düşük bulunmuştur. En yüksek değeri 0,49 g/saksı ile *P. putida* bakteri aşılması verirken bunu *A. agilis*, *P. aglomerans* ve *B. subtilis* izlemiştir (Şekil 4. 27).



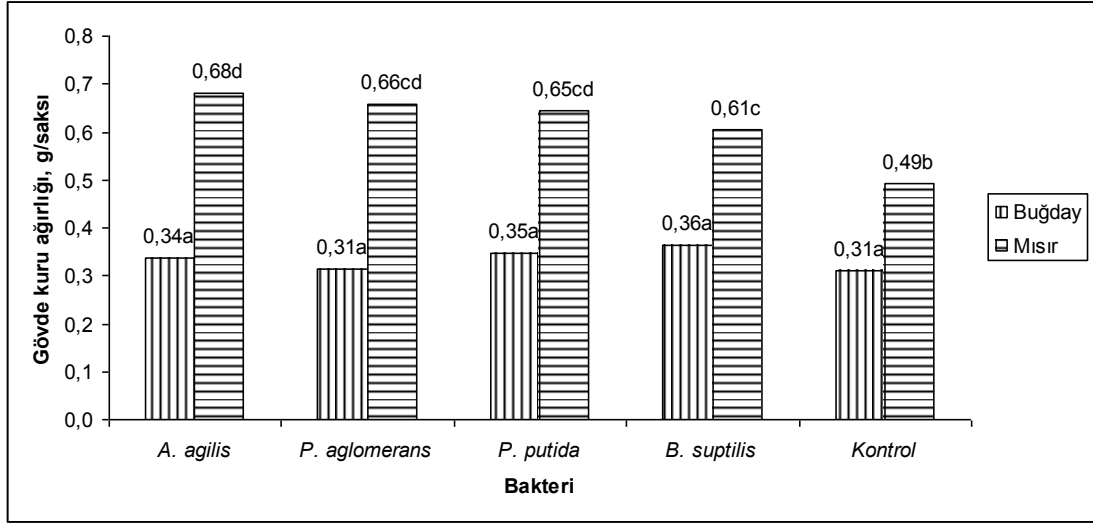
**Şekil 4.27.** Farklı bakterilerle aşılanmış buğday ve mısır bitkilerinin kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Buğday bitkisi gövde kuru ağırlıkları üzerinde de bakteri uygulamasının istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak bulunan ortalama değerler bakımından en düşük değer (0,31 g/saksı) kontrol örneğinde ortaya çıktığı kaydedilmiştir. Mısır bitkisinde ise kök kuru ağırlığı kontrol örneğinde 0,49 g/saksı olup bakteri uygulamasının olduğu örneklerden daha bulunmuştur. En yüksek değeri 0,68 g/saksı ile *A. agilis* bakteri uygulaması verirken bunu, *P. aglomerans*, *P. putida* ve *B. subtilis* izlemiştir (Şekil 4.27, 4.28 ).

Buğdayda PGPR bakterilerinin uygulanmasının gövde ağırlığını artırdığı, en yüksek kök ve gövde ağırlığına *Paenibacillus polymyxa* aşılanmanın sağladığı, bunu *Pseudomonas putida*, *Bacillus megaterium* ve *Paenibacillus polymyxa* izlediği kaydedilmiştir. PGPR'ın buğdayda kök ağırlığını %4,0-32,3, gövde ağırlığını da %16,2-53,8 oranında artırdığı saptanmıştır (Çakmakçı *et al.* 2007).

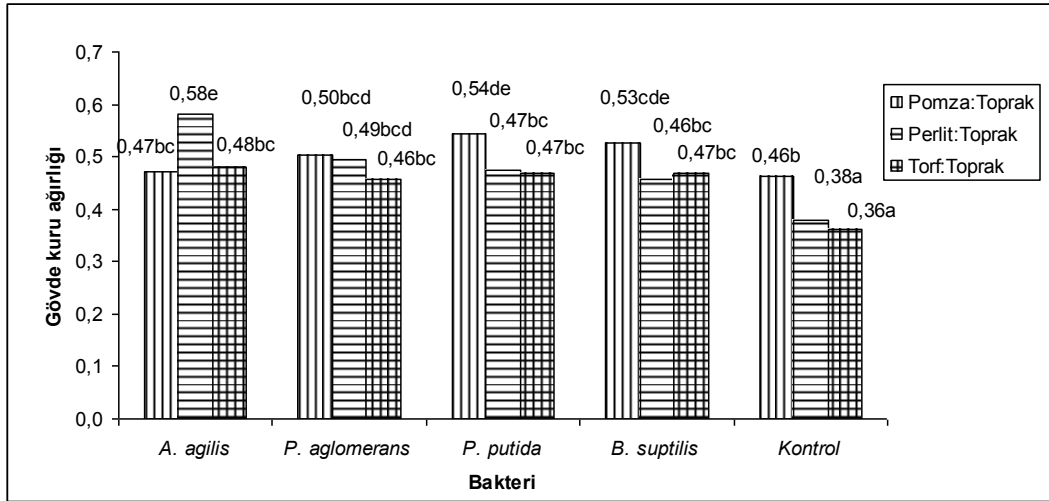
*Pseudomonas* bakterilerinden özellikle *P. fluorescens* ve *P. putida*'nın birçok bitkinin gelişimini teşvik ederek önemli oranda bitki verimini artırdığı ifade edilmiştir (Kloepper *et al.* 1989; Vessey 2003).

PGPR, hızlı kök oluşumu, lateral ve kılcak köklerin gelişimi, kök ve çevresinden su ve besin alımını ve kök canlılığının artırılmasında özellikle genç bitkiler için önemli olabilmektedir (Dobbelaere *et al.* 2002; Wang and Smith 2004; Çakmakçı *et al.* 2006)



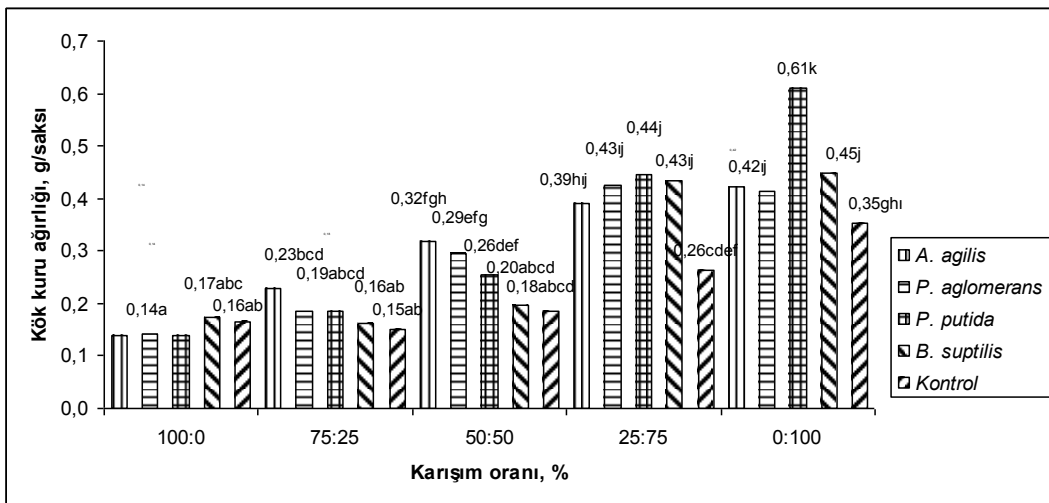
**Şekil 4.28.** Farklı bakterilerle aşılansmış buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Gövde kuru ağırlığı bakımından ortam ve bakteri interaksyonu önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7). Pomzanın yer aldığı ortamlarda *P. aglomerans*, *P. putida* ve *B. subtilis* uygulamaları gövde kuru ağırlığı bakımından perlit ve torfa göre daha yüksek değerler vermiştir. *A. agilis* uygulamasında perlit ortamında pomza ve torfa göre daha yüksek gövde kuru ağırlığı değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.29).

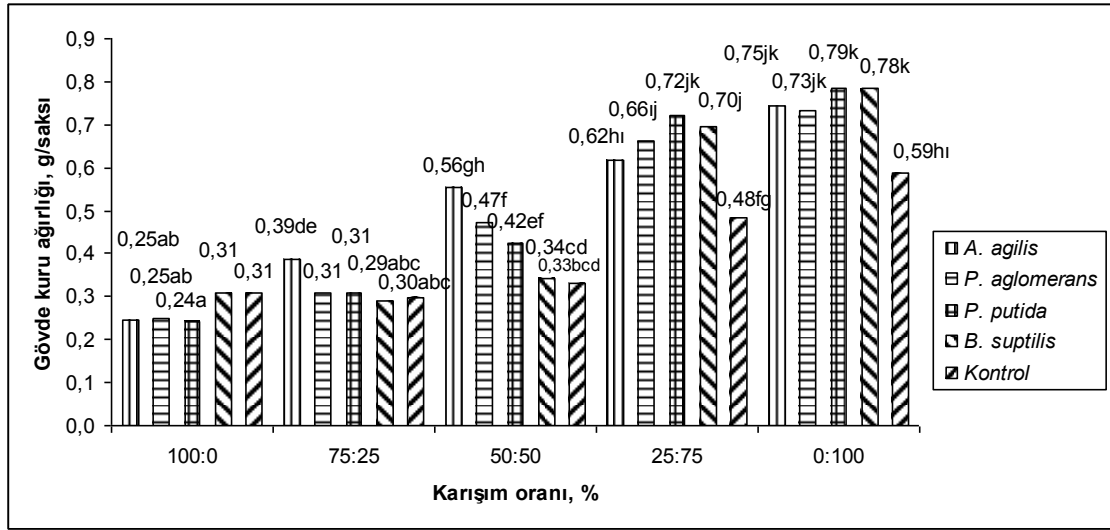


**Şekil 4.29.** Farklı bakterilerle aşılansmış buğday ve mısır bitkilerinin üç farklı ortamdaki gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bakteri ve karışım oranı arasındaki interaksiyon hem gövde hem de kök kuru ağırlığı için önemli bulunmuştur. Genel olarak karışım oranı içerisinde toprak oranının artmasına bağlı olarak bakteri uygulamasının etkinliği kök ve gövde kuru ağırlığının artışı üzerinde etkili olmuştur. Bakteri uygulamasında kontrol örneklerinin kök ve gövde kuru ağırlığı değerleri 100:0 karışım oranı hariç uygulamalardan daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.30, 4.31).



**Şekil 4.30.** Farklı bakterilerin materyal ve toprak karışım oranlarına göre kök kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.31.** Farklı bakterilerin materyal ve toprak karışım oranlarına göre gövde kuru ağırlığı ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bitki gelişimi üzerine mikroorganizmaların etkinliğinin farklı olduğu, özellikle *Azotobacter* ve *Azospirillum* türlerinin üretim artışlarında etkinliğinin yüksek olduğu vurgulanmıştır (Çakmakçı, 2005a). İnokulant özelliklerine ve kullanılan tahıl türüne bağlı olarak serbest azot fikserlerinin %20-50 oranında verim artışı sağladığı kaydedilmiştir (Jagnow 1987). Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin buğdayda %11 mısırdada %12,5 verim artışı sağladığı kaydedilmiştir (Chen *et al.* 1996).

Tohumlara ya da toprağa PGPR aşılamalarının kök gelişimini, besin elementi alımında artışı, azot fiksasyonunu, inorganik fosfat çözünürlüğünü ve alımını artırarak bitki gelişimini etkilediği vurgulanmıştır (Stajner *et al.* 1997; Çakmakçı *et al.* 1999; Lucy *et al.* 2004; Şahin *et al.* 2004; Çakmakçı 2005b).

Canbolat *et al.* (2006a) farklı azot fikse edici ve fosfor çözücü PGPR bakterisiyle aşılamanın arpa bitkisinin gelişimi üzerinde etkilerinin inceledikleri araştırmalarında, kök ağırlığının arttığını, bitkinin büyüme aktivitesi üzerinde potansiyel aktiviteye sahip olduğunu ifade etmişlerdir.



#### 4.5. Bitki Azot İçeriği

Deneme bitkilerinin azot içeriği ile ilgili varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da ve ortalama azot içeriği değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Deneme bitkilerinin azot kapsamına ait varyans analizi

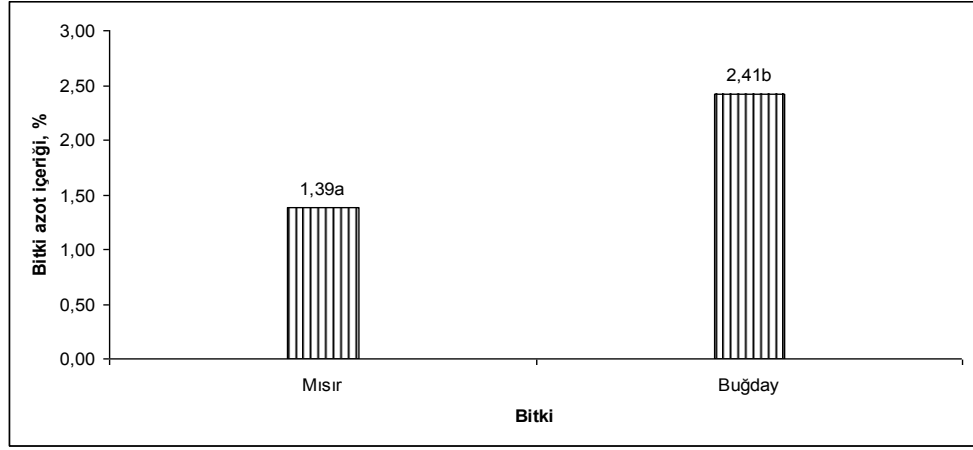
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Bitki (B)	1	118,58	118,58	33382,5
Ortam (O)	2	1,68	0,84	236,9
Karşım Oranı (KO)	4	7,25	1,81	510,2
Bakteri (Bkt.)	4	1,50	0,37	105,4
B x O	2	1,64	0,82	231,1
B x KO	4	11,03	2,76	776,3
O x KO	8	0,51	0,06	17,8
B x Bkt.	4	0,22	0,05	15,2
O x Bkt.	8	0,92	0,12	32,5
KO x Bkt	16	0,96	0,06	16,8
B x O x KO	8	0,68	0,08	23,9
B x O x Bkt	8	0,20	0,03	7,1
B x KO x Bkt	16	0,89	0,06	15,7
O x KO x Bkt	32	0,65	0,02	5,8
B x O x KO x Bkt	32	0,30	0,009	2,6
Hata	300	1,07	0,004	

**Çizelge 4.11.** Deneme bitkilerine ait ortalama azot içeriği (%)

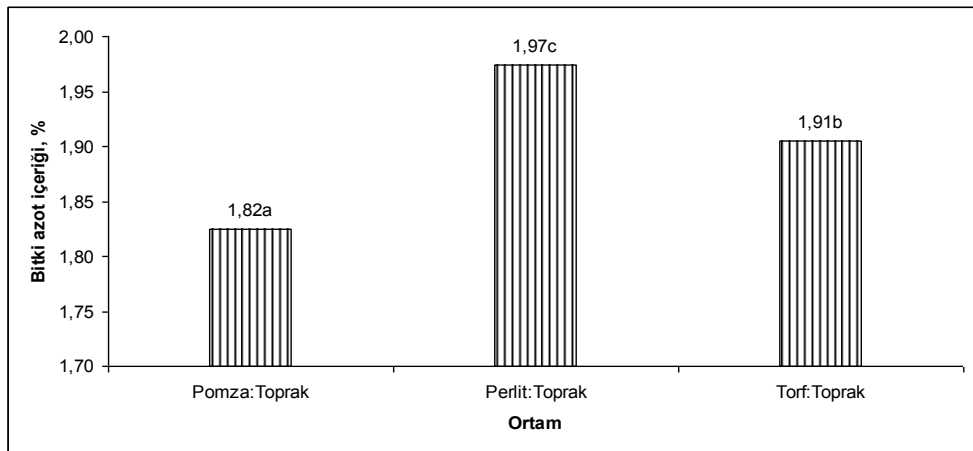
Ortam	Karışım oranı, %	Buğday					Mısır				
		<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol	<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol
Pomza: Toprak	100 : 0	2,28	2,28	2,28	2,16	2,00	1,17	0,99	1,17	1,02	1,11
	75 : 25	2,29	2,32	2,30	2,17	2,12	1,22	1,07	1,23	1,20	1,08
	50 : 50	2,38	2,46	2,31	2,33	2,18	1,33	1,46	1,39	1,46	1,29
	25 : 75	2,50	2,58	2,38	2,50	2,23	1,60	1,51	1,60	1,57	1,46
	0 : 100	2,20	2,16	2,17	2,15	1,96	1,93	1,81	1,93	1,55	1,42
Perlit: Toprak	100 : 0	2,52	2,45	2,63	2,65	2,39	1,13	1,01	1,25	1,37	1,05
	75 : 25	2,35	2,56	2,68	2,73	2,56	1,19	1,06	1,31	1,44	1,10
	50 : 50	2,72	2,69	2,82	2,81	2,62	1,31	1,28	1,37	1,41	1,33
	25 : 75	2,77	2,83	3,04	2,84	2,78	1,49	1,40	1,50	1,48	1,51
	0 : 100	2,20	2,16	2,17	2,15	1,96	1,93	1,81	1,93	1,55	1,42
Torf: Toprak	100 : 0	2,38	2,43	2,37	2,18	2,10	1,14	1,26	0,98	1,14	1,21
	75 : 25	2,43	2,54	2,41	2,22	2,21	1,19	1,32	1,03	1,20	1,26
	50 : 50	2,56	2,61	2,51	2,54	2,41	1,32	1,44	1,44	1,30	1,52
	25 : 75	2,83	2,92	2,77	2,63	2,60	1,58	1,55	1,52	1,37	1,53
	0 : 100	2,20	2,16	2,17	2,15	1,96	1,93	1,81	1,93	1,55	1,42

Çizelge 4.10'dan görüleceği gibi yapılan varyans analizi F değerlerine göre deneme bitkileri, ortam, oran, bakteriler ve interaksyonlar azot içeriği üzerinde  $p<0,01$  seviyesinde önemli etkiye sahip olmuştur.

Deneme bitkileri ortalama azot içeriği bakımından buğday bitkisinde %2,41 ve mısırdaki %1,39 bulunmuştur (Şekil 4.32). Ortamlar, ortalama azot içeriği bakımından karşılaştırıldığında pomza %1,82, perlit %1,97 ve torf %1,91 azot içeriği sağlamıştır (Şekil 4.33).

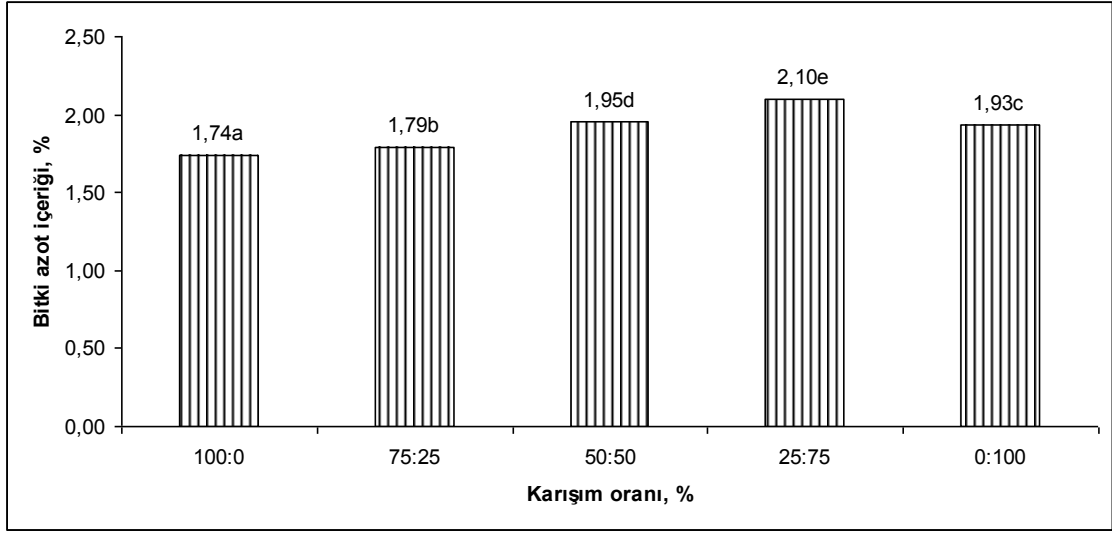


**Şekil 4.32.** Deneme bitkileri azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



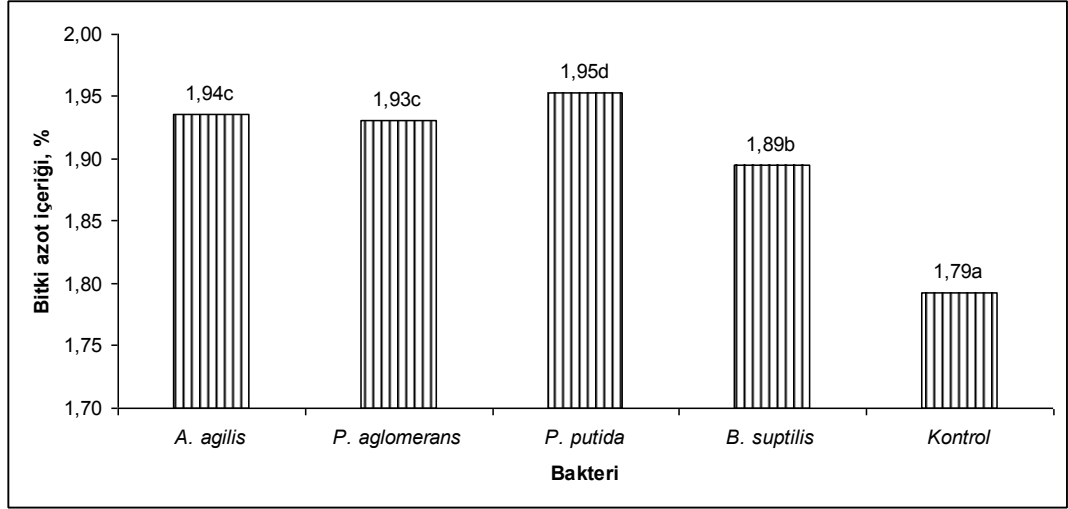
**Şekil 4.33.** Üç farklı ortamda yetiştirilen deneme bitkileri azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Karışım oranları, ortalama azot içeriği bakımından en düşük değeri materyallerin %100 olduğu örneklerde ortaya koymuştur. En yüksek ortalama bitki azot içeriği değeri %25:%75 karışım oranlarına ait örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.34).



**Şekil 4.34.** Denemede kullanılan materyallerin toprakla karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

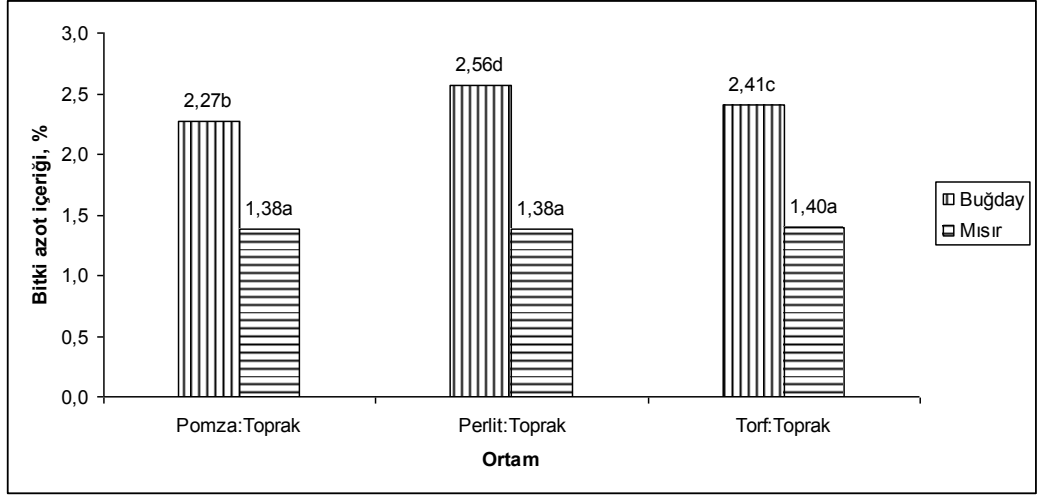
Bakteri uygulaması bitki azot içeriğinde, dört farklı grubun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Birinci grup olan kontrol grubunda (a) ortalama bitki azot içeriği %1,79 bulunurken, *B. subtilis* bakterisinin yer aldığı ikinci grupta (b) bitki azot içeriği, %1,89, *A. agilis* ve *P. aglomerans* bakterilerinin yer aldığı üçüncü grupta (c) bitki azot içeriği %1,94 ile %1,93 ve *P. putida* bakterisinin yer aldığı dördüncü grupta (d) ise bitki azot içeriği %1,95 olarak bulunmuştur (Şekil 4.35).



**Şekil 4.35.** Farklı bakterilerle aşılamanın deneme bitkileri azot içeriği üzerine etkisi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

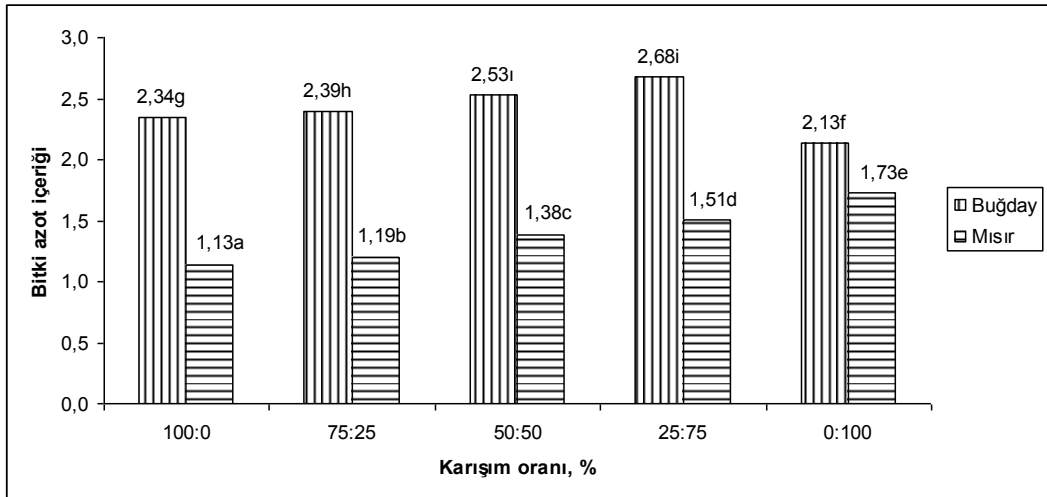
Ping and Boland 2004, yaptıkları çalışmalarda farklı çeşitlerde farklı bakteri suşlarının etkin olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle mısır ve buğdayda farklı bakteri suşlarının etkinliği kaçınılmazdır. Nitekim bu çalışmada da buğday ve mısırdaki değişik bakteriler ortamlarda farklı  $N_2$  elde edilmesine neden olmuştur.

Bitki ortam etkileşimi, bitki azot içeriği bakımından önemli bulunmuştur. , Mısır bitkisinin azot içeriği ortalama değerleri, yetiştirme ortamları bakımından birbirinden farksız olduğu yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarından görülmüştür. Buğday bitkisi azot içeriği ortalama değerleri, perlitin yer aldığı yetiştirme ortamında diğer iki materyalin yer aldığı yetiştirme ortamlarından farklı bulunmuştur (Şekil 4.36).



**Şekil 4.36.** Üç farklı ortamda yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin ortalama azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

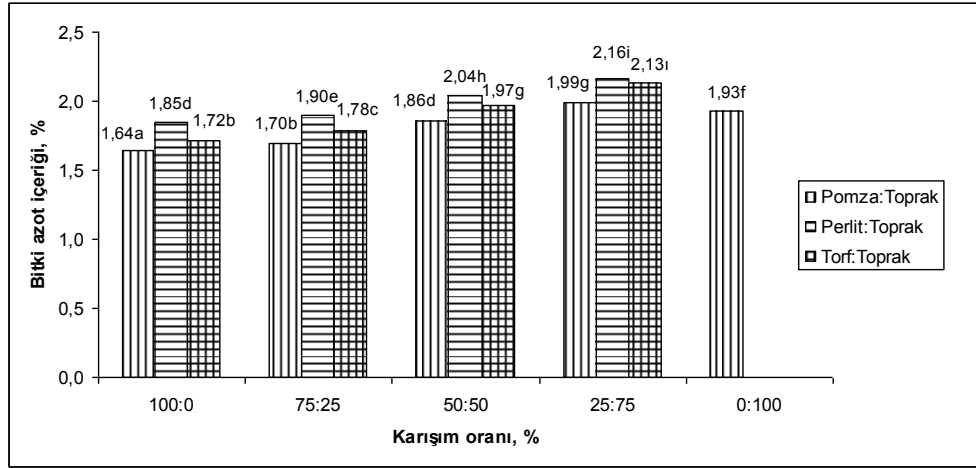
Bitki ve karışım oranı arasındaki interaksiyon azot içeriği bakımından önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7). Buğday ve mısır bitkisi azot içeriği, karışımlardaki toprak içeriğinin artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Karışım oranlarına bağlı olarak, buğdayda en yüksek azot içeriği %25:%75 karışımında, aynı durum mısır için de toprağın %100 olduğu örnek grubunda ortaya çıkmıştır (Şekil 4.37).



**Şekil 4.37.** Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkisinin azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

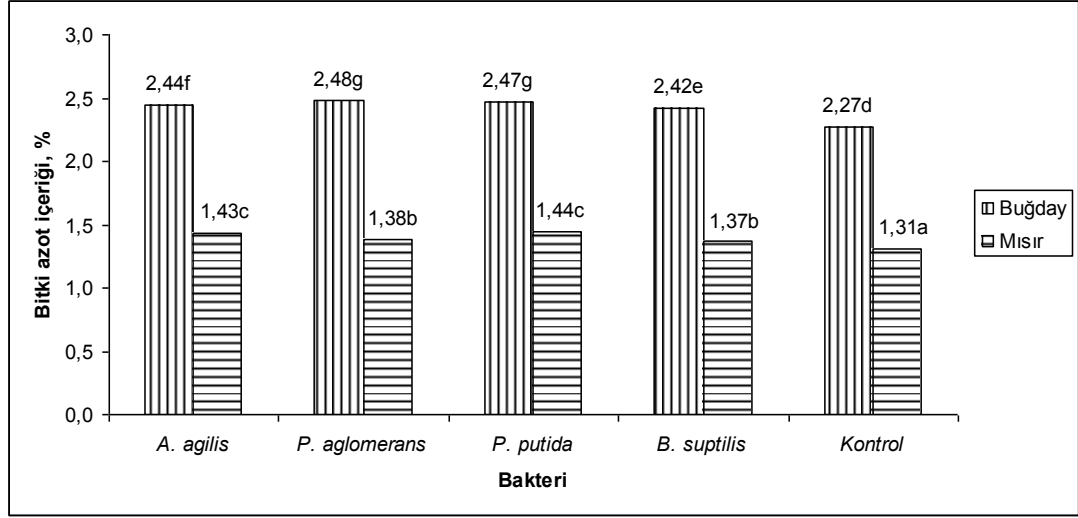
Ortam ve karışım oranı arasındaki interaksiyon azot içeriği bakımından önemli

bulunmuştur (Çizelge 4.7). Karışım oranının %25:%75 olduğu örneklerde en yüksek azot içeriği pomza, perlit ve torf için sırası ile %1,99, %2,16 ve %2,13 olarak bulunmuştur. Her üç materyalin %100 olduğu örneklerde en düşük azot içeriği değerleri pomza için %1,64, perlit için %1,85 ve torf için %1,72 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.38)



**Şekil 4.38.** Materyal ve toprak karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bitki azot içeriği bakımından bitki ve bakteri arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. *P. aglomerans* ve *P. putida* bakterileri buğday bitkisinde en yüksek azot içeriği değerlerini (%2,48 ve %2,47) sağlamış bunları *B. subtilis* ve *A. agilis* bakterileri %2,42 ve %2,44 değerleri ile izlemiştir. Buğday için en düşük değer kontrolde %2,27 olarak kaydedilmiştir. Mısır bitkisi için, *P. putida* ve *A. agilis* bakterilerinin olduğu örnekler %1,44 ve %1,43 azot içeriği değerleri ile birinci grubu, *P. aglomerans* ve *B. subtilis* bakterileri de %1,37 ve %1,38 değerleri ile ikinci grubu oluşturmuştur (Şekil 4.39).

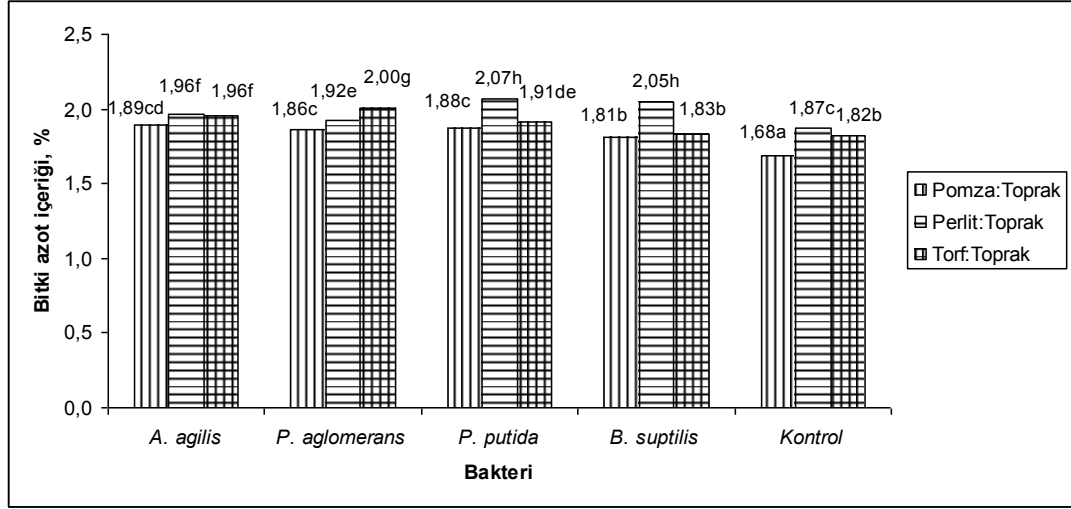


**Şekil 4.39.** Farklı bakterilerle aşılansmış buğday ve mısır bitkilerinin azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bitki azot içeriği bakımından ortam ve bakteri interaksiyonu önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7). Pomza:toprak ortamı için bakteriler iki grup içerisinde yer almıştır. Bakterilerden, *A. agilis*, *P. aglomerans* ve *P. putida*'nın bulunduğu örneklerdeki bitki azot içeriği değerleri sırası ile %1,89, %1,86 ve %1,88 olup bir grupta, *B. subtilis* bakterisinin bulunduğu örnekteki bitki azot içeriği değeri de %1,81 olup diğer grupta yer almıştır. Pomza için kontrol grubu bitki azot içeriği değeri %1,68 olarak bulunmuştur.

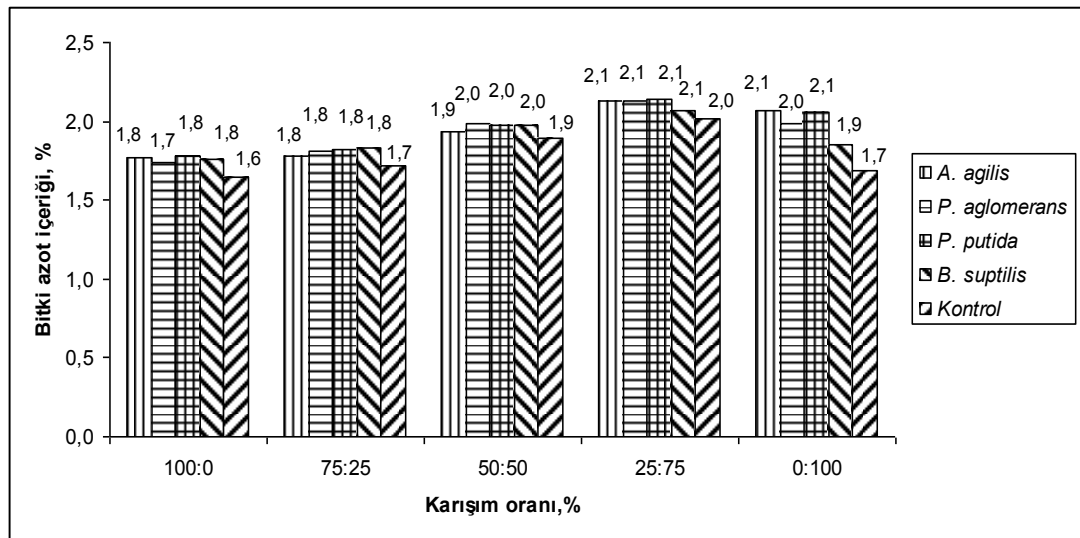
Perlit:toprak ortamında *P. putida* ve *B. subtilis* bakterilerinin bulunduğu örneklerde bitki azot içeriği değerleri %2,07 ve %2,05 olup bir grup içerisinde yer alırken bunları, *A. agilis* (%1,96), *P. aglomerans* (%1,92) izlemiştir. Perlit için kontrol grubu bitki azot içeriği değeri %1,87 olarak kaydedilmiştir.

Torf:toprak ortamında, *P. aglomerans* bakterisinin bulunduğu örneklerde bitki azot içeriği %2 olup bunu *A. agilis* (%1,96), *P. putida* (%1,91) ve *B. subtilis* (%1,83) izlemiştir. Kontrol grubu bitki azot içeriği değeri *B. subtilis* bakterisinin sağladığı bitki azot içeriği değeri ile aynı grupta yer almıştır (Şekil 4.40).



**Şekil 4.40.** Farklı bakterilerle aşılansmış buğday ve mısır bitkilerinin üç farklı ortamdaki bitki azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bakteri ve karışım oranı arasındaki interaksyon azot içeriği bakımından önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10). Karışım oranları içerisinde yer alan toprak miktarının artmasına bağlı olarak bakterilerin etkinliği artmıştır. Bitki azot içeriği bakımından bakteriler, karışım oranının %25:%75 olduğu örneklerde daha etkili olarak çalışmış ve %2,10 bitki azot içeriğini sağlamışlardır. Kontrol grubu, bakterilerin yer aldığı örneklerden daha düşük bitki azot içeriği değerlerini ortaya koymuştur (Şekil 4.41).



**Şekil 4.41.** Farklı bakterilerin materyal ve toprak karışım oranlarına göre bitki azot içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları



#### 4.6. Bitki Fosfor İçeriği

Deneme bitkilerinin fosfor içeriği ile ilgili varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’de ve ortalama fosfor içeriği değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Mısır bitkisinin fosfor kapsamına ait varyans analizi

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Bitki (B)	1	0,000	0,0001	1,4 <sup>NS</sup>
Ortam (O)	2	0,151	0,0753	1187,6**
Karşım Oranı (KO)	4	0,092	0,0230	362,5**
Bakteri (Bkt.)	4	0,145	0,0362	571,8**
B x O	2	0,170	0,0852	1344,7**
B x KO	4	0,068	0,0171	270,1**
O x KO	8	0,105	0,0131	206,6**
B x Bkt.	4	0,015	0,0037	58,2**
O x Bkt.	8	0,008	0,0010	16,4**
KO x Bkt	16	0,031	0,0019	30,6**
B x O x KO	8	0,141	0,0176	278,2**
B x O x Bkt	8	0,013	0,0016	25,2**
B x KO x Bkt	16	0,023	0,0014	22,8**
O x KO x Bkt	32	0,032	0,0010	15,6**
B x O x KO x Bkt	32	0,059	0,0018	29,0**
Hata	300	0,019	0,0001	
		1,072		

**Çizelge 4.13.** Deneme bitkilerine ait ortalama fosfor kapsamı (%)

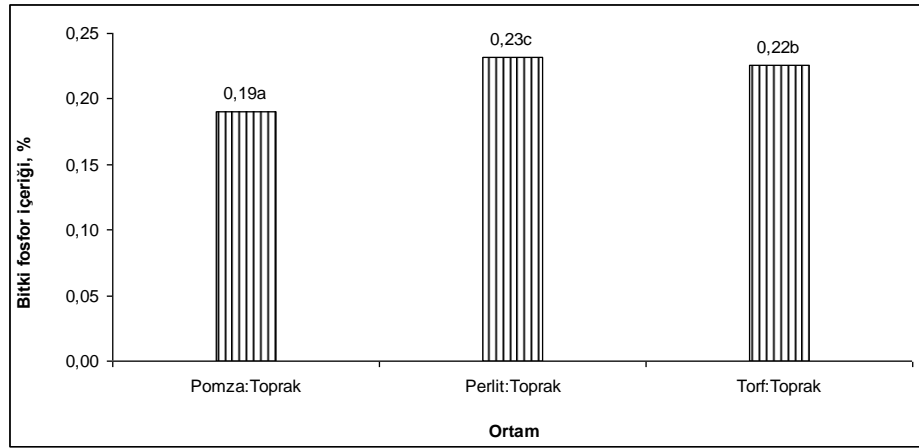
Ortam	Karşım oranı, %	Buğday					Mısır				
		<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. supitilis</i>	Kontrol	<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. supitilis</i>	Kontrol
Pomza: Toprak	100 : 0	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,21	0,22	0,22	0,22	0,18
	75 : 25	0,11	0,11	0,11	0,12	0,10	0,22	0,25	0,25	0,19	0,19
	50 : 50	0,16	0,13	0,13	0,17	0,01	0,26	0,22	0,22	0,25	0,20
	25 : 75	0,27	0,33	0,25	0,28	0,17	0,24	0,21	0,21	0,23	0,19
	0 : 100	0,22	0,24	0,27	0,21	0,19	0,22	0,20	0,22	0,22	0,19
Perlit: Toprak	100 : 0	0,20	0,19	0,23	0,24	0,15	0,23	0,25	0,24	0,22	0,21
	75 : 25	0,24	0,26	0,23	0,28	0,21	0,25	0,23	0,24	0,23	0,22
	50 : 50	0,28	0,28	0,25	0,25	0,21	0,24	0,26	0,25	0,22	0,22
	25 : 75	0,32	0,29	0,27	0,23	0,21	0,21	0,22	0,26	0,22	0,20
	0 : 100	0,22	0,24	0,27	0,21	0,19	0,22	0,24	0,22	0,20	0,19

Çizelge 4.13 (devam)

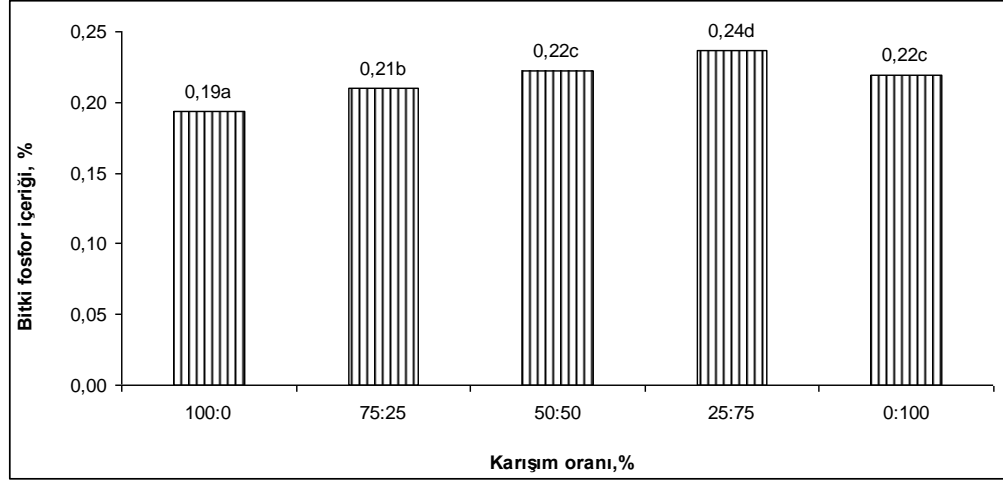
Torf: Toprak	100 : 0	0,25	0,26	0,27	0,22	0,19	0,13	0,19	0,19	0,21	0,18
	75 : 25	0,24	0,27	0,30	0,24	0,21	0,19	0,20	0,20	0,22	0,18
	50 : 50	0,24	0,30	0,30	0,28	0,22	0,28	0,23	0,22	0,21	0,18
	25 : 75	0,26	0,25	0,29	0,23	0,20	0,24	0,22	0,22	0,20	0,19
	0 : 100	0,22	0,24	0,27	0,21	0,19	0,22	0,23	0,22	0,20	0,19

Çizelge 4.12'den görüleceği gibi, bitkiler arası farklılık fosfor içeriği bakımından önemsiz bulunmuştur. Ancak, ortamlar, karışım oranları ve bakteriler ve varyasyonlar arasındaki interaksyonlar önemli bulunmuştur.

Ortamlar içerisinde en yüksek fosfor içeriğini perlit:toprak ortamı sağlarken bunu torf:toprak ve pomza:toprak ortamı izlemiştir (Şekil 4.42). Bitki fosfor içeriği bakımından karışım oranları içerisinde en yüksek değeri %25:75 karışım oranı sağlarken en düşük değer % 100:0 karışım oranından sağlanmıştır.

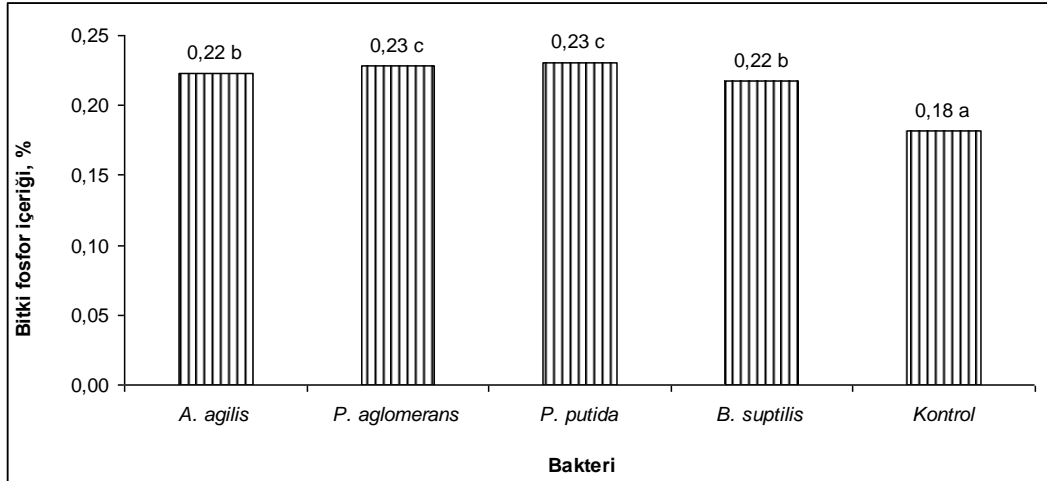


Şekil 4.42. Üç farklı ortamda yetiştirilen deneme bitkileri fosfor içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.43.** Denemede kullanılan materyallerin toprakla karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri fosfor içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Denemede *P.aglomerans* ve *P. putida* ile aşılanmış bitkilerin fosfor içeriği diğer iki bakteri grubundan daha yüksek bulunmuştur. Kontrol grubu en düşük bitki fosfor içeriğini sağlamıştır (Şekil 4.44).



**Şekil 4.44.** Farklı bakterilerle aşılanmanın deneme bitkileri fosfor içeriği üzerine etkisi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Yapılan araştırmalar, azotobakterin fosfat çözücü bakterilerle birlikte inokulant olarak uygulandıkları ortamlarda hem bitki verimi üzerinde hemde N ve P alımında olumlu

sonuçların ortaya çıkmasında etkili olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Kundu and Gaur 1984; Monib *et al.* 1984; Çakmakçı *et al.* 2001).

#### 4.7. Bitki Potasyum İçeriği

Deneme bitkilerinin potasyum içeriği ile ilgili varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’de ve ortalama potasyum içeriği değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Mısır bitkisinin potasyum kapsamına ait varyans analizi

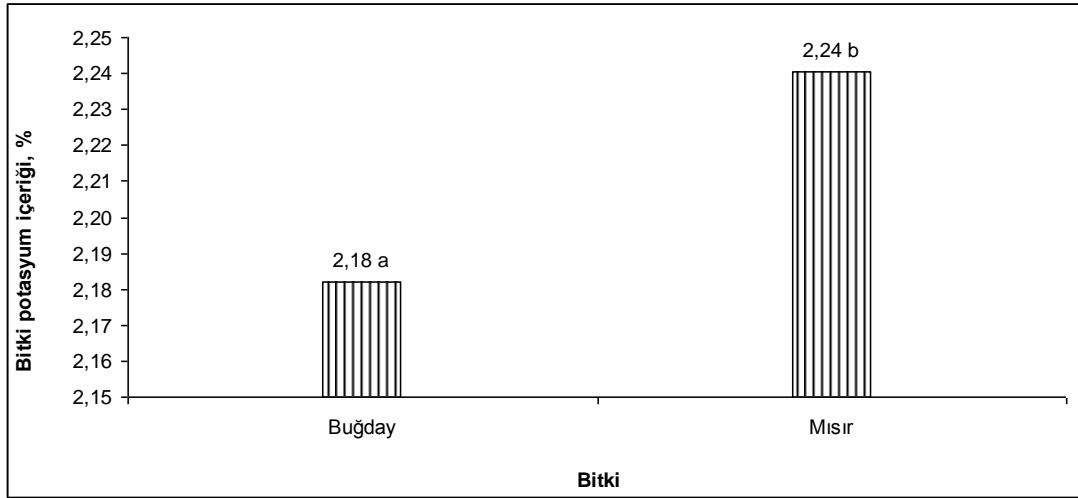
Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Bitki (B)	1	0,380	0,380	604**
Ortam (O)	2	1,725	0,862	1373**
Karşım Oranı (KO)	4	25,997	6,499	10345**
Bakteri (Bkt.)	4	2,254	0,564	897**
B x O	2	1,203	0,602	958**
B x KO	4	3,262	0,815	1298**
O x KO	8	0,795	0,099	158**
B x Bkt.	4	1,202	0,300	478**
O x Bkt.	8	0,439	0,055	87**
KO x Bkt	16	1,106	0,069	110**
B x O x KO	8	0,687	0,086	137**
B x O x Bkt	8	0,293	0,037	58**
B x KO x Bkt	16	0,725	0,045	72**
O x KO x Bkt	32	1,116	0,035	56**
B x O x KO x Bkt	32	1,061	0,033	53**
Hata	300	0,188	0,001	

Çizelge 4.15. Deneme bitkilerine ait ortalama potasyum kapsamaları (%)

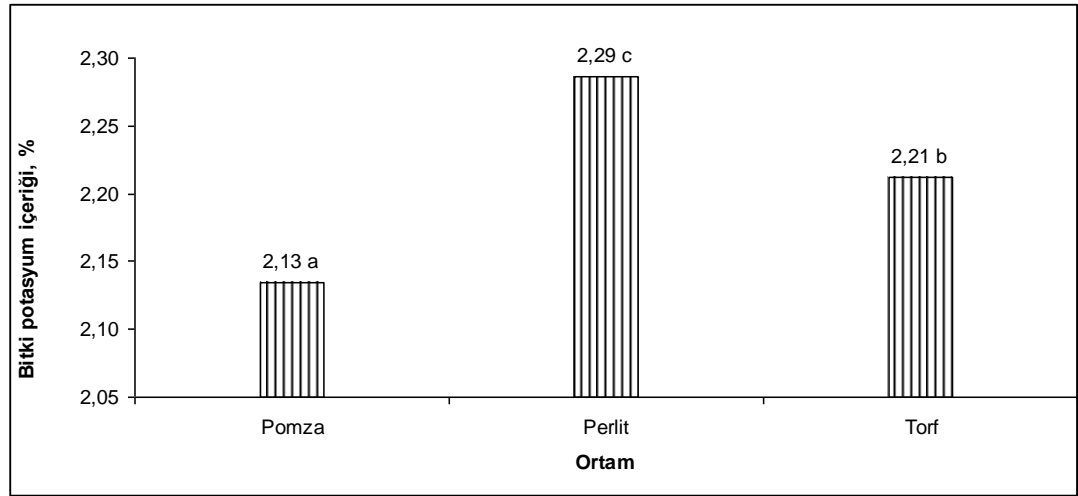
Ortam	Karışım oranı, %	Buğday					Mısır				
		<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol	<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol
Pomza: Toprak	100 : 0	1,44	1,40	1,45	1,55	1,66	2,12	1,85	2,08	2,06	1,82
	75 : 25	1,84	1,87	1,77	1,81	1,76	2,22	2,05	2,09	2,33	1,85
	50 : 50	2,06	1,87	1,84	2,11	2,12	2,28	2,12	2,86	2,07	1,80
	25 : 75	2,12	2,21	2,24	2,18	2,24	2,45	2,42	2,37	2,43	2,28
	0 : 100	2,64	2,86	2,52	2,74	2,60	2,60	2,55	2,34	2,53	2,30
Perlit: Toprak	100 : 0	1,87	1,71	1,87	1,92	1,71	2,18	2,09	2,16	2,10	1,76
	75 : 25	2,01	2,19	2,18	2,13	1,89	2,26	2,27	2,30	2,20	1,96
	50 : 50	2,32	2,52	2,35	2,44	2,25	2,43	2,46	2,23	2,23	1,89
	25 : 75	2,84	2,64	2,76	2,42	2,35	2,50	2,47	2,42	2,30	2,07
	0 : 100	2,64	2,86	2,52	2,74	2,60	2,60	2,55	2,34	2,53	2,30
Torf: Toprak	100 : 0	1,86	1,97	1,86	1,75	1,85	2,12	2,02	2,14	2,06	1,84
	75 : 25	2,04	2,08	2,13	1,97	1,95	2,07	2,05	2,26	2,06	1,94
	50 : 50	2,08	2,19	2,14	2,20	2,03	2,22	2,07	2,31	2,40	1,95
	25 : 75	2,32	2,23	2,33	2,27	2,43	2,44	2,46	2,36	2,44	2,02
	0 : 100	2,64	2,86	2,52	2,74	2,60	2,60	2,55	2,34	2,53	2,30

Çizelge 4.14'den görüleceği gibi, yapılan varyans analizi F değerlerine göre deneme bitkileri, ortam, oran, bakteriler ve interaksiyonlar potasyum içeriği üzerinde  $p < 0,01$  seviyesinde önemli etkiye sahip olmuştur.

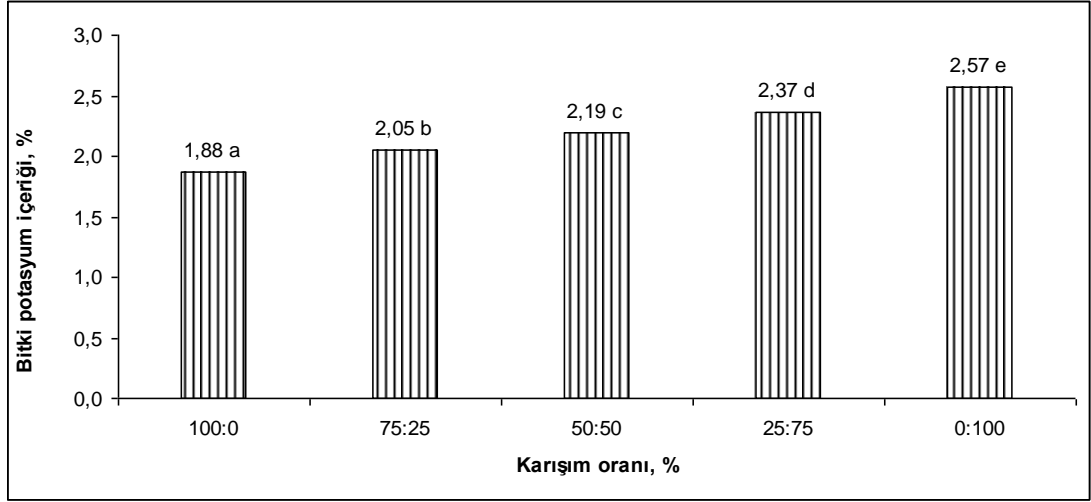
Deneme bitkileri, ortalama potasyum içeriği bakımından buğday bitkisinde %2,18 ve mısırdaki %2,24 bulunmuştur (Şekil 4.45). Ortamlar, ortalama potasyum içeriği bakımından karşılaştırıldığında perlit:toprak ortamı (%2,29) diğer iki ortamdaki daha yüksek değere sahip olmuştur. Bu ortamı torf:toprak (%2,21) ve pomza:toprak (%2,13) ortamları izlemiştir (Şekil 4.46).



**Şekil 4.45.** Deneme bitkileri potasyum içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

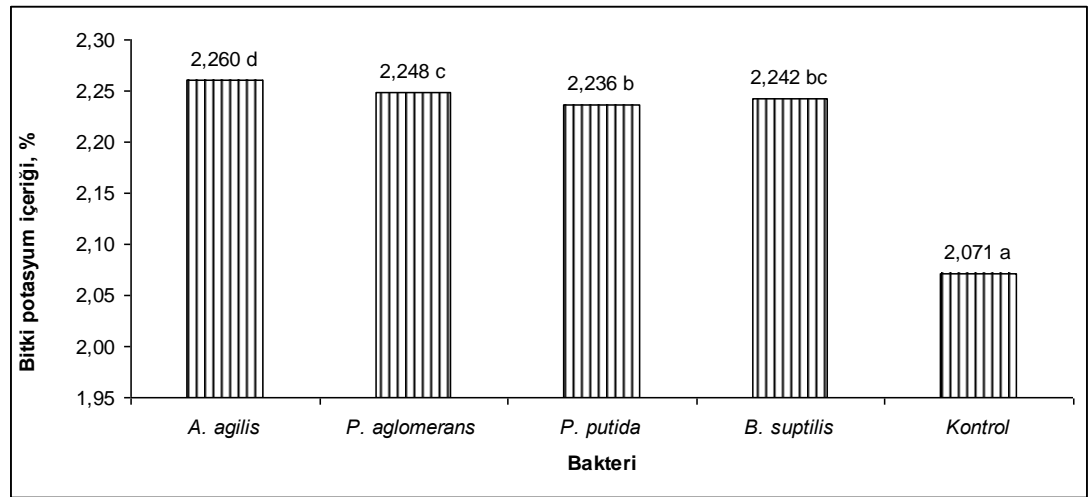


**Şekil 4.46.** Üç farklı ortamda yetiştirilen deneme bitkileri potasyum içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.47.** Denemede kullanılan materyallerin toprakla karışım oranlarına göre hazırlanan örneklerde yetiştirilen deneme bitkileri potasyum içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Karışım oranları bakımından, ortamlardaki toprak içeriğinin artmasıyla ilişkili olarak potasyum içeriği artmıştır. Karışım oranları, bitki potasyum içeriği bakımından farklı gruplar ortaya koymuştur (Şekil 4,47).



**Şekil 4.48.** Farklı bakterilerle aşılamanın deneme bitkileri potasyum içeriği üzerine etkisi ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları

Bakteri uygulamaları, kontrol grubuna göre daha yüksek bitki potasyum içeriği değerlerini sağlamıştır. Uygulanan bakteriler içerisinde de en yüksek bitki potasyum

kapsamının (%2,26) ortaya çıkmasında *A.agilis* bakterisi etkili olmuş, bunu *P. aglomerans* (%2,25), *B. subtilis* and *P. putida* (%2,24) izlemiştir (Şekil 4,48).

Bakteri izolatlarının belli bitki türlerinde daha etkin olması nedeniyle (Khalid *et al.* 2004) farklı çeşitlerde farklı bakterilerin etkin olduğu görülmektedir.

Azot oranının artmasına makro ve mikro organizmaların, organik maddenin ve su miktarındaki artışın neden olması torf ortamında ve kontrol ortamında azot miktarının artmasına yol açmıştır. Nitekim benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da elde edilmiştir (Garten *et al.* 1994; Knoepp and Swank 1998).

Araştırma bulgularında mısır ve buğdayda farklı bakteri suşları etkin olmuştur. Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin başarısının bitki tür ve çeşidine bağlı olduğu birçok çalışmada da ifade edilmektedir (Ping and Boland 2004; Çakmakçı 2005a; Çakmakçı *et al.* 2007a).

#### **4.8. Toprak Reaksiyonu (pH)**

Farklı ortamlarda (pomza, perlit ve torf) yetiştirilen mısır ve buğday bitkilerinde ortam, oran ve PGPR uygulamalarının pH üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.16'da ve ortalama değerler Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16'nın incelenmesinden anlaşılacağı gibi buğday ve mısırdaki yapılan varyans analizi sonuçlarına göre ortam, karışım oranı ve bakteri uygulamaları ile birlikte interaksyonlarda pH değerleri yönünden istatistiki olarak  $p < 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.



Çizelge 4.16. Ortam ve oranların pH değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi.	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Bitki (B)	1	1,49	1,49	319**
Ortam (O)	2	38,71	19,35	4128**
Karşım Oranı (KO)	4	78,41	19,60	4182**
Bakteri (Bkt.)	4	0,26	0,07	14**
B x O	2	1,10	0,55	118**
B x KO	4	3,77	0,94	201**
O x KO	8	64,26	8,03	1714**
B x Bkt.	4	0,77	0,19	41**
O x Bkt.	8	2,27	0,28	60**
KO x Bkt	16	6,81	0,43	91**
B x O x KO	8	8,81	1,10	235**
B x O x Bkt	8	1,77	0,22	47**
B x KO x Bkt	16	3,96	0,25	53**
O x KO x Bkt	32	8,03	0,25	54**
B x O x KO x Bkt	32	4,42	0,14	29**
Hata	300	1,41	0,00	

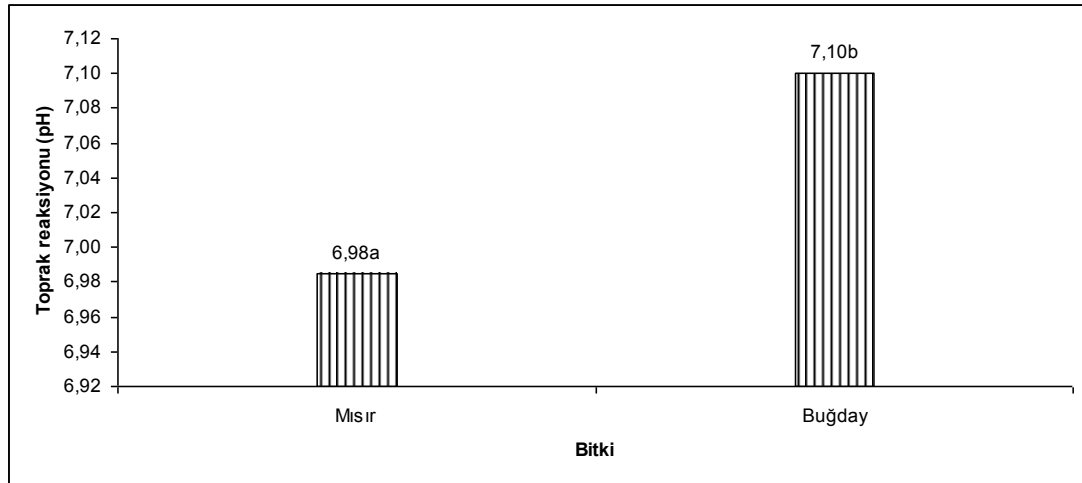
Çizelge 4.17. Ortam, oran ve PGPR uygulamalarına ait ortalama pH değerleri

Karışım oranı	Bakteri	Buğday			Mısır		
		Pomza	Perlit	Torf	Pomza	Perlit	Torf
100:0	<i>A. agilis</i>	7,4	6,2	5,2	7,4	5,8	5,2
	<i>P. aglomerans</i>	7,2	6,1	5,3	7,2	6,0	5,2
	<i>P. putida</i>	7,4	5,8	5,2	7,4	5,4	5,2
	<i>B. subtilis</i>	7,8	6,3	5,7	7,8	6,1	5,3
	<b>Kontrol</b>	7,3	6,1	6,9	7,3	6,1	5,3
75:25	<i>A. agilis</i>	7,5	7,9	6,4	7,5	7,7	6,6
	<i>P. aglomerans</i>	7,7	7,3	6,6	7,5	7,5	7,0
	<i>P. putida</i>	7,5	7,8	6,4	7,7	7,5	6,3
	<i>B. subtilis</i>	7,5	7,4	6,1	7,5	7,1	6,5
	<b>Kontrol</b>	7,2	7,4	6,1	7,6	7,7	6,2
50:50	<i>A. agilis</i>	7,4	7,7	6,5	7,1	7,3	6,5
	<i>P. aglomerans</i>	7,4	7,2	6,2	7,4	7,7	6,9
	<i>P. putida</i>	7,5	7,3	7,2	7,5	7,8	6,7
	<i>B. subtilis</i>	7,2	7,4	6,7	7,2	7,3	6,5
	<b>Kontrol</b>	7,1	7,5	7,5	7,3	7,7	7,1

Çizelge 4.17 (devam)

25:75	<i>A. agilis</i>	7,4	7,8	6,9	6,2	7,4	6,2
	<i>P. aglomerans</i>	7,4	7,2	7,4	6,2	7,1	7,5
	<i>P. putida</i>	7,3	7,8	7,0	6,1	7,7	7,6
	<i>B. subtilis</i>	7,8	7,2	7,4	6,1	7,6	7,2
	<b>Kontrol</b>	7,4	7,4	6,8	6,1	7,8	6,8
0:100	<i>A. agilis</i>	7,5	7,5	7,5	7,9	7,9	7,9
	<i>P. aglomerans</i>	7,6	7,6	7,6	7,5	7,5	7,5
	<i>P. putida</i>	7,4	7,4	7,4	7,6	7,6	7,4
	<i>B. subtilis</i>	7,8	7,8	7,8	7,5	7,5	7,5
	<b>Kontrol</b>	7,8	7,8	7,8	7,4	7,4	7,4

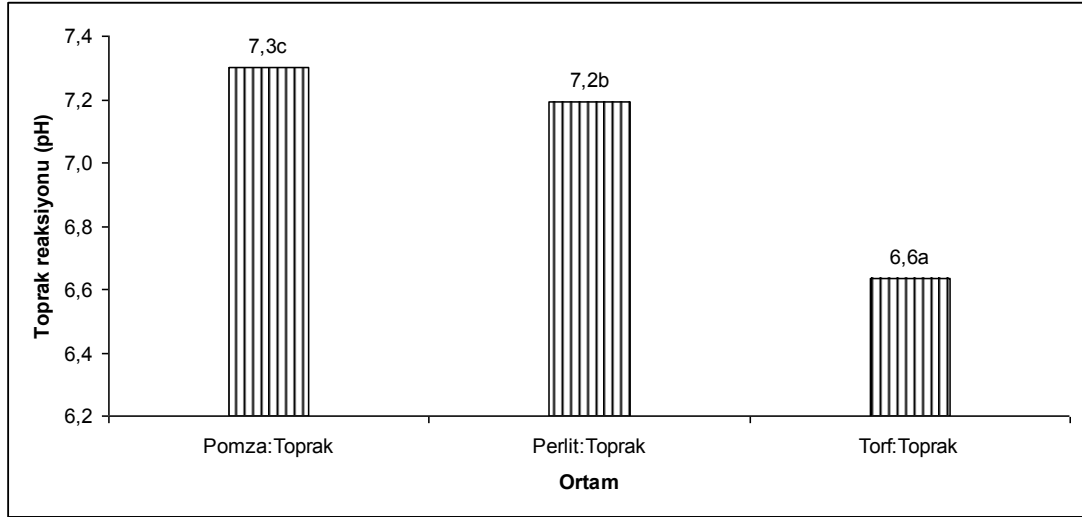
Çizelge 4.17'den görüldüğü gibi deneme bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama pH değerleri buğdayın yetiştirildiği örneklerde 7,10 ve mısırın yetiştirildiği örneklerde ise 6,98 olarak bulunmuştur. Her iki bitki için toprak reaksiyonu çoklu karşılaştırma testine göre birbirlerinden farklı bulunmuş ve bu farklılık önemli bulunmuştur (Şekil 4.49).



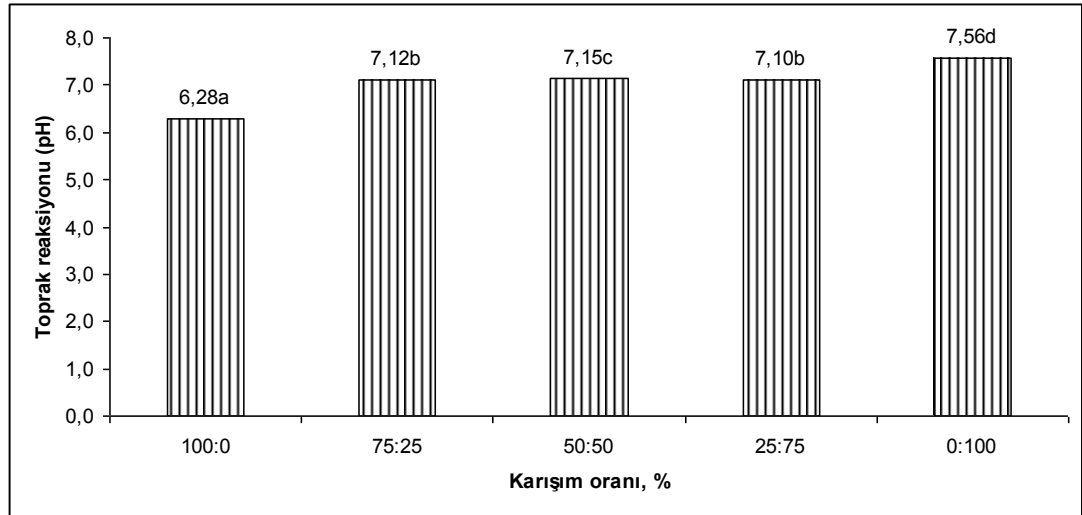
Şekil 4.49. Deneme bitkileri için örneklerin pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Ortamlardan en yüksek pH değerini 7,3 ile pomza ortamı verirken en düşük pH değerini 6,6 ile torf ortamı vermiştir. Karışım oranlarında ise; kontrol 7,56 ile en yüksek pH

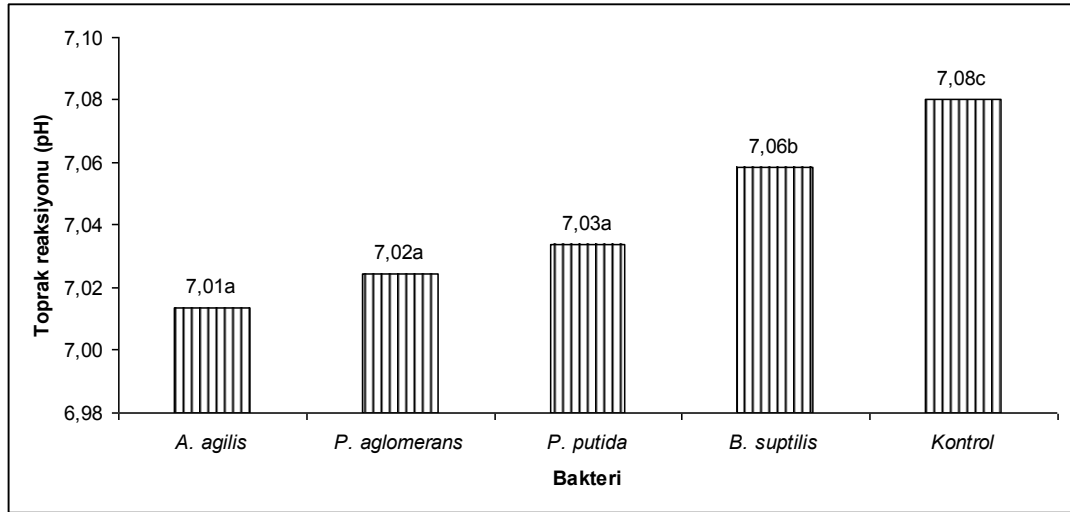
değerini verirken, materyallerin %100 olarak yer aldığı örneklerin ortalama pH değeri 6,28 olarak bulunmuştur (Şekil 4.50 ve 4.51).



**Şekil 4.50.** Ortamların pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.51.** Karışım oranlarının ortalama pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p<0,05$ ) testi sonuçları



**Şekil 4.52.** Bakterilerin yer aldığı örneklerin pH değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bakteri uygulamalarında ortalama pH değerleri bakımından, *A. agilis*, *P. aglomerans* ve *P. putida* bakterileri aynı grupta yer almış ve bu bakterilerin inokulasyonu pH değişiminde birbirlerinden farklılık göstermemiştir. *B. subtilis* bakterisi ikinci grubu ve kontrolde üçüncü grubu oluşturmuştur. (Şekil 4.52).

Benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından da elde edilmiştir (Deubel *et al.* 2000; Canbolat *et al.* 2006 a). Araştırma sonucuna göre pomza da ve kontrol oranında pH değerinin hafif alkalın (Aydın ve Sezen 1995) çıkmasının tamamen ortamla ilgili olduğu söylenilebilir.

Bakteri izolatlarının belli bitki türlerinde etkin olduğu (Lucy *et al.* 2004), etkinliğin bitki türlerine bağlı olduğu vurgulanmıştır (Khalid *et al.* 2004). Bakterilerin etkisi zamana, bakteri straini, toprak organik madde miktarı, bitki türü, ele alınan parametreler ve uygulama tekniğine göre değişmektedir (Pal 1998; Çakmakçı *et al.* 1999; Çakmakçı 2005b, Şahin *et al.* 2006).

#### 4.9. Bakteri Sayısı

Denemede hazırlanan yetiştirme ortamlarının bakteri içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18'de ve ortalama bakteri sayıları da Çizelge 4.19'da verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** Yetiştirme ortamlarının bakteri sayılarına ait varyans analizi

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
<b>Bitki (B)</b>	1	113,3	113,3	57737**
<b>Ortam (O)</b>	2	3729,2	1864,6	949935**
<b>Karşım Oranı (KO)</b>	4	2546,5	636,6	324334**
<b>Bakteri (Bkt.)</b>	4	419,3	104,8	53405**
<b>B x O</b>	2	79,9	40,0	20356**
<b>B x KO</b>	4	163,8	40,9	20858**
<b>O x KO</b>	8	2048,8	256,1	130469**
<b>B x Bkt.</b>	4	40,9	10,2	5213**
<b>O x Bkt.</b>	8	912,8	114,1	58127**
<b>KO x Bkt</b>	16	158,2	9,9	5037**
<b>B x O x KO</b>	8	212,0	26,5	13501**
<b>B x O x Bkt</b>	8	175,9	22,0	11200**
<b>B x KO x Bkt</b>	16	58,5	3,7	1863**
<b>O x KO x Bkt</b>	32	719,4	22,5	11454**
<b>B x O x KO x Bkt</b>	32	353,4	11,0	5627**
<b>Hata</b>	300	0,59	0,002	

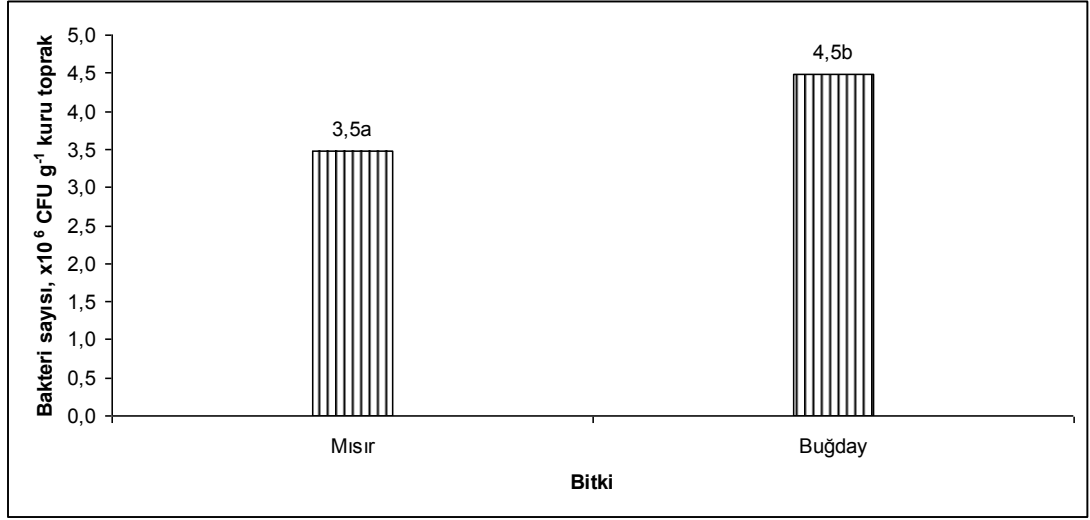
Çizelge 4.19. Yetiştirme ortamlarının ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak)

Ortam	Karışım oranı, %	Buğday					Mısır				
		<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol	<i>A. agilis</i>	<i>P. aglom.</i>	<i>P. putida</i>	<i>B. subtilis</i>	Kontrol
Pomza: Toprak	100 : 0	1,5	1,6	2,1	3,2	1,6	2,8	1,7	1,8	4,8	1,7
	75 : 25	1,4	1,5	1,6	1,3	1,3	1,8	1,6	1,5	2,2	1,4
	50 : 50	1,3	1,4	1,6	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,3
	25 : 75	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2
	0 : 100	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1
Perlit: Toprak	100 : 0	9,5	16,4	1,6	2,5	16,7	2,3	3,4	1,7	2,6	1,8
	75 : 25	1,4	1,3	1,3	2,5	2,4	1,7	1,9	1,6	1,8	1,8
	50 : 50	1,4	1,5	1,2	1,6	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6	1,7
	25 : 75	1,3	1,3	1,3	1,8	1,1	1,6	1,4	1,3	1,4	1,6
	0 : 100	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1
Torf: Toprak	100 : 0	21,6	17,7	24,7	16,0	9,4	15,7	22,3	17,1	9,4	7,3
	75 : 25	17,1	16,1	15,7	7,7	6,5	9,2	16,5	13,8	6,9	4,3
	50 : 50	9,7	14,9	7,4	5,8	4,4	5,0	12,4	5,9	2,9	1,9
	25 : 75	5,9	6,0	4,2	3,8	2,5	1,2	12,3	5,6	1,3	1,2
	0 : 100	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1

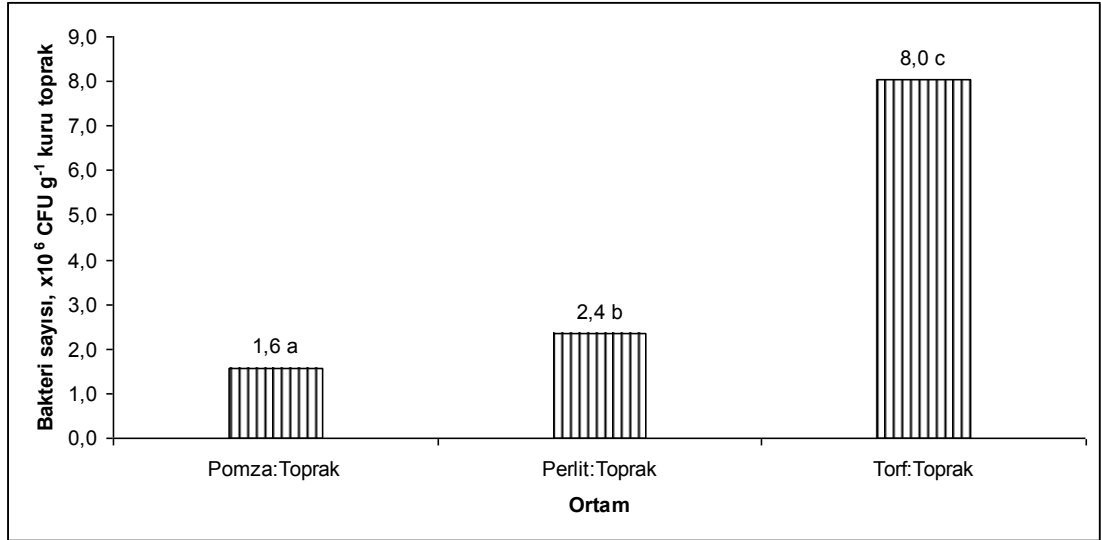
Çizelge 4.18'dan görüleceği gibi, yapılan varyans analizi F değerlerine göre deneme bitkileri, ortam, oran, bakteriler ve interaksyonlar bakteri sayıları üzerinde  $p < 0,01$  seviyesinde önemli etkiye sahip olmuştur.

Deneme bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama bakteri sayıları, buğday bitkisi için  $4,5 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak ve mısır bitkisi için  $3,5 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.53).

Bakteri sayıları bakımından ortamlar değerlendirildiğinde, pomza:toprak ortamı  $1,6 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak, perlit:toprak ortamı  $2,4 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak ve torf:toprak ortamı  $8 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak değerlerine sahip olmuştur. En düşük bakteri sayısı pomza ortamında en yüksek bakteri sayısı da torf ortamında gelişmiştir (Şekil 4.54).



**Şekil 4.53.** Deneme bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama bakteri sayıları, ( $\times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

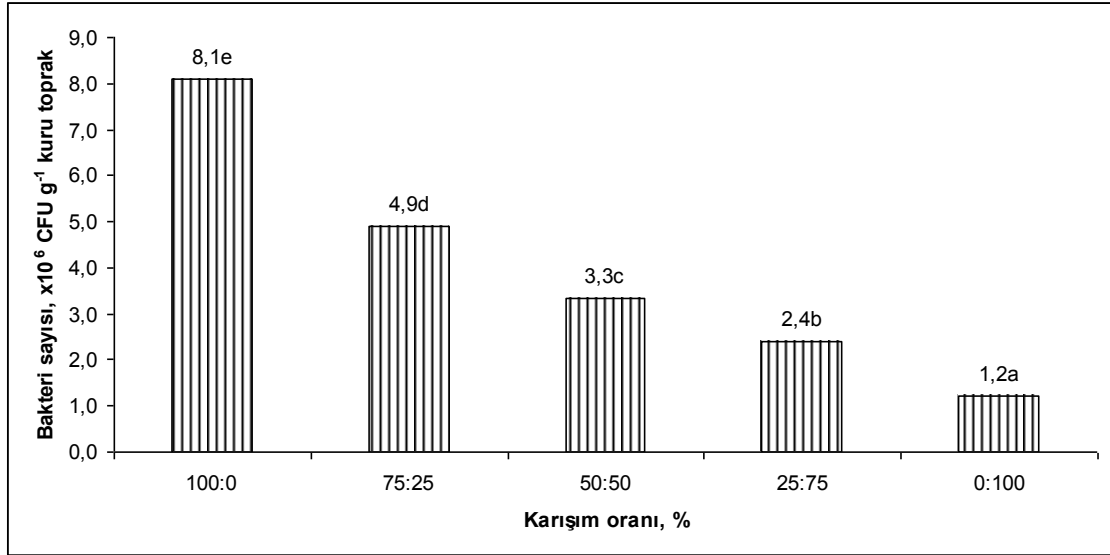


**Şekil 4.54.** Ortamlara ait ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Perlit ilavesinin, toprağın azotobakter sayısında ve total azot değerlerinde artışa neden olduğu vurgulanmıştır. (Özkan 1986).

Karışım oranları bakımından, en düşük bakteri sayısı, toprak örneğinin %100 olarak yer aldığı örneklerde ( $1,2 \times 10^6$  CFU  $g^{-1}$  toprak) en yüksek değerlerde materyallerin %100

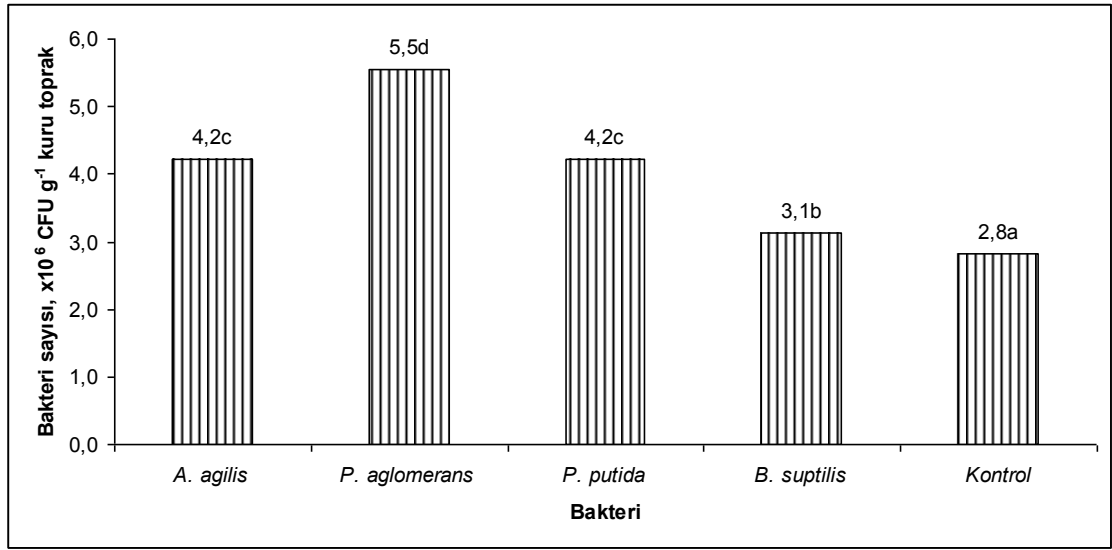
olarak yer aldığı örneklerde ( $8,1 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) tespit edilmiştir. Bu sonucu büyük oranda torf materyali etkilemiştir (Şekil 4.55).



**Şekil 4.55.** Karışım oranlarına göre ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Bakteri uygulamaları, kontrol grubuna göre daha yüksek bakteri gelişimini sağlamıştır. Uygulanan bakteriler içerisinde de en fazla bakteri gelişimi *P. aglomerans* bakterisi ( $5,5 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) ve en düşük bakteri gelişimi de *B. subtilis* bakterisi uygulamasında ( $3,1 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) kaydedilmiştir (Şekil 4.56).





**Şekil 4.56.** Bakteri uygulamalarına göre ortalama bakteri sayıları ( $\times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) ve Duncan çoklu karşılaştırma ( $p < 0,05$ ) testi sonuçları

Astaraei (2008), toprağa farklı organik kaynaklı materyaller karıştırarak yürüttüğü araştırmasında bakteri sayılarını karşılaştırmıştır. Bakteri sayısı, torf materyalinde 7 ve toprakta 5,61 g toprak (log 10) olarak tespit edilmiştir.

Shariati *et al.* (2013), içerisinde perlitinde yer aldığı organik ve inorganik kaynaklı ortamlarda, fosfat çözücü bakteri olarak *Pseudomonas fluorescense* bakterisinin 0, 15, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 günlük periyotlarda popülasyonunu çalışmıştır. Ortamdaki organik madde içeriğinin artışına bağlı olarak bakteri popülasyonunun da arttığını vurgulamışlardır. Bu araştırma bulgularına benzer olarak toprak organik madde miktarı arttıkça bakterilerin kullandıkları karbon kaynağının artışına bağlı olarak bakteri etkinliği ve sayısının arttığı, ancak artış oranının bakteri türlerine bağlı olarak değiştiği vurgulanmıştır (Şahin *et al.* 2004, çakmakçı *et al.* 2006, 2007a).

## 5. SONUÇ

Bu araştırmada, killi tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, kireç içeriği bakımından pek az, organik madde miktarı orta, katyon değişim kapasitesi içerdiği kil ve organik madde miktarına göre normal, yarayışlı nem kapasitesi %26,5 ve 7. tahmin sınıflama sistemine göre, Typic Ustorthent sınıfında yer alan toprak örneği, yetiştirme ortamlarının hazırlanmasında pomza, perlit ve torf ile karıştırılarak kullanılmıştır.

Toprakla pomza, perlit ve torf materyallerinin karışımlarına ait ortamların kütle yoğunluğu değerleri birbirinden farklı gruplar içerisinde yer almıştır. En yüksek kütle yoğunluğu değeri pomza toprak karışımında sahip olurken en düşük kütle yoğunluğu değeri perlit toprak karışımlarının olduğu grupta ortaya çıkmıştır. Karışım oranlarına göre kütle yoğunluğu değerleri, denemede kullanılan pomza, perlit ve torf materyallerinin %100 olduğu örneklerde en düşük (0,51 g/cm<sup>3</sup>), toprak örneğinin %100 olduğu örneklerde ise en yüksek (1,34 g/cm<sup>3</sup>) olduğu belirlenmiştir. Karışım oranında, toprak içeriğinin artması kütle yoğunluğu değerinin de artmasına neden olmuştur. Kuru durum için kaydedilen kütle yoğunluğu değerleri pomza, perlit ve torfun %100 olduğu örneklerde pomza için 0,55 g/cm<sup>3</sup>, perlit ve torf için de, 0,14 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Pomzanın toprakla karışım oranları diğer iki materyalden daha yüksek kütle yoğunluğu değerlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Toprakla pomza, perlit ve torf materyallerinin karışımlarına ait ortamların hacimsel nem içeriği değerleri birbirinden farklı gruplar içerisinde yer almıştır. En yüksek hacimsel nem içeriği değeri (%34,1) torf toprak karışımında, en düşük hacimsel nem içeriği değeri ise (%22,9) pomza toprak karışımlarının olduğu grupta ortaya çıkmıştır. Karışım oranlarına göre hacimsel nem içeriği değerleri, denemede kullanılan toprak örneğinin %100 olarak yer aldığı örneklerde en düşük (%21,9) bulunmuş, bunu pomza, perlit ve torf materyalinin %100 olduğu örneklerin izlediği (%26,7) tespit edilmiştir. Karışım oranının %50:%50 olduğu örnekte en yüksek (%29,4) değerler kaydedilmiştir. Karışım oranında, toprak içeriğinin artması %50:%50 oranına kadar hacimsel nem içeriği değerinde artışa neden olmuştur. Karışım oranının 0:%100 den %75:%25 değişmesinde

hacimsel nem içeriğindeki artış %6,4 olurken, karışım oranının %75:%25'den %50:%50'ye değişmesinde %3,5 olmuştur. Ancak karışım oranının %50:%50'den %25:%75'e değişmesinde %3,4 ve %25:%75'den 0:%100'e değişmesinde de %23,1'lük bir azalma kaydedilmiştir.

Materyallerin toprak içerisindeki karışım oranlarının azalmasına bağlı olarak, perlit kuruma sürecinde nem içeriğindeki azalma ile ilişkili olarak diğer iki materyale göre en fazla etkilenen materyal olmuştur. Doygun durumda en yüksek nem içeriği değeri torf ortamında elde edilirken en küçük nem içeriği değeri ise pomza ortamında saptanmıştır. Bu sonuca materyallerin sahip olduğu toplam porozite sebep olmuştur. Her üç materyalin toplam gözeneklilik içerisinde yer alan makro ve mikro gözeneklerinin dağılımından dolayı kuruma sürecindeki nem değişim seyri de farklı olmuştur.

Denemede üzerinde çalışılan ortamların hidrolik iletkenlik değerleri, hem materyal (pomza, perlit ve torf) hem de uygulama oranları tarafından önemli seviyede etkilenmiştir.

Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, pomza, perlit ve torf'un hidrolik iletkenlik üzerine oluşturduğu etki bakımından materyallerin ve uygulama oranlarının birbirinden farklı ( $p < 0,05$ ) olduğu saptanmıştır. Hidrolik iletkenlik değeri pomzada en düşük torfta ise en yüksek bulunmuştur. Ortalamalar arası fark önemli bulunmuştur. Uygulama oranları bakımından da ortalamalar arası farkın önemli olduğu kaydedilmiştir.

Kullanılan materyallerin toprakla karışımlarından hazırlanan ortamların doygun hidrolik iletkenlik ve kütle yoğunluğu değerlerinin, materyaller ve uygulama oranlarına bağlı olarak düşük kütle yoğunluğu ve yüksek doygun hidrolik iletkenlik değerleri ortaya koydukları kaydedilmiştir.

Kök ve gövde kuru ağırlıkları bakımından bitkiler, ortamlar, karışım oranları ve bakteriler birbirlerinden önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Gövde kuru ağırlığı bakımından interaksyonlar da önemli bulunurken, kök kuru ağırlığı bakımından Bitki x

Ortam, Ortam x Karışım Oranı, Ortam x Bakteri, Bitki x Ortam x Karışım Oranı, Bitki x Ortam x Bakteri, Ortam x Karışım Oranı x Bakteri ve Bitki x Ortam x Karışım Oranı x Bakteri interaksyonları önemsiz bulunmuştur.

Kök ve gövde kuru ağırlığı bakımından denemede kullanılan buğday ve mısır bitkisi birbirlerinden farklı bulunmuştur. Kök kuru ağırlığı bakımından ortamlar  $p < 0,05$  düzeyinde ve gövde kuru ağırlığı bakımından da  $p < 0,01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Gövde kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından pomza ve perlit ortamlarında yetiştirilen bitkiler torf ortamında yetiştirilenlerden daha büyük bir değere sahip olduğu, kök kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından da perlit ve torf ortamlarına göre pomzanın bu ortamlardan artan yönde bir farklılık gösterdiği kaydedilmiştir.

Yetiştirme ortamlarına ait materyal karışım oranları gövde ve kök kuru ağırlık değerlerini önemli derecede etkilemiş, kök ve gövde kuru ağırlıklarındaki artış, karışım oranları içerisindeki toprak miktarının artışı yönünde bir paralellik göstermiştir.

Bakteri uygulaması gövde ve kök kuru ağırlığını önemli derecede etkilemiş, kök kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından, kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli bir farkın olduğu, *P. putida*'nın en yüksek ortalama değeri (0,33 g/saksı) verdiği bunu sırasıyla *A. agilis* (0,30 g/saksı), *P. aglomerans* (0,29 g/saksı) ve *B. subtilis* (0,28 g/saksı)'in izlediği tespit edilmiştir. Gövde kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli bir farkın olduğu ancak bakteri uygulamaları arasında bir farklılığın olmadığı kaydedilmiştir.

Deneme bitkileri ortalama azot içeriği bakımından buğday bitkisinde %2,41 ve mısırdaki %1,39 bulunmuştur. Ortamlar, ortalama azot içeriği bakımından karşılaştırıldığında pomza %1,82, perlit %1,97 ve torf %1,91 azot içeriği sağlamıştır. Karışım oranları, ortalama azot içeriği bakımından en düşük değeri materyallerin %100 olduğu örneklerde ortaya koymuştur. En yüksek ortalama bitki azot içeriği değeri %25:%75 karışım oranlarına ait örneklerde tespit edilmiştir.

Bakteri uygulaması bitki azot içeriğinde, dört farklı grubun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Birinci grup olan kontrol grubunda (a) ortalama bitki azot içeriği %1,79 bulunurken, *B. subtilis* bakterisinin yer aldığı ikinci grupta (b) bitki azot içeriği %1,89, *A. agilis* ve *P. aglomerans* bakterilerinin yer aldığı üçüncü grupta (c) bitki azot içeriği %1,94 ile %1,93 ve *P. putida* bakterisinin yer aldığı dördüncü grupta (d) bitki azot içeriği %1,95 olarak bulunmuştur.

Ortamlar içerisinde en yüksek fosfor içeriğini perlit:toprak ortamı sağlarken bunu torf:toprak ve pomza:toprak ortamı izlemiştir. Bitki fosfor içeriği bakımından karışım oranları içerisinde en yüksek değeri 25:75 karışım oranı sağlarken en düşük değer 100:0 karışım oranından sağlanmıştır.

Denemede *P. aglomerans* ve *P. putida* ile aşılınmış bitkilerin fosfor içeriği diğer iki bakteri grubundan daha yüksek bulunmuştur. Kontrol grubu en düşük bitki fosfor içeriğini sağlamıştır.

Deneme bitkileri, ortalama potasyum içeriği bakımından buğday bitkisinde %2,18 ve mısırdaki %2,24 bulunmuştur. Ortamlar, ortalama potasyum içeriği bakımından karşılaştırıldığında perlit:toprak ortamı (%2,29) diğer iki ortamdan daha yüksek değere sahip olmuştur. Bu ortamı torf:toprak (%2,21) ve pomza:toprak (%2,13) ortamları izlemiştir. Karışım oranları bakımından, ortamlardaki toprak içeriğinin artmasıyla ilişkili olarak potasyum içeriği artmıştır. Karışım oranları, bitki potasyum içeriği bakımından farklı gruplar ortaya koymuştur. Bakteri uygulamaları, kontrol grubuna göre daha yüksek bitki potasyum içeriği değerlerini sağlamıştır. Uygulanan bakteriler içerisinde de en yüksek bitki potasyum kapsamının (%2,26) ortaya çıkmasında *A. agilis* bakterisi etkili olmuş, bunu *P. aglomerans* (%2,25), *B. subtilis* ve *P. putida* (%2,24) izlemiştir.

Deneme bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama pH değerleri buğdayın yetiştirildiği örneklerde 7,10 ve mısırın yetiştirildiği örneklerde ise 6,98 olarak bulunmuştur. Her iki bitki için toprak reaksiyonu çoklu karşılaştırma testine göre

birbirlerinden önemli olduğu bulunmuştur. Ortamlardan en yüksek pH değerini 7,3 ile pomza ortamı verirken en düşük pH değerini 6,6 ile torf ortamı vermiştir. Karışım oranlarında ise; kontrol 7,56 ile en yüksek pH değerini verirken, materyallerin %100 olarak yer aldığı örneklerin ortalama pH değeri 6,28 olarak bulunmuştur.

Bakteri uygulamalarında ortalama pH değerleri bakımından, *A.agilis*, *P. aglomerans* ve *P.putida* bakterileri aynı grupta yer almış ve bu bakterilerin inokulasyonu pH değişiminde birbirlerinden farklılık göstermemiştir. *B.suptilis* bakterisi ikinci grubu ve kontrolde üçüncü grubu göre oluşturmuştur. Deneme bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama bakteri sayıları, buğday bitkisi için  $4,5 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak ve mısır bitkisi için  $3,5 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak olarak kaydedilmiştir.

Bakteri sayıları bakımından ortamlar değerlendirildiğinde, pomza:toprak ortamı  $1,6 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak, perlit:toprak ortamı  $2,4 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak ve torf:toprak ortamı  $8 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak değerlerine sahip olmuştur. En düşük bakteri sayısı pomza ortamında en yüksek bakteri sayısı ise torf ortamında gelişmiştir.

Karışım oranları bakımından, en düşük bakteri sayısı, toprak örneğinin %100 olarak yer aldığı örneklerde ( $1,2 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) en yüksek değerde materyallerin %100 olarak yer aldığı örneklerde ( $8,1 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) tespit edilmiştir. Bu sonucu büyük oranda torf materyali etkilemiştir. Uygulanan bakteriler içerisinde de en fazla bakteri gelişimi *P. aglomerans* bakterisi ( $5,5 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) ve en düşük bakteri gelişimi de *B. suptilis* bakterisi ( $3,1 \times 10^6$  CFU g<sup>-1</sup> toprak) kaydedilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, araştırmada kullanılan pomza, perlit gibi inorganik ve torf gibi organik materyallerin toprak ortamına ilavesinin toprağın fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğu ve ortam karakterlerini olumlu yönde etkileyerek bakteri gelişimini teşvik ettiği bu durumda bitki gelişiminde olumlu yönde katkılar sağladığı kaydedilmiştir.

**KAYNAKLAR**

- Akkaş, H. 1995. Değişik irilik ve miktardaki perlitin Tekirdağ yöresi topraklarının önemli bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ
- Anonim, 1995. Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, Yıllık Raporları, 1970 – 1995, Ankara
- Anonim, 1996. ETİBANK Perlit İşletmesi El Broşürü. İzmir.
- Anonim, 2000. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Erzurum ili Arazi Varlığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No: 25. Ankara.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. In: Helrich, K (Ed.), Washington, DC.
- Arshad, M.A., Lowery B., and Grossman B., 1996. Physical tests for monitoring soil quality. p.123-142. In: J.W. Doran and A.J. Jones (eds.) Methods for assessing soil quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI.
- Astraei, A.E., 2008. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4(2), 178-188.
- Aydın, A. ve Sezen Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üni., Zir. Fak. Ders Yayınları No: 174, Erzurum.
- Bashan, Y., Holguin G. and Bashan L.E., 2004, Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003), Can. J. Microbiol. 50:521-577.
- BRAIs, S. 2001. Persistence of soil compaction and effects on seedling growth in northwestern Quebec. Soil Sci. Soc. Amer. J. 65, 1263-1271.
- Bender, D. 1999. Toprağa karıştırılan peat ve perlitin su stresi altındaki biber bitkisinin (*capsicum annuum* var. *grossum* cv. 11b-14) gelişimi üzerine etkileri Damla Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi Ankara.
- Beşiroğlu, A. 2007. Magnezyumun sera koşullarında farklı büyüme ortamlarında yetiştirilen domatesin gelişmesi, magnezyumun alımı ve dağılımına etkisi Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara
- Bunt, A.C., 1974. Some physical and chemical characteristics of loamless pot plant substrates and their relation to plant growth. Acta Hort, 37, 1954-1965.
- Bunt, A.C., 1988. Media and Mixes for Container Grown Plants. London: Unwin Hyman.
- Busscher, W.J., 1990. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. Transactions of the ASAE, 33 (2), 888-892.
- Cabrera R.I., 2003. Fundamentals of container media management, Part I, Physical Properties, The State University of New Jersey Agricultural Experiment Station, <http://aesop.rutgers.edu/~Floriculture/publications/physprop.htm>, 15.11.2013.
- Canakcı, M. ve Akıncı I., 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy 31, 1243–1256.

- Canbolat, M.Y., 1999. Farklı agregat büyüklük fraksiyonlarında nem değişimi ve agregat büyüklüğünün bazı nem karakteristiklerine etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 30 (1), 73-79.
- Canbolat, M., Bilen S., Çakmakci R., Şahin F. and Aydın A., 2006, a. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. Biol. and Fertil. Soils, 42, 350-357.
- Canbolat M.Y., Barik K., Çakmakçı R. and Şahin F., .2006 b. Effects of mineral and biofertilizers on barley growth on compacted soil. Act. Agric. Scand., 56, 324–332.
- Carlile, B., 2009. Organic materials for growing media in Europe: current and future scenarios. In: 8th Symposium of the International Scientific Centre of Fertilizer, Rome (Italy).
- Chen, Y., Banm A. and Ataman Y., 1980. Characterization of particulates and pores hydraulic properties and water air ratios of artificial growth medias and soils. I.Intern.Congr. on Soilless Culture, Wageningen, 63-82.
- Chen, Y., Mei R., Lu S., Liu L. and Kloepper J.W., 1996. The use of Yield Increasing Bacteria (YIB) as Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Chinese Agriculture. Management of Soil Borne Diseases, R.S. Utkhede and V.K. Gupta ed. Kalyani Publishers, Ludhiada. New Delhi.
- Clark F. E., 1965. Agar-Plate Metod for Total Microbial Count. Methods of Soil Analiysis. Chemical and Mikrobiological Properties. C. A. Black, D.D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger and F.E. Clark (ed) by Amer. Soc.Agron. Inc, Madison, Winsconsin USA Agron. 9, Part 2, 1460-1466
- Çakmakçı, R., Kantar F. and Algur Ö.F., 1999. Sugar beet and Barley Yields in Relation to Bacillus polymyxa and Bacillus megaterium var. phosphaticum Inoculation. J. Plant Nutr. Soil Sci, 162, 437-442.
- Çakmakçı, R., Kantar F. and Şahin F., 2001. Effect of N<sub>2</sub>-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. J. Plant Nutr. Soil Sci, 164, 527-531.
- Çakmakçı, R., 2005a. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg. 36 (1), 97-107.
- Çakmakçı, R. 2005b. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. Selçuk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi 35, 93-108.
- Çakmakçı, R., Dönmez F., Aydın A. and Şahin F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biol. Biochem, 38, 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Dönmez M.F. and Erdoğan Ü.G., 2007a. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Barley Seedling Growth, Nutrient Uptake, Some Soil Properties, and Bacterial Counts. Turk J Agric, For 31, 189-199.
- Çakmakçı, R., Erat M., Erdoğan Ü. and Dönmez F., 2007b. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Ertürk, Y., Erat, M., Haznedar, A., Sekban, R., 2010. Diversitiy and metabolic potential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidics soils. Plant and Soil, 332, 299-318.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Sekban, R., Haznedar, A., Varmazyari, A., 2013. The Effect of Single and Mixed Cultures of Plant Growth Promoting Bacteria and Mineral



- Fertilizers on The ( *Camellia Sinensis*) Growth, Yield and Nutrient Uptake. Ist. Central Asia Congres on Modern Agricultural Tecniques and Plant Nutrition. Soil Water Journal, Secial Issue for AGRICASIA, Vol2, No 2(1), 653-662.
- Çakmakçı, R., Güllap, K., Koç, A., Erdoğan, Ü., Daşçı, M., Varmazyari, A., Kutlu, M., Erat, M., 2013a. Su Stresi koşullarında Farklı Biyolojik Gübre Kombinasyonlarının Yem Bezelyesi ( *Pisum Sativum* Spp. *Arvense* L.) Gelişme ve Bazı Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. 10. Tarla Bitkileri Kongresi, Konya.
- Çakmakçı, R., Güllap, K., Erdoğan, Ü., Erat, M. Koç, A., 2013b. Otlak ayrığıında ( *Agropyron cristatum*) su stresini hafifletmede bazı mikroorganizma esaslı sıvı biyolojik gübrenin rolü. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, Nevşehir. 164-167.
- Çanakçı, M. ve Akıncı İ., 2004. Antalya bölgesi sera sebzeçiliği işletmelerinde tarımsal altyapı ve mekanizasyon özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1), 101-108.
- Çinkılıç, H., 2008. Farklı Organik ve İnorganik Ortamlarda Hıyar Fidesi Üretimi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2), 152-158.
- De Boodt, M. and De Waele N., 1968. Study on the physical properties of artificial soils and the growth of ornamental plants. *Pedologie*, XVIII, 3, 275-300.
- DeBoodt, M. and Verdonck O., 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, 26, 37-44.
- De Boodt, M., Verdonck O. and Cappaert I., 1973. Methods for measuring the water release curve of organic substrates. *Proceedings Symposium "Artificial media in horticulture"* Gent, Belgium, 10-13 Sept.: *Acta horticulture* No.37, 2054-2062.
- De Freitas J.R. and Germida J. J., 1990. A root tissue culture system to study winter wheat-rhizobacteria interactions. *Applied Microbiology and iotechnology*, 33, 589-595.
- De Freitas, J.R. and Germida, J.J., 1991. *Pseudomonas cepacia* and *Pseudomonas putida* as winter-wheat inoculants for biocontrol of *Rhizoctonia solani*. *Can J Microbio.*, 37, 780-784.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Yayınları No: 143. Erzurum, s:90-95.
- Demirkıran, A.R., Cengiz M.Ç., 2011. Değişik Organik Materyaller (Gıdya, Alsil, Deniz Yosunu, Hümik asit, yosun ve torf) ile kimyasal gübre uygulamalarının Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) fidanı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Bingöl Üniv. Fen. Bil. Dergisi* 1 (1), 43-50.
- Deubel, A., Gransee A. and Merbach W., 2000. Transformation of organic rhizodepositions by rhizosphere bacteria and its influence on the availability of tertiary calcium phosphate. *J Plant Nutr Soil Sci*, 163, 387-392.
- Dobbelaere S, Croonenborghs A. and Thys A., 2002. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A-irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, 36 (4), 284-297.
- Dowdy, S. and Weardin S., 1983. *Statistics for Research*. John Wiley and Sons Inc. New York, USA.

- Dünder, M.A., 2009. Toprağa karıştırılan farklı irilik ve oranlardaki pomzanın çim bitkisinin sulanmasına etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- El-Hady, A., Ebtisam, I. and Dardiry E., 2006. Improving hydrophysical properties quality of compost. *Journal of Applied Sciences Research*, 2 (12), 1137-1141.
- Erpul, G. ve Bayramın İ., 2004. Beyaz ve sarı pomza örnekleri su tutma özellikleri. Ankara Üniv.Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara.
- Garten, C.T. and H. Van Miegroet. 1994. Relationship between site nitrogen dynamics and natural <sup>15</sup>N abundance in plant foliage from the Great Smoky Mountains National Park. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1636-1645.
- Göçmen, A., 2005. Pomza ve perlitin havuç bitkisinin (*Daucus carota*) gelişimine etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Gupta, S.C. and Raper R.L., 1994. Prediction of soil compaction under vehicles. In: Soane, B.D. and van Ouwerkerk, C., eds. *Soil compaction in crop production*, 71-90.
- Jagnow, G., 1987. Inoculation of cereal crops and forage grasses with nitrogen-fixing rhizosphere bacteria: a possible cause of success and failure with regard to yield response - a review. *Z. Pflanzenernaehr. Dueng. Bodenkd.*, 150, 361-368.
- Jamei, M., Guiras H., Chtourou Y., Kallel A., Romero E. and Georgopoulos I., 2011. Water retention properties of perlite as a material with crushable soft particles. *122 (3-4)*, 261-271.
- Karaman, M., 1993. Bitki yetistirme ortamı olarak pomza tasının farklı azot dozlarında mısır bitkisinin gelişmesine etkisi. Gazi Osman Pasa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Kemper, W.D. and Rosenau R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In: *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods* (A Klute, ed), Soil Sci Soc of Amer Inc, Madison Wisconsin, 425-442.
- Khalid, A., Arshad M. and Zahir Z.A., 2004. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96, 473-480.
- Kloepper, J.W., Lifshitz R. and Zablutowicz R.M., 1989. Free living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.*, 7, 39- 44.
- Knoepp JD, Swank WT., 1998. Rates of nitrogen mineralization across an elevation and vegetation gradient in the southern Appalachians. *Plant Soil* 204:235-241
- Köse, C., 2006. Doğu Anadolu Bölgesi pomzalarının bazı fiziksel özellikleri ve su tutma kapasiteleri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Erzurum
- Kundu, B.S. and Gaur A.C., 1984. Rice response to inoculation with N<sub>2</sub>-fixing and P-solubilizing microorganisms. *Plant Soil*, 79, 227-234.
- Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Anapalı, Ö. ve Şahin, S. 2005. Türkiye'nin farklı yörelerindeki pomzaların havalanma porozitesi ve su tutma kapasitesi açısından tarımda kullanılabilme olanakları. *Türkiye Pomza Sempozyumu*, 301-306. 15-17 Eylül 2005, Isparta.
- Londra, P.A., 2010. Simultaneous Determination of Water Retention Curve and Unsaturated Hydraulic Conductivity of Substrates Using a Steady-state Laboratory Method *Horstscience* 45 (7), 1106-1112.

- Lucy, M., Reed E. and Glick B.R., 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 86, 1-25.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2.*, 199-224.
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis, 18th ed. Horwitz, W. and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.*
- Monib, M., Hosny I. and Besada Y.B., 1984. Seed inoculation of castor oil plant (*Ricinus communis*) and effect on nutrient uptake. *Soil Biol Conserv. Biosphere*, 2, 723-732.
- Munsuz, N., Ataman Y. ve Ünver İ., 1982. Tarımda Yetiştirme Ortamları ve Perlit. Yayın No:102, Etibank Matbaası, Ankara, 87 s.
- Narula, N., Kumar V., Behl R.K., Deubel A., Gransee A. and Merbach W., 2000. Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163, 393-398.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties (Second Edition) (AL Page, ed), Soil Sci Soc of Amer Inc, Madison Wisconsin.*
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982. Organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. ASA SSSA Publisher, Madison, WI, pp. 574-579.*
- Okursoy, R., 2000. Tarım topraklarının yoğun tarla trafiğine bağlı sıkışma sorunları ve toprak sıkışıklığının bitkisel üretime olan etkileri. *Bursa'da Tarım Dergisi*, 7, 20-22.
- Örs, S., 2004. Perlit ve toprak karışımlarının bazı fiziksel özellikleri ve bu karışımların çilekte vejetatif gelişme üzerine olan etkileri Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Özgümüş, A., 1985. Bitki yetiştirme ortamı olarak turbanın önemi ve özellikleri. *Uludağ Üniver sitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 4, 17-24.
- Özgümüş, A., 1997. Türkiyenin değişik yörelerinde yer alan pomzaların bitki yetiştirme ortamı olarak kullanım olanaklarının araştırılması. *Uludağ Üniv. Proje No:97/09.*
- Özkan, C.F., 1986. Topraklara perlit uygulamasının azotobakterilerin aktivitesi ve biyolojik azot fiksasyonu üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.*
- Öztürk, A., Çağlar Ö. and Şahin F., 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 166, 262-266.
- Pal, S.S., 1998. Interactions of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil*, 198, 169-177.
- Ping, L. and Boland W., 2004. Signals from the underground: bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Trends in Plant Science*, 9 (6), 263-266.

- Rhoades, J.D., 1982. Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2, 149-157.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States De-partment of Agriculture Handbook, 60-94.
- Saber, M.S., 1994. Bio-organic farming systems for sustainable agriculture. Inter-Islamic Network on Genetic Engineering and Biotechnology, Cairo, Egypt.
- Shaaban, S.M., 1996. Physical and chemical characteristics of some artificial substrates used as growing media in relation to plant growth. M.Sc. Thesis, Faculty of Agric., Moshtohor, Zagazig Univ. (Benha Branch), Egypt.
- Shariati, S., Alikhani, A.H., Pourbabae, A., Mohammadi, L., 2013. The Potantiel of Application of Different Organic and İnorganic Carriers in Insoluble Phosphate Solubilizing Bacteria( *Pseudomonas fluorescens*) Inoculants Production Procees. Internatiol Journal of Agriculture Research and Review, 3(1), 176-183.
- Soil Survey Division Staff, 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. USDA Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sönmez, İ., Kaplan M., Demir H. and Yılmaz E., 2010. Effects of zeolite on seedling quality and nutrient contents of tomato plant (*Solanum lycopersicon* cv. Malike F1) grown in different mixtures of growing media. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8 (2), 1162-1165.
- Stajner, D., Kevrasan S., Gasic O., Mimica-Dukic N. and Zongli H., 1997, Nitrogen and *Azotobacter chroococccum* enhance oxidative stress tollerance in sugar beet. Biol Plant, 39,441-445.
- Şahin, Ü., Özdeniz A., Zülkadir A., Alan R., 1998. Sera koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bitkisinde farklı yetiştirme ortamlarınının verim, kalite ve bitki gelişmesine olan etkileri. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 22, 71-79.
- Şahin, Ü., Ercişli S., Anapalı Ö., and Eşitken A., 2004. Regional distribution and some physico–chemical and physical properties of some substrate used in Horticulture in Turkey, Acta. Hort., 648, 177-183.
- Şahin F., Çakmakçı R., and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N<sub>2</sub>-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil, 265, 123-129.
- Şahin, Ü., Örs S., Ercişli S., Anapalı Ö. and Eşitken A., 2005. Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. J. Cent. Eur. Agric.,6 (3), 361-366.
- Şahin U. and Anapali O. 2006. Addition of Pumice Affects Physical Properties of Soil Used for Container Grown Plants. Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS), 71(2): 59-63.
- Türk, M., Bayram G., Budaklı E. and Çelik N., 2003. Farklı Yetiştirme Ortamlarının Arpa Bitkisinin Kök ve Gövde Gelişimi Üzerine Etkileri. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi, 2, 26-30, Diyarbakır.
- Uygun, B. 2008. Azotobacter spp. ile aşılamanın buğday bitkisinin verim ve besin elementi kapsamına etkisinin saptanması ve biyolojik gübre üretiminde uygun

- taşıyıcı materyalin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Varış, S. ve Eminoğlu, S. F., 2003. Örtü altı tarımında kullanılan ve kullanılabilir olan ortamların fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Hasad Dergisi*, 220, 46-57.
- Verdonck, O., 1984. New developments in the use of graded perlite in horticultural substrates. *Acta Horticulturae*, 150, 575-581.
- Verry, E.S., Boelter D.H., Paivanen J., Nichols D.S. Malterer T. and Gafni A., 2011. Physical properties of organic soils. Chapter 5. In: Kolka, R.K., Sebestyen, S.D., Verry, E.S., Brooks, K. N., eds. *Peatland biogeochemistry and watershed hydrology at the Marcell Experimental Forest*. Boca Raton, 135-176.
- Vessey, J.K., 2003, Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant Soil*, 255, 571-586.
- Walley, F.L. and Germida J.J., 1997. Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between *Pseudomonas* species and *Glomus clarum* NT4. *Biology and Fertility of Soils*, 24(4), 365-371.
- Wang, E. and Smith C.J., 2004. Modelling the growth and water uptake function of plant root systems:a review. *Aust, J. Agric. Res*, 55, 501-523.
- Wollum, II. A. G., 1982. Cultural Methods for Soil Microorganisms Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties. A. L. Page (ed.) Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin USA. Agron 9. Part 2. Second Edition. P. 781-801.

## ÖZGEÇMİŞ

2000 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden mezun oldu. On yıl çeşitli kuruluşlarda sözleşmeli olarak çalıştı. 2011 yılında Toprak-Su Kaynakları Müdürlüğünde mühendis olarak göreve başladı. Bir süre Toprak Yönetimi Bölümünde görev yaptıktan sonra 2013 yılında Sosyo-Ekonomik Araştırmalar ve Yayın biriminde görevlendirildi. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim dalında yürüttüğü yüksek lisans çalışmasını 2008 yılında tamamladı ve aynı ana bilim dalında 2008 yılında doktora çalışmasına başladı. Halen aynı kurumda (iki kurumun birleşmesi ile Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsünde) Sosyo -Ekonomik Araştırmalar ve Yayın biriminde araştırmacı olarak görevine devam eden araştırmacı, İngilizce bilmektedir.