1. GİRİŞ

Yoğun kimyasal gübre, ilaç, aşırı toprak işleme ve sulama faaliyetleri sonucu bitkilerin doğal adaptasyon mekanizmaları zayıflamış ve bitki yetiştiriciliği girdiye bağımlı hale gelmiştir. Her yıl artan ölçüde kimyasal girdi kullanımı, zamanla toprakların biyolojik ve kimyasal verimliliğini, diğer bir deyişle toprak kalitesini düşürerek üretkenlik kapasitesini minimum düzeye geriletmiştir. Bütün bu faaliyetlerin sonucu olarak, tarıma dayalı çevre kirliliği toplum sağlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Çevre kirliliğinin dikkat çekici boyutlara geldiği günümüzde gerek tarımsal uygulamalar, gerekse diğer alanlarda çevreyle dost uygulamalara ağırlık verilmesinin önemi yeniden ön plana çıkmıştır.

Tarımda ulaşılması istenen ana noktalardan birisi de bitkisel üretimde verimi artırmaktır. Bu da, ancak toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirme ile sağlanabilir. Ülkemizde bilinçsizce kullanılan kimyasal girdiler ve yanlış toprak işleme ile toprakların biyolojik verimliliği düşmüş ve bunun bir sonucu olarak ta toprakların kalitesi ve verimliliği azalarak, sağlıklı ürün yetiştirilmesi sorun olmaya başlamıştır (Ortaş 2002). Tarım topraklarının sürdürülebilir şekilde devamlılığının sağlanması için araştırmacılar doğada bulunan ve doğaya zararı olmayan mekanizmaları araştırma yoluna yönelmişlerdir.

Tarım açısından son yıllarda kimyasal gübre ve tarımsal ilaçların tamamen bırakılması ya da mümkün olduğu kadar az kullanılması fikrinden yola çıkarak bunların yerini aynı görevi yapan organik gübre ve biyolojik savaş yöntemlerinin alması temeline dayanan “Ekolojik ya da Organik Tarım” uygulamalarındaki gelişme son derece hızlı bir artış göstermeye başlamıştır. Ekolojik tarımın amacı; kısaca toprak ve su kaynakları ile havayı kirletmeden, çevre, bitki, hayvan ve insan sağlığını korumaktır.

Toprakta meydana gelen bir çok kimyasal ve biyokimyasal döngü içerisinde yer alarak aktif rol oynayan birçok mikroorganizma türü bulunmaktadır. Bu canlılar toprakta verim ve kalite kriterlerinin artırılmasında önemli görevler üstlenmişlerdir. Çeşit ve sayı olarak tam bir rakam vermenin imkânsız olduğu toprak

mikroorganizmalarının toprakta gerçekleştirdiği birçok faaliyetin, doğal hayatın ve bu döngünün devamında en büyük anahtar olduğu bilinmelidir.

Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra çoğunlukla "Mikoriza" diye adlandırılan ve teşhisi mikroskop altında yapılan ve çok miktarda hif üreten fungus türleri tarafından alındığı tespit edilmiştir (Ortaş 1996, 1997, 2003). Mikorizanın bitki toplulukları ile olan infeksiyonu toprakta var olan sporlar tarafından sağlanmaktadır. Doğada bulunan bitki türlerinin % 90'dan fazlası mikoriza mantarı ile infekte olabilmektedir. Vesiküler-Arbusküler Mikoriza (VAM) denilen en yaygın mikorizal yapının besin elementlerini özellikle de fosfor (P) alımına olan katkısı kontrollü koşullarda ve tarla denemeleriyle ispatlanmıştır (Kothari ve ark. 1991; Li ve ark. 1991; Ortaş ve ark. 1996, 1997, 2003).

Değişik ekolojik koşullar altında veya değişik ülke topraklarında değişik bitki tür ve çeşitlerinin fosfor beslenmesine bağlı olarak mikorizaya bağımlılıkları, topraklardaki doğal mikoriza türleri ve bunların ekolojik koşullara uyumları son yirmi yılda çok yönlü olarak araştırılmıştır (Abbott ve Robson 1984). Türkiye'de bu güne kadar konuya ilişkin yeterli uzman veya araştırıcıların fazla olmayışı nedeniyle Türkiye florasında var olan doğal mikoriza sporlarının türleri ve bunların bitki kökleri ile olan infeksiyonları ve oranları çok az düzeyde araştırılabilmiştir. Konuyla ilgili olarak sadece Gür (1992), Gür ve ark. (1993) tarafından yapılan Erzurum ve Konya yöresine ait bazı toprakların, Kaymaz (1985) ve Weber ve ark. (1994) tarafından yapılan Doğu ve Güneydoğu Anadolu yörelerindeki bazı toprakların mikorizal potansiyelleri ve bazı bitkilerdeki infeksiyon derecelerine yönelik bazı bilgiler, Gök ve ark. (1997)'nın GAP, Çukurova ve Orta Anadolu topraklarında mikorizal potansiyel etkinlik dereceleri ve bazı mikoriza izolatlarının bitki gelişimi ve besin elementleri alımına etkisi ile Ortaş ve ark. (2000 ve 2003)'nın Türkiye ekosistemindeki mikoriza mantarlarının değişik tarla ve bahçe bitkilerindeki infeksiyon etkinlikleri konulu çalışmaları mevcuttur. Ancak, bu çalışmaların ortaya koyduğu bilgilerden hareketle, mevcut mikorizal potansiyelin diğer bölge topraklarında ne denli var olduğu, hangi bitki türlerinin mikorizal simbiyoza mutlak bağımlılık gösterdiği, mevcut mikorizal potansiyelden 'Biyolojik Gübre' olarak yararlanmak için bitkilere uygulanması gerekli besin elementleri (P, Zn, Cu vb.)

dozlarının değişik ekolojik koşullarda ne olması gerektiği henüz kapsamlı olarak araştırılmış değildir.

Mikorizanın verim üzerine etkisini belirlemek amacıyla tarımsal amaçlı olarak yapılan araştırmaların hemen hemen tümünde mikorizanın bitki ile iyi bir inokulasyon gerçekleştirmesi halinde bitkinin besin elementi ve su alımının yanı sıra hastalık ve zararlılara karşı da dayanımının arttığı belirlenmiş olup bu çalışmalar ışığında, mikorizal gübreleme mutlak tavsiye edilen bir doğal kaynak olmuştur. Tüm bunların dikkate alınarak topraklarda var olan doğal mikoriza potansiyelinin bilinmesi ve buna uygun gübrelemenin yapılmasıyla daha sağlıklı bitki gelişimi ve ekosistemin sürdürülebilirliği yönünden bu konu hakkında daha fazla çalışma yapılması önem arz etmektedir.

Bu nedenlerle, tarımda ileri giden birçok ülkenin de bitkisel üretim ve toprak verimliliğini artırmada gerek kalıcı etkiler yaratması ve gerekse diğer tüm kimyasallardan hem daha etkili hem de daha ucuz olması açısından başvurduğu mikoriza inokulasyonunun ülkemiz tarımında da kullanımının daha da yaygınlaştırılması ve bu konuda hem üniversiteler hem de diğer araştırma kuruluşlarının yaptıkları çalışmalarla çiftçi ve üreticilere somut verilerle ışık tutarak, önder olunması gerekmektedir.

Bölgemiz topraklarının başta P ve Zn olmak üzere diğer besin elementlerince fakir olması ve mikorizanın bu besin elementlerini aktif olarak alabilme yeteneğinden dolayı mikorizanın çalışabilirlik potansiyeli ve ileriye yönelik mikoriza kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi kriter alınarak, Konya Havzası'nda yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarındaki doğal bir adaptasyon zenginliği olan ve aynı zamanda doğal bir gübre olmasından dolayı hiçbir girdi gereksinimi olmayan mikoriza sporlarının izole edilmesi, bitki köklerindeki infeksiyon güçlerinin saptanması ve bunların tarımsal potansiyellerinin belirlenerek elde edilen etkin spor izolatların kültür bitkilerine aşılanmasıyla bitki gelişimine olan etkilerini belirlemek temel amaçtır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bir çok alanda adının geçmeye başladığı ekolojik uygulamalar, ziraat alanında daha fazla yer alma imkanı bulmuştur. Adından da anlaşılacağı üzere, yapılan uygulamaların doğal olması ve doğanın kendisinde saklı olan bir çok materyalden yararlanılması açısından ziraat alanındaki çalışmalarda olumlu sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Ekolojik tarım amaçlı uygulamalar içerisinde mikorizaların sağladığı faydalar da göz ardı edilemeyecek kadar önemli boyuta gelmiştir. Bu canlıların doğanın kendinde varolması nedeniyle hiçbir masrafının olmamasının önemli bir avantaj olmasının yanı sıra her bitkiye her spor türünün infekte olamaması ise önemli bir dezavantajıdır. Bitkilerin doğal adaptasyon mekanizması olarak adlandırılan mikorizanın toprak-bitki yönetimine bağlı olarak yeniden uygulamaya konulması ile tarıma dayalı çevre kirliliğinin ve sorunlarının azalmasına katkıda bulunabilecektir (Ortaş 2000).

Mikoriza ile ilgili olarak yapılan önemli çalışmalar aşağıda verilmiştir.

2. 1. Mikorizanın Tanımı

Mikorizalar, mikroorganizmalar ve bitkiler arasındaki en yaygın ortak yaşam şeklidir. Frank tarafından 1885 yılında yapılan tanımlamaya göre Yunanca'da *myces*=mantar, *rhiza*= kök kelimelerinin birleşmesinden oluşan "mantar-kök ortak yaşamı" anlamına gelmektedir (Sieverding 1991). Bu karşılıklı simbiyotik yaşam içerisinde mantar hiflerinin bitki kökleri içerisinden girişi yani inokulasyon olayının gerçekleşmeye başlamasıyla bitki mikoriza mantarına enerji kaynağı olarak fotosentezden elde ettiği karbonlu bileşikleri, mikoriza mantarı da bitkiye besin elementleri ve su sağlamaktadır. Bu karşılıklı iş birliği doğadaki en yaygın simbiyotik ilişkiyi oluşturmaktadır (Marschner 1998).

Mikoriza mantarı bitki kökleri ile iyi bir infeksiyon gerçekleştirdiği zaman bitki gelişimi ve besin elementleri alımı birkaç kat daha fazla olmaktadır. Düşük fosfor içeriğine sahip topraklarda bitkiler mikoriza ile infekte edildikleri zaman P, Zn, Cu, K, N, Fe, Ca ve Mg içerikleri önemli derecede artmaktadır. Mikorizal infeksiyon

yalnız besin elementleri alımını arttırmaz aynı zamanda bitkinin su alımını da artırmaktadır. Hastalık ve zararlılara karşı da mikorizal infeksiyon bitkiyi daha iyi korur ve zararlı etkisini önemli ölçüde azaltır. Ayrıca, mikorizal infeksiyon yaygın hif oluşumu nedeniyle iyi bir toprak strüktürü oluşturarak toprak erozyonunu önlemede önemli roller üstlenmektedir (Ortaş 2000).

VAM, bitkinin kök hücre suyundan yararlanmasına karşılık başta fosfor olmak üzere birçok besin maddesini (P, Ca, Mg, K, Cu, Zn v. b.) bitkiye elverişli hale getirerek konukçu bitkinin kullanımına sunmaktadır. Bunun sonucu olarak VAM ile simbiyotik yaşayan konukçu bitkinin kök bölgesindeki bitki besin maddelerinden yararlanma imkânı artmakta ve buna bağlı olarak da bitkinin gelişimi ve verimi o oranda yüksek olmaktadır (Gür 1974).

Mikoriza hiflerinin çapları ve hiflerin meydana getirdiği geniş yüzey alanlarının etkisi ile fosfor, mikoriza hiflerinin vakuollerinde polifosfat olarak birikir ve ATP'ye alternatif bir enerji oluşturarak mikoriza hiflerinin besin elementlerinden P 'u etkin bir şekilde almasını sağlar (Smith ve Gianninazzi-Paerson 1988).

Toprakta yetişen hemen çoğu bitkinin kökünde mikoriza bulunur. Global düzeyde ise çift çeneklilerin % 83'ünde, tek çeneklilerin % 79'unda ve *Gimnosperm*'lerin (açık tohumlular) tamamında mikoriza bulunur (Wilcox 1991). Köklerinde mikoriza bulunmayan bitkiler genellikle aşırı derecede kuru ve tuzlu, suyla kaplı, maden çıkarılan alanlarda olduğu gibi doğallıklarını fazlaca yitirmiş, verimliliği aşırı derecede yüksek ve düşük habitatlarda bulunan bitkilerdir (Brundrett 1991). Her türlü çevre koşullarında *Cruciferae* (turpgiller) ve *Chenopodiaceae* (ıspanakgiller) bitkilerinde mikoriza bulunmaz (Harley ve Harley 1987). *Proteaceae* veya salkım (yumak) kök sistemine sahip bitki türlerinin bir çoğunda da mikoriza ya hiç bulunmaz ya da çok az bulunur (Brundrett ve Abbott 1991). Bitkilere fayda sağlayıp sağlamamalarına bakılmaksızın, mantarlar büyük oranda ya da tamamen bitkilere bağımlıdır. Mikorizalar sadece *Orchids*'ler (salepgiller) için mutlak gereklidir. Bu yüzden koşullara bağlı olarak mikoriza ile ortak yaşam, mutualistik (karşılıklı), nötr ya da parazitik olabilir. Doğada mutualistik yaşam yaygın olduğundan literatürlerde mikoriza simbiyosiz (mikoriza ortak yaşamı) terimi yaygın şekilde kullanılır. Mantarlar ve konukçu bitki arasında kurulan ilişki az olmadığından

ve baklagillerle rizobiumun kurduğu ortak yaşamın tersine mikoriza ortak yaşamında, kök enfeksiyonu, kök büyümesi ve mantarların karbonhidratları kullanmadaki rekabeti konukçu bitki tarafından bir noktaya kadar düzenlendiğinden ortak yaşam terimi daha uygun düşmektedir.

2. 2. Mikoriza Grupları, Yapıları ve Şekilleri

Mikoriza sporları yapı, bitkilerdeki infeksiyon şekilleri ve kök içindeki morfolojik ve fizyolojik yapıları itibariyle taksonomik yönden büyük farklılıklar göstermektedirler (Sieverding 1991; Smith ve Read 1997).

2. 2. 1. Mikoriza tipleri

Kök yapısına etkileri bakımından endo ve ektomikoriza (endomycorrhizza, ectomycorrhizza) olmak üzere mikorizaların iki büyük grubu vardır.

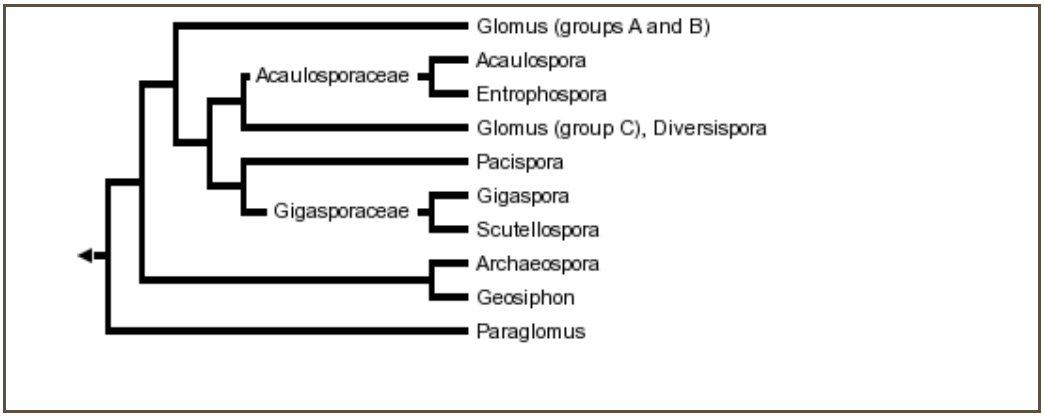
Endomikorizalar

Kök korteks hücreleri içinde yaşayan ve hücreler arasına doğru uzayabilen mantarlar endomikorizalardır. Endomikorizaların çok değişik tipleri olmakla birlikte vesikuler-arbuskuler mikoriza (VAM), Erikoid ve Orchidaceous en çok bilinenleridir. Ancak, Vesiküler-Arbusküler Mikorizalar (VAM) en yaygın bulunan endo ve ektomikorizalardan daha fazladır (Harley ve Harley 1987). VAM'lar, korteks hücreleri içinde ağaçların kök yapılarındaki dallanmayı andıran emici yapılar oluşturmaktadırlar ki bu yapılar "*Arbuscul*" olarak adlandırılır (Marschner 1995 ve Mosse 1981). Mikorizanın arbusküller sayesinde dışarıdan sağladığı besin elementlerini bitki dokularına aktardığı düşünülmektedir. Endomikoriza mantarlarının hepsi olmasa da büyük bir bölümü lipitçe zengin oval görünümlü yapılar oluşturmaktadır ki bunlar "*Vesikül*" olarak adlandırılır. Vesiküller, yardımcı hücreler ve aseksüel sporlardır. Vesiküller ince duvarlı, lipitle dolu yapılardır ve genellikle hücreler arası boşluklarda yer alırlar. Vesiküllerin ana işlevinin depolama

olduğunun düşünülmesine karşın, aynı zamanda mantarın üremesini sağlayan organlar (*propagule*) olarak da görev yapmaktadır. Vesiküllerin dışarıdan besin elementlerini depo ettiği ve gereksinime göre içeriye saldığı tahmin edilmektedir (Bagyaraj ve Manjunath 1981; Marschner 1995). Yardımcı hücreler ise, toprakta oluşur ve kangal (bobin) veya yumru şeklinde olabilirler. Bu yapıların işlevleri bilinmemektedir. Üremeyi sağlayan sporlar, kök içerisinde veya genellikle toprak içerisinde oluşabilmektedir.

Endomikorizanın bir çok türü olmasına rağmen en yaygın olanları vesikül ve arbuskül oluşturmalarından dolayı bu grup mikorizalar Vesiküler-Arbusküler Mikoriza (VAM) olarak bilinmektedir (Simpson ve Daft 1990; Ortaş 1996 ve Ortaş ve ark. 1999). Ancak Arbuskül oluşturan mikorizal mantar türlerinin hepsinin Vesikül oluşturmaması nedeniyle Arbusküler Mikoriza deyimi son zamanlarda daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Dünyadaki çoğu topraklarda ve bitki toplulukları Arbusküler Mikoriza türü ile infekte olduklarından bugün konu ile ilgili bilim adamları bu mikorizaları Arbusküler Mikoriza (AM) olarak adlandırmaktadırlar. Arbusküler Mikorizanın emici yapıları 10-12 gün gibi kısa ömürlüdürler ve konukçu bitki ile sıvı alışverişinde önemli rol oynarlar. AM ortaklıkları oluşturan mantarların ürettiği sporlar aseksüeldir ve vejetatif hiflerin değişime uğraması ile meydana gelir. Bazı mantarlarda (örneğin *Glomus intraradices*) vesiküller, kök içerisinde ikincil bir kalınlaşmaya uğrar ve hifsel yapı boyunca ortada bir ayırıcı duvar teşkili ile hifin ucunda spor oluşturur. Fakat genelde sporlar, toprak içerisinde hifsel şişkinliklerden gelişirler. AM'leri oluşturan bütün mantarlar en son olarak *Glomales* takımına dahil edilmiştir (Morton 1988). Bu mantarların (AM) taksonomisi:

Sınıf: *Zygomycetes*, Ordo: *Endogonales*, Familya: *Endogonaceae*, Alt türleri: *Acaulospora*, *Endogone*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* ve *Scutellospora* olup, toprakta en yaygın bulunan türü *Glomus*'tur. *Glomus*'un akraba olduğu diğer alt üniteler Schwarzott ve ark. tarafından belirlenmiştir (Şekil 2. 1).



Şekil 2. 1. *Glomus*'a ait akrabalık derecesinin filogenetik ağacı (Schwarzott ve ark. 2001).

Endogene mantarının sebep olduğu (VA) mikoriza bahçe bitkilerini içeren birçok bitkilerde meydana gelmektedir (Gerdeman 1968). Bugüne dek elde edilen bulgular göstermiştir ki, belirli koşullar altında örneğin; toprakta bitkiye elverişli fosfor miktarı sınırlayıcı etken olduğunda mikorizal (Endogene tarafından infekte edilmiş) bitkiler mikorizal olmayanlara göre daha iyi bir gelişme göstermişler ve bu, bitki tarafından besin maddesi alımını mikorizanın arttırmış olmasına bağlanmıştır (Gerdeman 1968, Harley 1972). Diğer taraftan Daft ve Nicolson (1966), kum kültüründe, Baylis (1967), toprağa farklı miktarlarda fosfor gübresi vermiş, sonuç olarak gerek kum kültürüne ve gerekse toprağa verilen fosfat dozları azaldıkça "VA" mikoriza ile aşılamanın verime olan yararlı etkiyi artırdığını göstermişlerdir.

VAM tipi simbiyozu oluşturan mantarların, otsu ve odunsu bitkileri içeren geniş taksonomik aralıktaki bitkileri kolonize etmeleri nedeni ile bu tip simbiyoz çok yaygın olarak görülür. Bu ise genel olarak bu tip içerisinde bir konukçu spesifikasyonunun olmadığını göstermektedir. Bu böyle olmakla beraber, spesifiklik, kendiliğinden olan kolonize edebilme yeteneği, infekte etme yeteneği, kolonize miktarı ve etkinliği ile kolonizasyona karşı bitkinin tepkisini (response) ayırt edebilmekle ortaya çıkar. VAM mantarlarının, kök sistemi içerisinde oluşturdukları kolonizasyon seviyesi ve bunların besin maddeleri alımı ve bitki gelişmesine olan etkileri oldukça değişiktir. Ancak, bu simbiyotik yaşama mutlak ihtiyaç duyan bitkiler *Aceraceae, Magnoliaceae, Hamamelidaceae, Oleaceae, Ulmaceae,*

Juglandaceae, Poaceae ve *Platanaceae* familyalarına dahil olanlardır (Bernard 2000).

Ektomikorizalar

Ektomikorizalar (EKM) genellikle odunsu bitkilerin ve nadiren de otsu bitkilerin ve buğdaygillerin köklerinde bulunur (Wilcox 1991). EKM'ler mantari misellerden bir ağ oluşturmak üzere kökü korteks hücreleri arasındaki boşluğa iten hifler olmak üzere iki temel yapılarıyla tanınırlar. Ektomikorizaların teşhisinde en belirgin özellikleri, kök korteks hücreleri arasında bulunan hiflerinin, orman biyolojisinin babası sayılan Robert Hartig'in adından dolayı "Hartig net" diye adlandırılan bir ağ oluşturmalarıdır. Çok sayıda EKM aynı zamanda kök emici tüylerini (genellikle ince besleyici kökler) tamamen kaplayabilen bir kın (*mantle*) veya manto şeklinde gelişen mantari dokuya sahiptir. Kökleri kaplayan bu kın veya örtünün kalınlığı, rengi ve bünyesi (texture) özel bitki-mantar kombinasyonlarına bağlıdır. Mantar dokusunun oluştırduğu kın, emici köklerin yüzey alanını artırır ve çoğu kez ince köklerin morfolojisini etkileyerek, kök çatallaşmasına ve gruplaşmasına neden olur. Bu hifsel uzantılar, sıkça agregatlaşarak, çıplak gözle görülebilecek kök benzeri yapılar (*rhizomorphs*) oluştururlar. Toprakta kolayca ilerleyebilen bir çok EKM türü bu kökçüklerden (rizomorflar) oluşturur. Kökçükler köke çok uzaktaki sıvıları taşımaya yarar. EKM'ler bazı tropik ve yarı tropik ormanlarda da bulunmakla birlikte, daha çok kuzey yarımkürede bulunurlar. Çalı tiplerinden orman ağaçlarına kadar pek çok odunsu bitkide tespit edilmiştir. Konukçu bitkilerin büyük bir çoğunluğu: *Pinaceae, Betulaceae, Fagaceae, Salicaceae, Rosaceae* ve *Myrtaceae* familyalarına dahildir (Malloch ve ark. 1980). Global ölçüde değerlendirildiğinde, EKM'ler daha çok yüzey humus horizonları farklı olan kuzey bölgelerde, ılıman ormanlıklarda ve azotu az olan ekosistemlerde bulunmalarına rağmen, VAM'lar daha çok kurak topraklı sıcak iklimlerde, otlak alanlarda ve organik maddenin kolay ayrıştığı çalılıklar ile P noksanlığı olan alanlarda bulunurlar. VAM'lar genellikle yalnızca kültür bitkileri, çayır-mera bitkileri ve meyve ağaçlarına özgü mikorizalardır.

Ektomikorizalar ana kök veya uzun kökler üzerinde olmayıp, kısa köklerin üzerinde üzüm salkımı benzeri dallanmalar meydana getirirler. Bu tür oluşum daha ziyade *angiosperm* ve *gymnosperm*'lerde gözlenir. *Pinus* türlerinde ise çatallanmış dallar şeklinde oluşumlara rastlanır (Arcak ve Haktanır 1997).

Dağılım, şekil ve yapılarındaki farklılığa ilaveten, EKM ile VAM arasındaki daha önemli bir fark EKM mantarlarının saf kültür olarak çoğaltılabilmelerine rağmen, VAM'ların çoğaltılamamasıdır. Bu nedenle VAM mantarlarının fizyolojileri hakkında bilgiler konukçu bitki köküyle ortak yaşayan mantarların fonksiyonlarından ya da yapılarından sağlanmaktadır.

Ericaceous Mikorizalar

Ericaceous terimi, *Ericales* takımından bitkilerde rastlanan mikorizal ortaklıkları ifade etmede kullanılmaktadır. Kök içerisindeki hifler, korteks hücrelerinin içine girebilirler (endomikorizaların özelliği), fakat arbuskül oluşmaz. Başlıca 3 tip *ericaceous* tanımlanmıştır:

(i) *Ericoid*: İç korteks hücreleri tamamen mantar hifleriyle doludur. Kırbaç şeklindeki gevşek bir hif parçası kök yüzeyi üzerinde büyür. Fakat, bir kın oluşmaz. *Ericoid* mikorizalar, *Calluna* (heather: funda, süpürge otu), *Rhododendron* (azaleas ve rhododendrons) ve *Vaccinium* (blueberries) gibi çok ince kök sistemleri olan ve tipik olarak asit ve peat topraklarda büyüyen bitkilerde bulunurlar. Bu mikorizal ortaklıkta görev alan mantarlar, *Hymenoscyphus* cinsi *ascomycetes*'lerdir.

(ii) *Arbutoid*: Hem Ektomikorizaların hem de Endomikorizaların özelliklerini taşımaktadır. Hücrelerarasına girerler, bir kın oluşturur. Hartig net (ağ) vardır. Bu ortaklık, *Arbutus* (örn. Pacific madrone), *Arctostaphylos* (örn. Bearberry) ve *Pyrolacea*'nın birkaç türünde bulunmaktadır. Bu ortaklıkta görev alan mantarlar *basidiomycetes*'lerdir. Aynı mantarlar, aynı bölgede bulunan EKM konukçu ağaçları da kolonize edebilirler.

(iii) *Monotropoid*: Mantarlar, *Monotropaceae* familyasından *achlorophyllous* (klorofilden yoksun) bitkileri (örn. Indian pipe) kolonize ederler, Hartig net ve manto (kın) oluştururlar. Aynı mantar grubu, ağaçlarla da EM ortaklıkları oluşturur ve bu

suretle oluşturduğu bağlantı ile de ototrof konukçu bitkiden karbon ve diğer besin maddelerinin heterotrof, parazit bitkiye akmasını sağlayabilir.

Orkide (*Orchidaceous*) Mikorizalar

Mikorizal mantarların, *Orchidaceae* familyası bitkilerinin yaşam döngüsünde özel bir rolleri vardır. Orkideler tipik küçük tohumlarında çok az miktarda besin maddesini depo ederler. Çimlenmeden çok kısa bir süre sonra bitki kolonize edilir ve mikorizal mantar, gelişmekte olan embriyoya karbon ve vitaminler sağlar. Klorofilsiz türlerde bitki tüm yaşantısı boyunca karbon ihtiyacını sağlamak için ortağı mantara bağımlıdır. Mantar bitki hücresi içinde gelişir, hücre membranını çevreler ve hücre içerisinde hifsel yumaklar oluşturur. Bu yumaklar sadece birkaç gün için aktiftir. Sonra normal yapılarını kaybedip bozunuma uğrarlar ve besin maddesi içerikleri büyümekte olan orkide tarafından absorbe edilir. Bu ortak yaşamda yer alan mantarlar *basidiomycetes*'dir.

Karışık İnfeksiyonlar

Birkaç çeşit mantar, tek bir bitkinin köklerini kolonize edebilir. Fakat, oluşan mikorizal ortaklık tipi genellikle bir konukçu için aynıdır (bellidir). Bazı durumlarda, bir konukçu, birden fazla tipte mikorizal ortaklığı da sağlayabilmektedir. *Alnus* (alders), *Salix* (willows), *Populus* (poplars) ve *Eucalyuptus* cinslerinde aynı bitki üzerinde hem AM hem de EKM ortaklıklarının ikisi birden bulunabilir.

Fidanlıklarda ve yanmış orman sahalarında *coniferous* ve *deciduous* cinsi konukçu bitkilerinde bu ara mikorizal tipe rastlanmaktadır. Ektendomikoriza denen bu ara tip, tipik bir EKM yapısı gösterir, yalnızca kın (mantle) ya incedir veya hiç yoktur ve Hartig net içerisindeki hifler, kök korteks hücreleri içerisine girebilmektedir. Fidanlar büyüdükçe, ektendomikorizaların yerini EKM'ler alır. Bu ortaklıkta yer alan mantarlar, başlangıçta "E-strain" olarak gösterilmiştir. Ancak daha sonra bunların *ascomycetes* olup *Wilcoxina* cinsi içerisinde yer aldıkları ifade edilmiştir.

2. 3. Mikoriza ve Bitki Arasındaki İlişki

2. 3. 1. Kök infeksiyonu

Köklerin mikoriza ile enfeksiyonu (aşılanması, bulaşması, sarılması) topraktaki sporlar, kök artıkları veya aynı ya da farklı bitkilerin kökleri ile temas ve bitki türleri aracılığıyla olur. Toprakta yukarıda sayılan bileşenlerden bir ağ bulunması enfeksiyonu artırdığından tesviye işleminde olduğu gibi toprağın aşırı derecede karıştırılması ve toprak işleme kadar işlememekte mikoriza enfeksiyonunu azaltır veya geciktirir.

Konukçu bitkilerin kök salgılarının EKM ve VAM mantarları üzerine kuvvetli bir kimyasal düzenleyici etkisi vardır ve CO_2 miktarı arttıkça bu etkiyi yaratan flavonoidlerin kök salgısındaki miktarı da artmaktadır (Becard ve ark. 1992). Mikoriza enfeksiyonunu infekte olmayan rizosfer bakterileri artırabilir veya azaltabilir. *Azosprillum* bakterisiyle birlikte aşılandığında VAM'ların enfeksiyonunda büyük bir artış gözlenmiştir (Pacovsky ve ark. 1985). Mikoriza yardımcısı adıyla bilinen *Laccaria laccata* mantarı ise EKM'lerin enfeksiyonunu artırmaktadır (Duponnois ve Garbaye 1991).

Cruciferae (turpgiller) ve *Chenopodiaceae* (ıspanakgiller) bitkileri gibi konukçu olmayan VAM'larında uyuşmazlığa, kök salgılarının bileşimi, toksinler veya patojenlere gösterilen tepkide olduğu gibi enfeksiyona karşı konukçu bitkinin savunma reaksiyonlarının artması sebep olmaktadır (Anderson 1988, Parra-Garcia ve ark. 1992).

Köklerin mikorizalarla infeksiyonunu ya da sarılmasını beslenme durumu da etkiler. Konukçu bitkinin ihtiyacının üzerinde B verildiğinde çam fidelerinde EKM infeksiyonunun önemli oranda arttığı tespit edilmiştir (Mitchell ve ark. 1990). Bu etkinin muhtemelen konukçu bitkinin mantari infeksiyona direncinin düşmesiyle oluştuğu düşünülmüştür. Aşırı derecede az P içeren topraklarda mantar gelişiminin sınırlanması nedeniyle köklerin VAM (Bolan ve ark. 1984) ve EKM ile enfeksiyonu az olmuştur. Optimum düzeyin üstünde yapılan uygulamalarda ise VAM (Bolan ve ark. 1984), EKM (Jones ve ark. 1990) ve konukçu (Davis ve ark. 1984) türüne bağlı

olarak infeksiyon oranı ve köklerdeki karbonhidrat miktarının azalması arasında tam bir paralellik bulunmamıştır.

Fazla miktarda N özellikle fazla P ile birlikte ve NH_4 halinde uygulandığında VAM ve EKM enfeksiyonu azaltmaktadır (Baath ve Spokes 1988).

2. 3. 2. Mantar ve bitkide fotosentez ürünü isteği

Mantar gelişiminin sürekliliği için fazla miktarda fotosentez ürününün köke taşınması gereklidir. VAM infekte bitkilerde kök solunumu diğer bitkilere oranla % 20-30 daha fazladır ve bu orandaki solunumun % 87'si mantarlar tarafından gerçekleştirilmektedir (Baas ve ark. 1989). Salatalık bitkisinde fotosentez ürünlerinin mikorizalı bitkilerde % 43'ü köklere taşınırken, mikorizasız bitkilerde % 20'si taşınmakta ve mikorizalı bitkilerdeki % 43 değerinin yarısı mikorizalar tarafından kullanılmaktadır (Jacobsen ve Rosendahl 1990). Yüksek oranda infekte olmuş bitkilerde VAM mantarının biyo kitlesinin % 10-20'sini oluşturmaktadır (Fitter 1991).

Fotosentez ürünlerinin mikoriza ortak yaşamında kullanılmasıyla oluşan kayıp, aynı zamanda fotosentezi sınırlandıran P gibi besin maddelerinin alımındaki artış ve mikoriza ile ortak yaşamayan bitkinin gelişimindeki artışla giderilir. Bitki gelişimine bu olumlu katkısına rağmen mikoriza ile ortak yaşayan bitkinin kök gelişmesindeki artış az olur veya kök gelişmesi gerileyebilir (Dosskey ve ark. 1991).

Genellikle VAM ortak yaşamına göre EKM ortak yaşamında, mantarlar tarafından kullanılan fotosentez ürünleri miktarı daha fazladır. Bu özellikle çok dallanmış miselleri olan EKM'ler için daha geçerlidir. Besin alımı için uzun dallanmış misel oluşumu iyi olmasına karşın daha fazla fotosentez ürünü ihtiyaçları vardır. Mikoriza ortak yaşamında bitkiden toprağa yüksek oranda organik C geçişi, toprak mikroorganizmalarının sayıları, aktiviteleri ve dağılımlarına önemli oranda etkide bulunur. VAM hifleri ürettikleri polisakkaritlerle küçük agregatları birleştirerek dayanıklı iri agregatların oluşmasını sağlayıp toprak strüktürünü de iyileştirir (Davies ve ark. 1992).

2. 3. 3. Konukçu bitkide kök ve gövde büyümesi

Mikoriza enfeksiyonu kök ve gövde büyümesini farklı oranlarda etkiler. Besin maddesinin az olduğu ortamlarda dışarıya uzanan hifler yüzey alanının genişlemesini sağlayarak ve köklerin ulaşamadığı yerlere ulaşarak mikorizalı bitkilerin N ve P gibi gelişimi sınırlayıcı besinlerden daha fazla yararlanmasını sağlar. Yüksek oranda besin maddesi uygulamasında olduğu gibi kök gelişmesine göre gövde gelişmesi daha fazla artarak kök/tepe oranının düşmesine neden olur.

Giri ve ark. (2005) yarı kurak bölge topraklarında yetişen sinameki bitkisinin besin element muhtevasının kök gelişimi ve kök kuru ağılığının üzerine *Glomus fasciculatum* ve *Glomus macrocarpum'*un etkisini belirlemek amacıyla sera koşullarında kontrollü bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonunda mikorizaya bağımlı bitkilerde kök gelişimi ve kök kuru ağırlığı mikorizalı olmayan bitkilere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Serada yürütülen bu çalışma ile mikoriza aşılamasının rizosfer toprağının alkalinitesinin azalmasına sebep olduğu, ayrıca mikoriza ile aşılanan tohumlarda çimlenmenin % 75 olurken, mikorizasız bitki tohumlarında bu oranın % 40 olduğu ve kullanılan mikoriza türlerinden *G. macrocarpum'*un etkinliğinin bu artışta *G. fasciculatum'*dan daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir.

Cabello ve ark. (2005) ham kaya fosfatın İngiliz nanesinin gelişimi üzerine etkisini araştırmak için sera şartlarında vermikulit ve perlit (v/v:1/1) karışımında bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada Arbusküler mikoriza (*Glomus mossea*) ve fosfor çözen bir bakteri (*Penicillium thomii*) kullanmışlardır. Deneme sonucunda, bitki kök üstü ağırlığı, bitki dokusundaki P konsantrasyonu, substratlardaki P konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Denemede iki hasat yapılmış, ilk hasattan sonra bitkinin toprak üstü aksamında gübre olarak kaya fosfatın kullanıldığı muameleler arasında önemli bir fark elde etmemiş, buna karşılık bakteri aşılanan bitkilerde daha yüksek P konsantrasyonu bulmuşlardır. İkinci hasatta ise *G. mossea* uygulanmış muamelelerde daha yüksek biomas ve bitki dokusunda daha yüksek P konsantrasyonu belirlemişlerdir. Oysaki, *G. Mossea*'nın uygulanmadığı muamelelerde P konsantrasyonunda artış olmadığını, ayrıca İngiliz nanesine uygulanan tüm inokulasyonlardaki P çözeltisindeki artışın kontrole göre pozitif çıktığını saptamışlardır.

Besin maddelerinin bitkiye ulaşmasında mikorizalar etkin değilse, ya da mikorizaların diğer olumlu etkileri yoksa buna karşılık mikorizasız ortamda yetişen bitkiler yeterince besin maddesi bulabiliyorlarsa mikoriza aşılaması mikorizal hiflerin fotosentez ürünleri için kökle rekabet etmesinden dolayı kök büyümesi azalır. Gölgeleme veya yaprakların dökülmesi gibi olumsuz çevre şartları da mikoriza gelişmesini azaltır (Same ve ark. 1983). Fakat bu etki kök gelişimi ve baklagil bitkilerinde nodül ağırlığındaki azalmaya göre daha az olur (Bayne ve ark. 1984). Mikoriza mantarları konukçu bitkinin gelişmesini etkilese de etkilemese de fotosentez ürünlerini kullanırlar (Douds ve ark. 1988). Bu yüzden hemen her koşulda, belli bir oranı geçtiğinde bitkilerin mantardan yarar sağlayamayacağı bir kök enfeksiyon oranı vardır (Thomson ve ark. 1992). Bu oranın üstünde bir infeksiyon oluştuğunda hem VAM, hem de EKM mantarları bitki gelişimini olumsuz etkileyebilirler. Prensip olarak büyümedeki azalma, artan mikorizaların fotosentez ürünü ihtiyacını karşılamadaki yetersizlik ve yeterli P olmasına rağmen kök enfeksiyonunun yüksek oluşuyla tahmin edilebilir (Sanders 1993).

2. 3. 4. Konukçu bitkilerin beslenmesinde mikorizaların etkisi

Fosfor gibi, toprakta hareketi sınırlı olan besin maddelerinin alımını artırmaları yoluyla bitki gelişimini teşvik etmeleri en önemli etkileridir. Dışa uzayan hifler rizosfer dışı topraktaki P'u alarak konukçu bitkiye taşırlar. Bunun sonucu olarak mikorizalı bitkilerde birim kök uzunluğu başına P alım oranı mikorizasız bitkilerinkinden 2-3 kat daha fazla olabilmektedir (Tinker ve ark. 1992).

Köklerin uzaması bir elek teli ile ve hiflerin uzaması ise bir membran ile engellendiğinde, mikorizasız bitkilerin P alım uzaklıkları 10 mm ile sınırlı kalırken, mikorizalı bitkilerin P alım uzaklıklarının 20 mm'ye kadar ulaştığı görülmüştür. Mikorizalı bitkilerdeki toplam P'un % 70-80'i hifler aracılığıyla alınmıştır (Li ve ark. 1991b). Fosfor köklerle alındığından mikorizadan beklenen yararı sağlamak için ortamda P az olmalı (Bolan 1991) veya P verilecekse çözünürlüğü az olan kristal Fe-fosfatlar (Bolan ve ark. 1987) gibi inorganik ya da RNA (Jayachandran ve ark. 1992)

ve fitat (Tarafdar ve Marschner 1994) gibi az çözünür organik P kaynakları seçilmelidir.

Kireçli topraklarda ise, mikorizalı ortak yaşamda solunum sonucu üretilen CO_2 miktarı fazla olduğundan güç çözünür Ca-fosfatlar çözünür ve bitkinin P alımı artar (Knight ve ark. 1989). Mikorizaların P alımındaki etkinlikleri, sadece hif çaplarının küçük oluşuyla yüzey alanını artırmalarından kaynaklanmaz aynı zamanda gerektiğinde ATP yerine enerji olarak kullanılmak üzere vakuollerinde depoladıkları polifosfatlardan da kaynaklanır (Smith ve Gianniazzi-Pearson 1988). Diğer taraftan polifosfatlar hidrolize olup, inorganik P'a dönüşerek de bitkilere P kaynağı oluşturur. Polifosfatlar çok kuvvetli negatif anyon olmakla birlikte, mantarların katyon/anyon alımını dengeleyen önemli fonksiyonları vardır. Polifosfatlar, Mg ve K gibi katyonlar ile arjinin ve glutamin gibi temel aminoasitleri tutarak içerdikleri taşıyıcılarla bunların da konukçu bitki köküne taşınmasını sağlar. Hiflerde taşınım karbonhidratlar, P ve diğer minerallerde olduğu gibi çift yönlüdür ve plazmadaki hareket bu taşınımı artırır (Smith ve Gianniazzi-Pearson 1988). Mikorizaların konukçu bitkiye etkileri mikoriza türlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir.

Mikoriza türlerine göre bitkinin aldığı P ve köklerin enfeksiyonu arasında önemli farklar mevcuttur. Bu etkiler kökün az oranda infekte olmasına bağlı olmakla birlikte, hiflerin az gelişmesi ya da aktivitelerinin düşük olması, hiflerde taşınımın az olması ve kök ile hif arasında karşılıklı değişimin az olması gibi faktörlere de bağlanabilir.

Dışa uzanan VAM hiflerinin çapları 1-12 μm'dir ve türlere göre farklılık gösterir (Abbott ve Robson 1985). Hiflerin oransal olarak çok az bir kısmı aktiftir ve köklerden uzaklaştıkça bu oran azalır (Sylvia 1988). Konukçu kökleri gibi VAM mantarlarının hifleri de asit fosfataz aktivitesine sahip olduklarından organik bağlı P'u da çözebilirler (Tarafdar ve Marschner 1994).

Mikorizasız bitkilere göre, mikorizalı bitkilerin Zn ve Cu kapsamları oldukça fazladır (Kothari ve ark. 1990a, Lambert ve Wiedensaul 1991). Bitki tarafından alınan toplam Cu ve Zn'nin ak üçgül bitkisinde % 60-70'i, mısır bitkisinde ise % 25'i hifler aracılığıyla gerçekleşmektedir.

Hiflerin yüksek oranda Cu ve Zn'yi bitkiye taşımaları nedeniyle mikorizalı bitkilerin gövdesindeki P, Zn ve Cu miktarı da fazla olmaktadır. Zn ve Cu'nun tersine mikorizalı bitkilerin Mn kapsamı daha az olmuştur. Bunun nedeni ise mikorizalı bitkilerin rizosferinde Mn indirgeyen bakterilerin sayısının azalmasıyla birlikte Mn oksitleyen bakterilerinin sayısının artmasıdır (Kothari ve ark. 1991, Arines ve ark. 1992).

VAM mantarlarının K, Mg ve S alımındaki etkileri hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. Mikorizalı bitkilerde kök yapısının değişmesi, endodermisin gevşek yapı kazanması ve kök salgılarıyla Ca-fosfatlar çözünürken az çözünür Ca-okzalatların oluşması nedeniyle bitkilerin Ca alımında önemli bir değişiklik görülmemektedir. Özellikle baklagil olmayan bitkilerde, doğada az azot olmasına rağmen mikorizaların bitkinin azot alımına etkisi konusunda yeterli bulgu yoktur (Güneş ve ark. 2000).

Bitkinin toplam N alımının kerevizde % 20'sinin (Ames ve ark. 1983), ayrıkta ise %31'inin (George ve ark. 1992) hiflerle ilgili olduğu belirtilmektedir. Muhtemelen konukçu bitkinin N ve K ihtiyacının P'ye göre fazla olması nedeniyle hiflerle taşınan miktarlar P'a göre düşük gibi görünmektedir.

Mikoriza enfeksiyonunda bitkinin büyümesi ve kök morfolojisi ile fizyolojisindeki değişmeler, aynı anda cereyan ettiğinden mikorizaların mineral beslenmedeki etkileri zaman zaman zihinlerde karışıklığa yol açabilmektedir. Mısır bitkisinde olduğu gibi, kök ve gövde ağırlıkları birbirine çok yakın olmasına rağmen mikorizalı bitkilerin kök yüzey alanı oldukça düşüktür. Mikorizalı bitkilerde yaprak yüzey alanının geniş olması (Kothari ve ark. 1990b) ve mikorizalara verilmesi nedeniyle fotosentez ürünü ihtiyaçların fazla olması (stoma direncinin azlığı) nedeniyle transprasyon oranı, birim kök uzunluğu başına su alımı ve kök yüzeyine kitle akışıyla taşınım fazla olmuştur (Güneş ve ark. 2000).

Hiflerde az taşınım ve mikorizalı bitkilerde kök yüzey alanının azlığı nedeniyle K alımı azalmıştır. Fosfor, Zn ve Cu alımı mikorizalı bitkilerde oldukça yüksektir. Rizosferde Mn indirgeyen bakterilerin azlığı nedeniyle mikorizalı bitkilerin Mn alımı da az olmuştur.

Mikorizalı bitkilerde Fe ve B'un az olması ise bunların hiflerde ya hiç taşınmadığını ya da az taşındığını göstermektedir (Güneş ve ark. 2000).

Fosfor noksanlığı olan topraklarda yetiştirilen baklagillerin N fiksasyonu ve nodül sayıları mikoriza uygulamasına bağlı olarak artmıştır. Nodül oluşumu için P gerekli olduğundan bu koşullarda mikorizalar bitki için vazgeçilmez olmuştur. Rizobiumlar da fotosentez ürünlerine ihtiyaç duyduklarından rizobiumlar ile mikoriza arasındaki rekabet sadece kök/tepe oranı değil aynı zamanda yüksek P ile beslenen bitkiye göre nitrogenaz aktivitesini de etkilemiştir (Güneş ve ark. 2000).

VAM hifleri ile aynı bitkinin değişik türleri veya farklı bitkiler arasında kurulacak köprü de besin maddelerinin taşınmasında potansiyel oluşturur. Soya fasülyesi ve mısır da olduğu gibi bu bitkilerin karışık yetiştirilmesi durumunda baklagil ve baklagil olmayan bitkilerin birinden diğerine hif köprüleri aracılığıyla N taşınımı bile söz konusudur. Azot fiksasyonunda yüksek oranda karbonhidrat kullanıldığından baklagil bitkisi kendini korumak amacıyla baklagil olmayan bitkiye daha az N vermekteyken, baklagil bitkisine mineral N uygulanırsa baklagil olmayan bitkiye daha fazla N vermektedir (Güneş ve ark. 2000).

Köklerin enfeksiyon oranı ve besin maddelerinin taşınım mekanizmalarında bazı farklar olmakla birlikte, EKM'lerde bitkilerin mineral beslenme ve büyümelerini VAM'lara benzer şekilde etkiler. Burada unutulmaması gereken EKM'ler daha çok kuzey yarımküreye ve orman bitkilerine adapte olmuşken VAM'lar daha sıcak bölgelerdeki kurak topraklara ve kültür bitkilerine adapte olmuşlardır. VAM'ların tersine EKM'ler sideroforları da içeren yüksek oranda organik asit salgılama yeteneğindedirler (Güneş ve ark. 2000).

2. 3. 5. Mikorizaların ağır metal toleransındaki rolü

Topraktaki ağır metallerin yüksek konsantrasyonları ekosistemde zararlı etkilere sahiptir ve tarımsal ürünler veya kirli sular aracılığıyla gıda zincirine girebileceğinden insan sağlığı için bir risktir. Bitkilerle çevreden kirleticilerin uzaklaştırılmasına dayanan ucuz ve güçlendirilebilir bir teknoloji olan "Fitoremediasyon" (bitkilerle temizleme), bitki araştırmalarında giderek önemli bir

kavram haline gelmektedir. Bununla birlikte, Fitoremediasyon yavaş bir proses olduğundan, topraklardan ağır metallerin uzaklaştırılması, verimin artırılması ve böylece artan kararlılık (stabilizasyon) önemli bir süreçtir. Fitoremediasyon'da, arbusküler mikorizal (AM) mantarın bitkiye dayalı çevresel kirliliği önleme adına geliştirdiği yöntem ilgi çekici bir sistemdir. Simbiyotik interaksiyon (etkileşim) sırasında mantarın hifsel yapıları konukçunun kök sistemini uzatır. Böylece, ortak yaşamdaki bitkiler AM fungi sayesinde genişletilmiş kök yüzey alanı vasıtasıyla daha fazla toprak hacminden ağır metali uzaklaştırmak için gerekli potansiyele sahip olur (Gohre ve ark. 2006).

Çok sayıda EKM mantarının konukçu bitkilerin ağır metal toleransını artırdığı bilinmektedir (Wilkins 1991, Colpaert ve Van Assche 1993). Burada önemli olan husus, ağır metallerin miktarının mantarın gelişmesini de sınırlayacak oranda çok fazla bulunmamasının gerektiğidir (Dixon ve Buschena 1998). Mantarlar ağır metallerle kleyt oluşturarak tutmak ve bitkinin almasını engellemek suretiyle toleransı artırmaktadır. VAM mantarları ise ağır metal toleransını dolaylı olarak sağlar. Bunlar bitkinin P gibi besin maddeleri alımını artırmak suretiyle gelişimini artırarak ağır metallerin bitki içinde seyrelmesi veya rizosferde Mn indirgeyen bakteri sayısını azaltmak yoluyla sağlanan dolaylı etkilerdir.

2. 3. 6. Bitkilerin mikorizalara bağımlılığı

Mantarla bitkiler arasında karşılıklı yardımlaşmaya dayanan bir ilişki vardır ve bu birlikteliği sağlayan mantara "Mikoriza" adı verilmektedir. Yeryüzündeki bitkilerin % 90'ından fazlası mantarlarla böyle bir ilişki içindedir. Kimi bitkiler mantarların yardımı ile daha da güçlenip canlanırken, kimisinin hayatta kalması tamamen bu mantarlara bağlıdır.

Doğadaki bitki türlerinin % 96'sından fazlası ile simbiyotik yaşam sürdüren mikoriza mantarlarının teknolojik olarak üretilmesi henüz mümkün olmadığından, konukçu bitkilerin kökleri aracılığı ile sporların üretilmesi halen bir zorunluluktur. Mantar sporlarının bitki kökleri aracılığı ile üretilip çoğaltılmasının mikoriza çalışmaları içerisinde öncelikli bir yeri vardır (Ortaş 1994).

Arbuscular mycorrhizal mantarı fosforun yarayışlılığını artırmada önemli etkiye sahiptir. Bu yüzden mikorizaya bağımlı bitkilerin yarayışlı fosfor havuzunun, mikorizaya bağımlı olmayan bitkilere oranla daha büyük olduğu saptamasından yola çıkan araştırıcılar (Clark ve ark. 2005) Dallı darı (*Panicum virgatum L.*) bitkisini sera ortamında beş adet asidik toprakta yetiştirmişlerdir. Her topraktaki fosforun farklı fraksiyonlarını arbuscular mycorrhizal (AM) olan ve olmayan (NON-AM) bitkilere göre belirlemişlerdir. Topraktaki toplam ve organik fosfor fraksiyonları diğer fosfor fraksiyonlarına göre nispeten daha yüksek bulunmuştur. Fakat, total ve organik fosfor bakımından topraklar arasındaki farklar ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonları ile karşılaştırıldığı zaman daha az olmuştur. *G. intararadices* hariç AM Fungus (AMF) kullanılan izolatların her biri bitki gelişmesini teşvik etmiş olduğu yine aynı araştırmada belirlenmiştir. Bununla birlikte AM'ye bağımlı bitkilerde mineral besin elementlerinin kökteki konsantrasyonlarının artışının daha fazla olmasından dolayı en yüksek kuru madde değeri AM'ye bağımlı bitkilerde elde edilmiştir. Bunun yanı sıra AMF izolatlarının hiçbirinin asidik toprak koşullarında ne fosforun herhangi bir fraksiyonu ne de diğer toprak özellikleri için olumlu sonuç sağlamadığı ancak, ekstrakte edilebilir fosfor fraksiyonlarının ekstrakte edilemeyen fraksiyonlardan daha yarayışlı olduğu saptanmıştır.

Konukçu bitkilere mikorizaların sağladığı en büyük fayda kök yüzey alanlarını artırarak daha fazla oranda besin maddesi almalarını sağlamasıdır. Bu yüzden mikorizaların faydaları özellikle kaba ve az dallanmış kök sistemine sahip bitkiler ve yumak kök sistemine sahip bitkiler için daha önemlidir. Mikorizaların konukçu bitki gelişimine yaptığı faydalı etkiler "Mikorizaya Bağımlılık" veya "Mikorizaya Tepki" olarak anılır (Alexander 1989).

Mantarın toprakta gerçekleştirdiği ayrıştırma bitki için mineral, yani besin sağlamaktadır. Bu şekilde hazır mineralleri ve organik bileşikleri elde eden bitki kısa bir süre içinde gelişir ve eskisinden çok daha sağlıklı olur. Bitki, aynı zamanda kendisi için besin üreten bu konuğunu şeker, amino asit ve diğer bazı organik maddelerle besler. Bu ilişki, tüm bitkiler için son derece büyük bir öneme sahiptir. Örneğin bu mantarlarla ortak bir yaşam içine girmeyen orkideler ölmekte, pek çok orman ağacı zamanla kuruma aşamasına gelmektedir. Söz konusu ağaçların bulunduğu alana uygun mantarlar ve mantar sporları yerleştirildiğinde ise ağaçlar

normal bir büyüme evresine girmektedir (Solomon ve ark. 1993). Başka bir deyişle mantarlar, canlılığın en önemli üyelerinden bitkilerin yaşamı için mutlaka gereklidirler.

Ağaçların köklerine yerleşerek onlara besin sağlayan Mikoriza, aynı zamanda ağaçların kayalıklarda tutunacak yer edinmeleri için de gereklidir. Ayrıca bu mantar, köklerine yerleştiği çamları çeşitli kök hastalıklarından da korumaktadır. Ağacı bulunduğu yerde yerleşik kılan, onu çeşitli hastalıklardan koruyan ve onunla paylaşmak için fosforu, topraktaki diğer besinleri ve suyu çekip çıkaran bu üstün yetenekli mantarın karşılığında aldığı yegane şey ise bir miktar şekerdir (Baskin ve Baskin 1998).

Toprakta yaygın bir şekilde P noksanlığı görülmesi ve VAM'larında P alımını artırması nedeniyle Mikorizaya bağımlılık VAM ve P üzerine kuruludur. Bir çok toprakta kökler doğal VAM'larla enfekte olduğundan, mikorizaya bağımlılık konusunda veya mikorizaya bağımlılığı test edilecek bitkiler üzerinde yapılacak çalışmalar; toprak sterilizasyonu (buharla, fumigasyonla), toprağın VAM içermeyen doğal toprak mikroflorasıyla ve toprağın VAM ve doğal mikroflora ile yeniden aşılanması konularını içermelidir. Ancak buradan elde edilecek gelişim farklılıkları mikoriza bağımlılığında kriter olarak kullanılabilir (Güneş ve ark. 2000).

Tarla koşullarında fungusit ve herbisit benzeri uygulamalar nedeniyle VAM'lar yok edilmediği sürece VAM aşılamasıyla bitki gelişmesinde büyük bir artış beklenemez (Hale ve Sanders 1982, Khasa ve ark. 1992). Tropiklerdeki oksisol topraklarda olduğu gibi aşırı P noksanlığı olan yörelerde sterilizasyon yapılmasa bile VAM aşılaması bitkilerin gelişimini artırabilmektedir (Howeler ve ark. 1987, Sieverding 1991). Özellikle odunsu bitkiler ve manyok (*cassava*) bitkisi kaba kök sistemine sahiptirler, bu nedenle de mikorizaya bağımlıdırlar. Mikorizasız manyok bitkisi için toprakta bulunması gerekli kritik P düzeyi 190 mg kg^{-1} iken, mikorizalı manyok bitkisi için aynı kritik düzey 15 mg kg^{-1}'dır.

Kök yüzey alanı daha düşük olan çim bitkisinin gelişimi düşük P düzeylerinde bile mikorizaya bağımlı olmazken, kısa kök ve kısa kök tüyüne sahip baklagil (üçgül) bitkisinin gelişimi büyük oranda mikorizaya bağımlı olmuştur.

Mikorizaya bağımlılık açısından C_3 bitkileriyle C_4 bitkileri arasında da fark vardır (Hetrick ve ark. 1990). Serin iklim C_3 çimleri yüksek lifli yapıda kök sistemine sahipken, sıcak iklim C_4 çimleri kaba kök yapısına sahiptirler.

Türler arasında büyük farklılık olmakla birlikte C_4 çimlerine uygulanan P ve VAM ile bu bitkilerin gelişimleri arasında kuvvetli olumlu ilişki varken benzer ilişkiler C_3 çimlerinde yoktur (Howeler ve ark. 1987, Sieverding 1991).

Tohum iriliği ve diğer besinlerle birlikte tohumdaki P miktarı da mikorizaya bağımlılık tayininde ele alınabilecek kriterlerdir ve tohum iriliği ile VAM bağımlılığı arasında genellikle negatif ilişki bulunmaktadır (Allsopp ve Stock 1992). Salepgillerde (*Orchids*) mutlak bir mikorizal bağımlılık gözlenir. Özellikle EKM'lere olmak üzere mikorizal bağımlılık odunsu bitkiler ve orman ağaçlarında da yaygındır.

2. 3. 7. Mikorizaların diğer etkileri

Mikorizalar bitkilerin hormonal dengelerini ve su düzenlerini de etkilerler. Mısır bitkisine uygulanan VAM, kök ve gövdedeki ABA (absisik asit) miktarını 2 kat artırabilmektedir (Danneberg ve ark. 1992). Mikorizasız bitkilerde bile bitkinin P ile beslenme durumu bitkideki hormon miktarını etkilediğinden VAM'ların bitkideki hormonal dengeye ve su düzenine etkileri muhtemelen dolaylı olmaktadır. Diğer taraftan VAM'lar kök morfolojisini ve anatomisini değiştirdiklerinden, bitkilerin kök yüzey alanı genişlediğinden ve toprağın strüktürü iyileştiğinden yine dolaylı olarak bitkilerin su kullanma oranları artmaktadır. Kimi durumlarda bitkilerin VAM ile aşılanması özellikle köklerdeki patojenlere karşı bitkilerin dirençli olmasını sağlamaktadır. VAM'ların buna benzer etkileri hastalık etmeninin bulaşık olduğu topraklarda ve yeniden tesis edilen bahçe topraklarında görülen zararlılara karşı daha belirgin olmaktadır. VAM'ların zararlı mikroorganizmalara karşı sağlanan dirençteki etkilerini göstermek amacıyla yapılan bir araştırma sonucuna göre; zararlı bulaşık topraktaki asmaların gelişimleri zayıf iken, VAM ile aşılama hem gelişimi hem de köklerin VAM enfeksiyonunu artırmıştır. Burada zararlı etmeni olan *Pseudomonas fluorescens*, VAM uygulamasıyla sayı olarak azalmış ve bitki gelişimi de artmıştır.

Aynı etki toprak sterilizasyonu ile de sağlanabilir olmasına rağmen büyük alanların sterilizasyonunun ekonomik olmayacağı akıldan çıkarılmamalıdır.

Ayrıca mikorizalar toprak agregat oluşumu üzerinde de önemli rol oynar. Miller ve ark. (2000) arbusküler mantarların, oldukça sağlam toprak agregatlarının oluşumuna önemli katkılar sağladığını bir seri çalışmalarla ortaya koymuşlardır. Bitkide mikorizalar aracılığıyla gelişen saçak kökler ve yoğun mantari hifler, yapışkan ve ipliksi yapılarıyla dağınık olan toprak parçacıklarını bir ağ gibi sararak toprak yapısının temel bir yapı taşı olan makro agregatları oluşturmaktadırlar. AM fungiler dış hif duvarları üzerinde bir glukoprotein olan "Glomalin" üretirler. Glomalin oldukça kararlı ve hidrofobik bir yapışkan sıvı olup, agregatlaşmış toprak parçacıkları üzerinde birikir. Glomalin, bir araya gelerek toprak agregatını oluşturan toprak zerrelerinin arasındaki gözeneklerin su hareketini yavaşlatarak ıslanma ve kuruma olayları sırasında makro agregatların bozulmasını azaltır.

Çeşitli topraklardan alınan örneklerde AM mikorizanın toprak agregasyonunu sağladığı ve sonrasında da toprakta bu kararlılığı sürdürdüğü belirlenmiştir. Mikorizanın agregasyon üzerine etkilerindeki farklılıklar çok geniş bir toprak çeşidi aralığındadır. Bu değişiklik, büyük ölçüde toprak tekstürüne bağlı özelliklere ve bunun yanı sıra da, toprak yapısının diğer toprak özellikleri ile uyumlu olup, olmadığına bağlıdır.

2. 3. 8. Mikorizal yolla besin maddelerinin alınması ve taşınması

Toprak çözeltisinde bir besin maddesi eksikse, o maddenin alımını kontrol eden kritik kök parametresi yüzey alanıdır. Mikorizal mantar hiflerinin, kökün absorbe yüzey alanını büyük ölçüde artırma potansiyeli vardır. Örneğin Rousseau ve ark. (1994), ekstra matriks miselleri (hif agregatları) miktarının, besin maddesi absorbe eden toplam yüzey kütlesinin % 20'sinden daha az olduğu durumda, çam fidanlarının absorbe edici yüzey alanına katkıları % 80 civarında olmuştur.

Diğer önemli bir husus ise; ekstramatriks hiflerin (extramatrical hyphae) dağılımlarının ve fonksiyonlarının hesaba katılmasıdır. Mikorizaların besin maddesi alımında etkili olmaları için hiflerin, bitki kök bölgesi çerçevesinde gelişen besin

maddesi tüketim bölgesinin (zonu) biraz daha uzağına kadar dağılmış olmaları gerekir. Besin maddesi tüketim zonu, diffüzyonla eksiğin giderilebilmesine imkan vermeyecek bir hızla besinlerin, toprak çözeltisinden uzaklaştırıldığı durumda oluşur. Fosfat gibi oldukça az hareketli iyonlar için köke yakın keskin ve dar bir tüketim zonu gelişir. Hifler, kolaylıkla bu tüketim zonunu aşarak toprak içinde gelişirler ve yeter miktarda fosforu temin ederler. Çinko ve bakır gibi mikro elementlerin alımları da mikorizalarla iyileşmektedir. Çünkü bu elementlerin diffüzyonları birçok toprakta sınırlıdır. Nitrat gibi daha çok hareketli besin elementleri için tüketim zonu geniştir ve yalnızca kökten etkilenmeyen bir zona hiflerin fazlaca ulaşabilmeleri de uzak bir olasılıktır. Mikorizaların bitki besin elementlerinin absorpsiyonlarına olumlu katkıda bulunan diğer bir faktör, köklere göre daha dar çaplı olmalarıdır. Bir besin maddesinin diffüzyon oranı, absorbe edici alanın yarıçapı ile ters orantılı olarak artar. Ayrıca dar hifler, köklerin ve hatta kılcal köklerin giremediği çok küçük toprak boşlukları (porları) içerisinde gelişebilirler.

Mikorizal mantarlara atfedilen diğer bir avantaj, bitkiye yarayışlı olmayan fosfor havuzlarının kullanılabilmesidir. Bu kullanımın bir şekli, organik asitlerle inorganik ve organik fosforun fizikokimyasal salınımıdır. Organik asitler bu salınımı, düşük molekül ağırlığı olan okzalat gibi organik anyonlarla:

- Metal-hidroksil yüzeylerine bağlı fosfor iyonları ile iyon değişimi yolu ile yer değiştirerek,
- Fosforun bağlı olduğu metal oksit yüzeylerini çözerek
- Çözelti içerisindeki metalleri bağlayarak fosforun metal fosfatlar halinde çökelmesini önleyerek gerçekleştirirler (Fox ve ark. 1990).

Bazı Ekto Mikoriza (EKM) mantarları fazla miktarda okzalik (oxalic) asit üretirler ve bu durum EM köklerde bitki besin maddesi alımının neden arttığını kısmen açıklayabilir. Mikorizal mantarlar, organik madde mineralizasyonu ile inorganik fosforu serbest hale getirirler. Bu organik fosfat (C-O-P) ester bağlarının fosfataz yardımı ile hidrolizi sonucu gerçekleşir. Saf kültürlerde gelişen mikorizal mantarlarda, kesilmiş ve bozulmamış EM köklerde önemli miktarda fosfataz aktivitesinin belirlendiği literatürlerde verilmektedir. Bitki kökleri ve bağlantılı

mikroflora da ayrıca organik asitler ve fosfatazlar üretmektedir. Ancak, mikorizal mantarlar kesinlikle bu aktiviteyi artırmaktadır (Güneş ve ark. 2000).

Ericoid ve EKM, azot mineralizasyonunda özel bir rol oynarlar (Read ve ark. 1989). Toprağa katılan birçok bitki artığında C:N oranı yüksektir, lignin ve taninlerce zengindir. Yalnızca birkaç mikorizal mantar bu birincil kaynaklardan besin maddelerini hareketli hale getirebilir. Ancak çok sayıda *ericoid* ve EM mantarlar, azot ve diğer besin elementlerini, ölü mikrobiyal biyo kütleler gibi ikincil organik madde kaynaklarından sağlayabilirler. Organik azotu depolarize edebilen çok sayıda hidrolitik ve oksidatif enzimler tespit edilmiştir. Bu tip mikorizalar, asidik ve organik maddesi oldukça yüksek toprakların hakim olduğu alanlarda azot döngüsünde önemli bir rol alabilirler (Güneş ve ark. 2000).

2. 3. 9. Mikorizal bitkilerde karbon akışı

Mikorizal mantarlar, AM mantarlarda olduğu gibi karbon ihtiyacını yalnızca konukçu bitkilerden sağlayabilen zorunlu ortak (obligate symbionts) konumundan, bazı EM türlerde görüldüğü gibi canlı olmayan kaynaklardan da organik karbon mineralize edebilen seçenekli ortak (facultative symbionts) konumuna kadar değişen bir aralıkta yer alırlar. Doğada heterotrof mikorizal mantarlar, karbon ihtiyaçlarının tümünü veya büyük bir kısmını ototrof konukçu bitkiden sağlarlar. Ektomikorizalar ve ericoid mikorizalar, konukçu bitki karbonhidratlarını, mannitol ve trehalose gibi mantara özgü depo karbonhidratlara dönüştürürler (Güneş ve ark. 2000).

Bitkiler tarafından alınan toplam karbonun % 20 kadarı ortak mantara taşınabilmektedir. Mantara olan bu taşınımı bazen bir kayıp olarak değerlendirilmektedir. Fakat, mikorizal kolonizasyonu takiben konukçu bitkinin fotosentetik aktivitesi artabilmekte ve böylece topraktan kaybolan karbon karşılanmaktadır. Genellikle, bitki büyümesinin baskı altında olması mikorizal kolonizasyona bağlanmakta ise de bu baskı ekseriye az ışık (fotosentezi kısıtlar) veya yüksek fosfor koşullarında ortaya çıkmaktadır (Güneş ve ark. 2000).

Bir ekosistem içerisinde, mikorizalar yardımı ile toprağa olan karbon akışı bir çok önemli işleve hizmet eder. Bazı mikorizalarda, ekstramatrikal hifler, proteazlar

ve fosfatazlar gibi hidrolitik enzimleri üretirler. Bu enzimler, organik madde mineralizasyonunda ve besin elementlerinin yarayışlılığında önemli etkide bulunabilirler. Ekstramatrikal hifler aynı zamanda toprak parçacıklarını birarada tutarak toprak agregasyonunu iyileştirirler. Tipik olarak, bir gram toprakta 1 ile 20 m arasında AM hifleri vardır (Slyvia 1990). Ortak mantara karbon akışının diğer önemli bir sonucu da, "mikorizosfer" diye adlandırılan tek bir mikrobiyal topluluğun oluşturduğu bir rizosferi geliştirmesidir. Toprak bilimcileri, toprağa karbon akışının toprak agregasyonunun iyileştirilmesinde ve sağlıklı bir bitki-toprak sisteminin korunmasında kritik bir unsur olduğunu bilmektedir. Toprağın organik karbon kazanımını arttırması mikorizal kolonizasyonun önemli bir faydası olarak düşünülmelidir (Güneş ve ark. 2000).

2. 3. 10. Mikorizaların topraktaki dağılımı ve kolonizasyon

Vesiküler-arbusküler (VA) mikoriza veya "*Phycomycetous mycorrhiza*" birçok mikoriza tipleri arasında en geniş yer kaplayanıdır (Harley 1972). Bu mikorizaya sebep olan mantar *phycomycetes* sınıfının *Endogene* cinsine aittir ve obligat simbiyottur. Bir çok farklı *Endogene* tipleri bu simbiyosiste görev almaktadır (Gerdeman 1968). *Endogene* sporlarının toprakta dağılışları çeşitli araştırıcılar tarafından incelenmiş ve bunlardan Nicolson (1967), bu sporların topraktaki dağılışlarında birçok yerel ve yıllık değişmelerin görülebileceğini ileri sürmüştür. Bu araştırıcı genel olarak spor sayısının kültüre alınmış topraklarda doğal ve yarı doğal vejetasyon bölge topraklarından daha yüksek olduğunu saptamıştır. *Endogene* sporlarını topraktan ayırma metotlarının gelişmesi ile kontrollü koşullar altında bu mikorizal gelişmeyi sağlama yeteneği çok önemli ilerlemeler göstermiştir.

Dowding (1959), Kuzey Amerika'nın farklı bölgelerinden toplanan çeşitli toprak örneklerinde, Gerdeman ve Nicolson (1963), İskoçya topraklarında, Mosse ve Bowen (1968) Astropikal, yağışlı orman, alpin, çayır-mera, ekili saha ve çöl bölgelerinden toplanan 141 adet Avustralya toprak örneklerinin 117'sinde, Khan (1973), Batı Pakistan'ın çeşitli bölgelerinden toplanan 200 toprak örneğinin birçoğunda *Endogene* sporlarının yaygın olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada,

bazı Reading topraklarında *Endogene* sporlarının dağılışı, tipleri ve bunların konukçu olarak kullandıkları bitki köklerindeki infeksiyon yapma yetenekleri araştırılmıştır.

Hindistan'ın yüksekliği 1500-4500 m olan Himalaya bölgesinden toplanan rhododendrrons bitkisi ile mikorizal özelliklerin araştırıldığı bir çalışmada toplanan bitki köklerindeki kolonizasyon % 28-42 arasında değişmiş olup, en yüksek ve en düşük kolonizasyon sırasıyla *R. arberoum* ve *R. barbatumda* belirlenmiştir. Topraktaki spor sayısı ıslak eleme metoduna göre belirlenmiş olup maksimum ve minimum spor sayısı rizosfer toprağında *R. anthopogen* (25g/1g toprak) ve *R. lepidotum*da en düşük (25 spor/1 g toprak) olarak belirlenmiştir (Chaurasia ve ark. 2005).

2. 3. 11. Mikorizaların pratikteki önemi

Mikorizalar bitki gelişimini çeşitli yollarla etkilemekte ve genellikle de P, Zn ve Cu beslenmelerini iyileştirerek bir taraftan gelişimi artırırken diğer taraftan da başka faydalı etkileri olmaktadır.

Bir takım zorluklarına rağmen ticari anlamda Mikoriza aşılaması yapılabilecek alanlar da mevcuttur. Fide veya fidan yetiştirilen alanlarda, gelişmenin erken dönemlerinde bahçe bitkilerinin çoğuna, meyve ve orman ağaçlarının hemen tamamına Mikoriza aşılaması yapılabilir. Fide veya fidan döneminde bu şekilde yapılan Mikoriza aşılaması bitkileri şaşırtma şokundan korumakta ve sonraki dönemlerde daha iyi gelişmelerini sağlamaktadır (Villeneuve ve ark. 1991, Guehl ve Garbaye 1990).

Fideliklerde bol sayıda bitkinin bir arada yetiştirildiği durumlarda mikoriza aşılaması kolay olmasına rağmen tarla koşullarında ve özellikle tarla bitkilerine mikoriza aşılaması teknik açıdan oldukça zor olduğu gibi bir çok açıdan da ümit verici değildir. Buradaki kısıtlamalar; yeterli miktarda patojensiz aşı üretiminin olmaması veya zor olması, konukçu ve mantarın türleri arasındaki interaksiyonlar hakkındaki bilginin az olması, doğal mikorizalarla rekabet, bu rekabet nedeniyle fazla aşı kullanma zorunluluğu (Sanders ve Sheikh 1983), büyük alanlarda toprak sterilizasyonunun mümkün olmaması gibi faktörlerden oluşmaktadır.

Öte yandan sterilize edilmemiş toprağa mikoriza uygulamasının ürünü artırdığı yönündeki araştırma bulguları da azdır (Howeler ve ark. 1987, Sieverding 1991). Bu nedenlerle münavebe ve toprak amenajmanı ile doğal Mikoriza enfeksiyonunun artırılması daha ümit verici görünmektedir (Thompson ve Wildermuth 1989; Sattelmacher ve ark. 1991). Bu yönde yapılacak çaba ve iyileştirmeler ekonomik nedenlerle düşük girdili tarımsal sistemler ve çevre bilinci nedeniyle de hem düşük hem de yüksek girdili sistemler için büyük önem taşımaktadır.

Mikoriza sporlarının gelişmesi yalnızca bitki köklerine bağımlı olduğundan, yani spor gelişimi ve çoğalmasının yalnızca bitki kökleri varlığıyla mümkün olmasından dolayı mikorizal çalışmalarda araziden elde edilen ya da saf olarak kültürü yapılmış olan mikoriza sporlarının bitkilere ne derece infekte olacağı önce laboratuar çalışmalarıyla yani kontrollü koşullar altında tespit edilip daha sonra pratiğe aktarılması gerekmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma; arazi, laboratuar ve sera çalışması olmak üzere 3 aşamalı olarak yürütülmüştür. Materyal ve metot başlığı altında verilen konular farklı çalışma alanlarına uygun olarak verilmiştir.

3. 1. Materyal

Bu çalışmanın arazi aşamasında kullanılan materyal, büyük toprak gruplarından alınan toprak örnekleri ve bu topraklarda yetişen bazı yabancı bitkiler ile kültür bitkileridir.

Bu topraklara ve bu topraklardan örnekleme yapılan bitkilere ait özellikler aşağıda verilmiştir.

3. 1. 1. Araştırma alanının konumu

Konya ili, İç Anadolu Bölgesi'nde 36° 51' -39° 29' kuzey enlemleri ile 31° 36' - 34° 52' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğuda Niğde, kuzeyde Ankara ve Eskişehir, batıda Afyonkarahisar ile Isparta, güneyde de Karaman illeriyle komşudur. Araştırma alanı, Konya Kapalı Havzası'nın güney-doğu-kuzey hattı boyunca uzanmakta olup, 53580 km^2'lik Konya Kapalı Havzası içinde yer alan yaklaşık 16.000 km^2 yüzölçümündeki Konya-Çumra Projesi'nin bir bölümüdür (Anonymous 1974).

3. 1. 2. Araştırma alanının toprak özellikleri

Konya Kapalı Havzası kendi içinde, ikinci derecede kapalı havzalara ayrılan, etrafı yüksek dağlarla çevrili geniş ovaları içine alır. Konya-Çumra Havzası, bu ikinci derecede kapalı havzalardan biridir.

Jeolojik bakımdan Konya Ovası, dördüncü zamana kadar bir iç deniz olup, bu denizin kalker çöküntüsü ovanın üst tabakasını teşkil etmiş bulunmaktadır. Dördüncü zamanın Pliosen ve Neojen devirlerinde iklimin gittikçe kuraklaşmaya başlaması üzerine bu iç deniz yavaş yavaş kurumuş bir ova haline gelmiştir. Bu eski iç denizden kalan parçalar zamanımızda bir takım göller ve bataklıklar halinde görülmektedir (Anonymous 1978).

Konya Ovası'nın batısında şistler, mermerler ve kalkerler, Güneyde kretase kalkerleri ve yeşil taş mostraları görülür. Ovayı neojen yaşlı konglemera, kalker, kil ve poliokuaterner, kumlu çakıllı akarsu birikintileri kaplar (Anonymous 1978).

Konya kapalı havzasının toprakları, düz veya hafif dalgalı topografyada eski göl ve deniz tortulları ile volkanik kayaçlar üzerinde oluşmuştur. Kalınlığı fazla olmayan ince taneli bileşenlerden oluşmuş bu toprakların su, drenaj ve erozyon gibi sınırlayıcı faktörlere rağmen verim güçleri orta derecededir. Havzanın taban arazileri, düz ve düze yakın topografyaya sahiptir. Bunların denizden yüksekliği 900-1050 m arasında değişmekte olup, drenaj ağının yetersizliği nedeniyle bölgede önemli oranda tarım arazileri oluşturulmuştur. Bunu takiben bilinçsizce yapılan tarımsal faaliyetler, mevcut kullanılabilir arazileri verimsiz hale getirmiştir (Anonymous 1993).

Ova toprakları genel olarak ağır bünyelidir (killi, tınlı, killi-tınlı, kumlu-killi) çok az olarak da hafif bünyeli (kumlu-tınlı, tınlı) topraklara rastlanır (Anonymous 1978).

Kireç yönünden zengin topraklar olup, pH'ları genellikle 7.5-8.5 arasında değişirken, infiltrasyon değerleri orta ve yüksek derecelerdedir (Ertaş 1979).

3. 1. 3. Araştırma alanının su kaynakları potansiyeli

Konya Ovası, herhangi bir akarsu aracılığı ile denizlere akışı olmayan kapalı bir havzada bulunmaktadır. İlin havzada yer alan ovalarının sulanabilir arazi varlığı 1.648.152 ha, sulamaya açılmış arazi varlığı ise 341.203 ha'dır (DSİ: 197.680 ha, Köy Hizmetleri: 90.059 ha ve Halk Sulamaları 53.464 ha).

Konya Ovası'nda sulama suyu yer altı ve yer üstü su kaynaklarından sağlanmakta olup, toplam su potansiyeli 5.840 milyar m^3/yıl'dır. Bunun 0.920 milyar/m^3'ü yer altı suyu, 2.400 milyar/m^3'ü yer üstü suyu, 0.500 milyar/m^3'ü ise Göksu'nun kullanılabilir suyundan oluşmaktadır (Anonymous 1993).

3. 1. 4. Araştırma alanının tarımsal özellikleri

Konya Ovası'nda ekilebilir alanlar 1.515.121 hektar olup, sulama yapılan alanlarda yaygın bitki deseni ekilme oranına göre % 72.34'le en fazla tarla ürünleri oluşturmakta, bunu % 15.45'le sebzeler ve % 12.21'le meyveler takip etmektedir. Tarla ürünleri içerisinde de 1.323.759 ha'la tahıllar ilk sırayı alırken, bunu sırasıyla 91.136 ha'la baklagiller, 81.405'le endüstri bitkileri, 7.898 ha'la yağlı tohumlar ve 10.923 ha'la yumrulu bitkiler izlemektedir (Anonymous 1993).

3. 1. 5. Araştırma alanının doğal bitki örtüsü

Konya ilinde arazinin büyük bir kısmı işlenmektedir. Bununla beraber güney ve güneybatı yörelerinde çeşitli orman-ağaç ve çalılıkları bulunmaktadır. Ayrıca, meralarda doğal olarak yetişen çok çeşitli mera ve baklagil bitkilerine; yaş ya da çorak yerlerde çayır, çorak veya suyu seven bitkilere rastlanır. En çok rastlanan ağaç ve ağaççık türleri Toros Dağları'nda ardıç, karaçam, kızılçam, köknar, dişbudak ve gürgendir. Ayrıca akarsu boylarında söğüt, kavak, iğde ve karaağaca çok rastlanır. En çok görülen çayır ve mera bitkileri yavşan, yumak, geven, kekik, gökbaş, otlak ayrığı, gazel boynuzu, düğün çiçeği, prem, sütlüğen, ebegümeci, kuzukulağı, korunga, tırfıl, fiğ, gelincik, saz ve kamıştır (Anonymous 1992).

3. 1. 6. Araştırma alanının iklim özellikleri

Kurak ve yarı kurak iklim özelliğine sahip bu bölgede kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kuraktır. Yağışların, gerek havzanın bir bölümünde, gerekse zaman içindeki dağılışı son derece istikrarsız ve farklıdır. Konya Ovası'nda, kurak

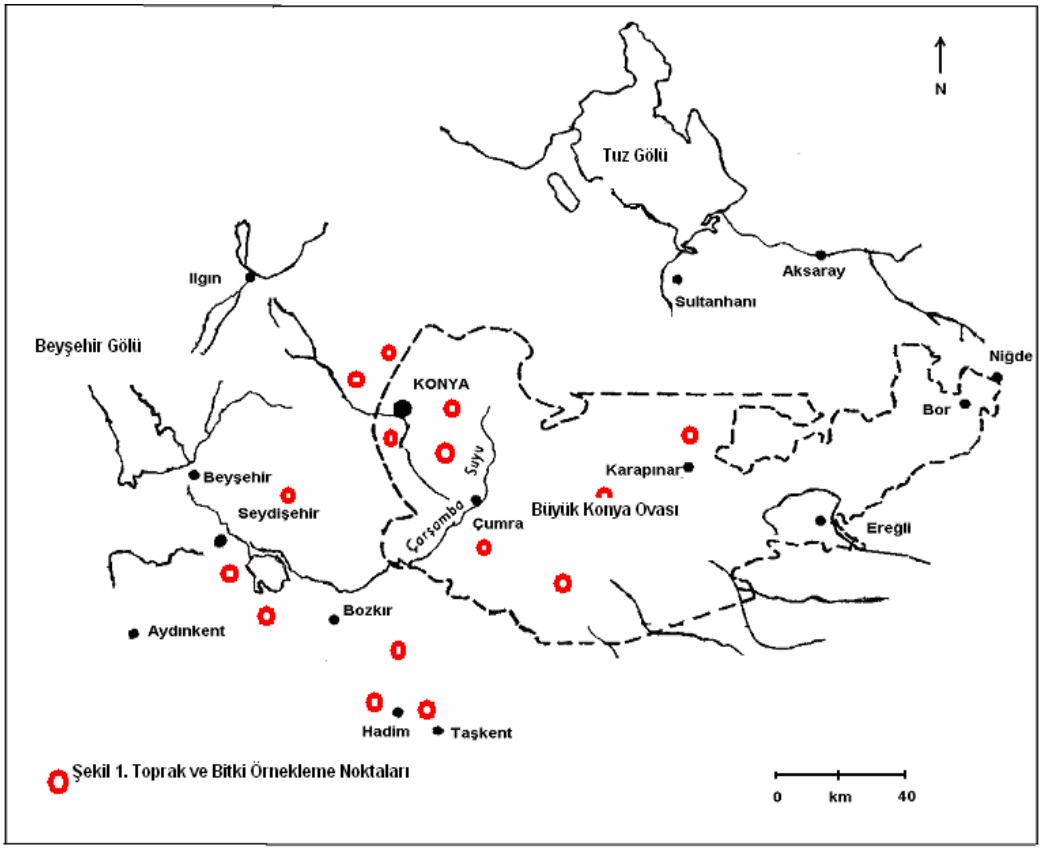
devrelerde özellikle 1844, 1854, 1874 ve 1878 yıllarında, bu havzada oturanları göçe kadar zorlayan kıtlıklar; gerek ova halkını, gerekse hükümetleri havzanın sulanması olanaklarını araştırmaya yöneltmiştir. Yağışlı devrelerde ise kapalı havzanın denize akıntısı olmadığından, sular çukur yerlerde birikerek göl ve bataklıklardaki su seviyesinin yükselmesine, hatta kurak devrelerde tarım arazisi olarak kullanılan yerlerde büyük geçici göllerin meydana gelmesine sebep olmuştur (Anonymous 1974).

Diğer taraftan, Konya Meteoroloji İstasyonu'na ait uzun yıllar (son 42 yıl) ortalaması iklim elemanları ile 1995, 1996 ve 1997 yıllarına ait bazı iklim elemanlarının durumlarına göre; en sıcak ayların Temmuz ve Ağustos olduğu, bölgeye düşen yağışların ise genelde kış ayları olmakla beraber, ilkbahar ve sonbahar aylarında da yağışların düştüğü belirlenmiştir. Uzun yıllar ortalamalarında en yağışlı aylar, Mayıs, Aralık ve Ocak ayları olarak tespit edilmiş olup, yıllık ortalama yağış miktarı ise 325.8 mm olarak kaydedilmiştir (Anonyomus 1999).

3. 1. 7. Araştırma alanındaki toprak ve bitki örnekleme yerleri

Konya Ovası topraklarındaki doğal mikorizal potansiyelin ve infeksiyon yüzdelerinin belirlenmesi amacıyla, Konya Ovası'nda yaygın olduğu tespit edilen 15 farklı büyük toprak grubundan her gruba ait 4'er toprak örneği alınmıştır. Topraklardaki doğal mikoriza potansiyelinin bitkideki vejetatif gelişme, mikorizal infeksiyon, kök uzunluğu ve besin elementleri alımı gibi çeşitli parametrelere yönelik etkilerini belirlemek amacıyla, toprak örneklerinin alındıkları yerlerden mikorizal infeksiyona uyum sağlayabilen, tarla, bahçe ve mera alanlarından da değişik türde bitkiler alınmıştır.

Toprak ve bitki örnekleme yerleri Şekil 3. 1. ve Çizelge 3. 1.'de gösterilmiş olup büyük toprak gruplarının özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. 1. Konya Ovası büyük toprak gruplarına ait toprak ve bitki örnekleme noktaları

Araştırma alanında (Konya Ovası) yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarının özellikleri aşağıda verilmiştir.

Allüviyal Topraklar: Bu topraklar A ve C horizonlarına sahip, akarsu ve göl orijinli depozitlerin meydana getirdiği ve muhtelif zamanlarda gelen sedimantasyonun durumuna göre profilinde çeşitli katlar bulunan genç ve derin topraklardır. Genellikle taze tortul depozitler üzerindeki genç topraklardır. Mineral bileşimleri akarsu havzasının litolojik bileşimi ile, jeolojik periyotlarda yer alan toprak gelişimi sırasındaki erozyon ve birikme devirlerine bağlı olup heterojendir. Profillerde horizonlaşma bulunmaz veya bulunsa bile çok az belirgindir. Buna karşılık değişik özellikte mineral bulunur. Allüviyal topraklar bünyelerine, bulundukları bölgeye yahut evrim devrelerine göre sınıflandırılırlar. Bu topraklarda üst toprak alt toprağa belirsiz olarak geçer. Allüviyal toprakların çoğu yukarı

arazilerden yıkanmış, kireççe zengindir. İnce bünyeli veya sığ taban suyuna sahip allüviyal topraklarda düşey geçirgenlik düşüktür. Yüzey toprağı nemli ve organik maddece zengin, alt toprak ise daha iyi drene olur durumdadır.

Bitki örtüsü iklime bağlı olarak değişiklik gösterir. Bulundukları iklime uyabilen her türlü kültür bitkisinin yetiştirilmesine elverişli ve üretken topraklardır.

Konya ilinde allüviyal toprakların toplam alanı 619227 hektar olup, bunun 259196 hektarını sorunsuz 1. sınıf araziler, 114921 hektarını II. sınıf , 84886 hektarını III. sınıf, 67815 hektarını IV. sınıf, 89136 hektarını V. sınıf , 3273 hektarını VI. sınıf araziler teşkil etmektedir (Anonymous 1992).

Kahverengi Toprak: Kahverengi topraklar aridten, semi aride ve ılımandan serine kadar değişen iklimlerde bulunur. Üzerindeki bitki örtüsü kısa ot ve çalılardan ibarettir. Bu topraklar çeşitli ana maddelerden oluşabilirler. Oluşmalarında kalsifikasyon rol oynar. Bu nedenle profillerinde çok miktarda kalsiyum bulunur. A, B, C horizonlu topraklar olup, erozyona uğrayanlarında A ve C horizonları görülür. Doğal drenajları iyidir. A_1 horizonu kahverengi veya grimsi kahverengi 10-15 cm. kalınlığında ve granüler yapıdadır. Organik madde içeriği orta derecededir. Nötr veya kalevi reaksiyona sahiptir. B horizonundan ana maddeye soluk kahverengi veya grimsi olarak tedrici geçiş vardır. Ana madde çok kireçlidir. B horizonunun altında beyazımsı ve çoğunlukla sertleşmiş kireç birikme katı yer alır, bunun altında da bir jips birikme katı vardır. Bu topraklar yazın uzun periyotlar kuru kalır ve bu periyotlarda kimyasal ve biyolojik etkinlikler yavaşlar. Kahverengi topraklar ilin, Bozkır, Ermenek, Hadim ve Seydişehir ilçeleri hariç merkez dahil bütün ilçelerinde vardır. Topografya esas olarak düz, ondüleli ve hafif dalgalıdır. Bu toprakların büyük kısmı kuru tarımda kullanılmaktadır. Toprak derinliği yetersizdir, meyilli ve taşlı olan önemli bir kısmı da mera şeklinde değerlendirilmekte olup, sulu tarım ile bağ-bahçe gibi küçük sahalarla sınırlandırılmış bulunmaktadır. Konya ilindeki toplam alanları 935870 hektardır (Anonymous 1992).

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı: Bu topraklar hemen hemen üniform olarak kahverengidir. Renk ve baz durumu ana materyal ve organik madde miktarına bağlı olarak değişir. A, B, C horizonlu topraklardır. A horizonu iyi oluşmuş ve gözenekli bir yapısı vardır. B horizonunu gözle ayırt etmek zordur. B horizonu bazen

silikat kil mineralleri ile hafifçe zenginleşmiş ve yapı elemanlarına sahip durumda olabilir. Bu katmanın oluşumu, yıkanmadan çok ayrışma sonucu ortaya çıkan değişmelerle ilgilidir. Bu horizon bir çok kısımlarda yoktur ve A horizonunun altında C horizonu bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerde A_1, toprak işleme sonucu değişime uğrayıp Ap' ye dönüşmüştür. Reaksiyonları asit veya kalevidir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları çoğunlukla yaprağını döken orman ağaçları, kısmen meşe ve çalıların altında oluşur. Topografya esas olarak tepelik ve dağlık, meyil ise %12-30 dur. Bu topraklarda meyil fazlalığı toprak işlemesini kısıtladığından çoğunlukla orman, funda ve mera olarak kullanılırlar.

Kuru tarım ve bağ-bahçe olarak kullanılan az bir kısım alan daha vardır. Konya ilinde toplam alanları 255661 hektardır (Anonymous 1992).

Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları: Bu topraklar esas itibariyle Kırmızı Akdeniz ve Kahverengi Akdeniz topraklarının karışık halidir. Konya ilinin Beyşehir, Bozkır, Çumra, Ereğli, Ermenek, Hadim, Karaman ve Seydişehir İlçelerinde görülürler. A, B, C horizonlu topraklardır. Doğal bitki örtüsü; ot, maki ve çeşitli orman ağaçlarıdır. Kurak mevsimli humid ve subhumid iklimlerde görülür. Toprak yılın büyük bir bölümünde kurudur. Ancak serin ve yağışlı mevsimlerde rutubetlidir. Yıllık ortalama yağış 400-1000 mm. civarındadır. Ana madde esas olarak sert kalker olup, hafif dağlık bölgelerde granit, kiltaşı, kumtaşı, çeşitli metamorfikler, kristal kayalar, fliş ve kireçtaşıdır. Alçak yayla ve ovalarda bazik karakterli andezitik, dasitik, bazaltik kayalar, kiltaşı, çimentolaşmış kumtaşı ve konglomera, marnlı depozitler, çeşitli sediment kayalar, çakıllı kumlu killi genç sedimentler ve kumlu kil taşlarıdır. Konya ili içerisindeki toplam alanları 466306 hektardır (Anonymous 1992).

Kahverengi Orman Toprağı: Bu topraklar yüksek kireç içeriğine sahip ana madde üzerinde oluşurlar. A, B ve C horizonlu olup, horizonlar birbirine tedricen geçiş yaparlar. Koyu kahverenginde olan A horizonu belirgindir. Gözenekli veya granüler bir yapıya sahiptir. Reaksiyonu kalevi bazen de nötrdür. A horizonundaki organik madde mull şeklindedir, yani mineral madde ile iyice karışmıştır. B horizonu daha açık renktedir, genellikle kahverengi bazen de kırmızıdır. Granüler veya yuvarlak köşeli blok yapıdadır. Çok az miktarda kil birikmesi olabilir. Horizonun

aşağı kısımlarında $CaCO_3$ birikmesi görülebilir. Bu topraklar genellikle yıllık ortalama yağışın 600-700 mm ve yıllık ortalama sıcaklığın 12ºC olduğu yerlerde görülmektedir. Doğal bitki örtüsü özellikle yaprağını döken dişbudak, gürgen, karaağaç ve bodur meşe gibi ağaç ve ağaççıklarla, yaprağını dökmeyen ağaçlardan çam ve çeşitli çalılardır. Mera bitkilerinden de tilki kuyruğu, yüksek otlak ayrığı, köpek dişi, yumak ve sakal otları yaygındır. Kahverengi Orman Topraklarının Konya ili içindeki toplam alanları 247329 hektardır (Anonymous 1992).

Kırmızımsı Kahverengi Topraklar: Bu topraklar kendilerine çok benzeyen arid bölgelerin zonal ve kalsifikasyon süreçli kahverengi toprakları ile birlikler meydana getirirler. Yıllık ortalama yağışın 300-400 mm. olduğu yerlerde görülen bu topraklarda yağışın azlığı alt kısımlarda kireç ve jips birikmesine yol açar. Oluştuğu yerlerde yıllık ortalama sıcaklık 2.3ºC olup, kahverengi toprakların oluştuğu sıcaklıktan daha yüksektir. Bu fazla sıcaklık demirin oksidasyonunu artırarak toprağın daha kırmızı renk almasına yol açar. Doğal biti örtüsü kahverengi topraklarda görülen yıllık bozkır bitkileri ve dikenleridir. Ana madde çoğunlukla kireç kayası, marn, ara tabakalı marnokalker ve çakıllı eski depozitlerdir. Ana madde olarak genellikle sığ topraklarda sert kalker, derin topraklarda ise çakıllı eski depozitler bulunur.

Bu topraklarda yaygın olan topoğrafya hafif dalgalı veya dalgalı olup, meyil % 6-20 arasıdır. Çoğunlukla kuru tarımda kullanılmaktadır. Kırmızımsı kahverengi topraklar A, B, C horizonlu zonal topraklardır. Bu toprakların derinliğini kısıtlayan en önemli faktör erozyon olup bunu ana maddenin sertliği izler. Bozkır, Ermenek, Hadim ve Karapınar ilçeleri hariç diğer bütün ilçelerde yaygındır. Konya içindeki toplam alanları 802421 hektardır (Anonymous 1992).

Tuzlu-Alkali Topraklar: Yıllık ortalama yağışın 250-300 mm., yıllık ortalama sıcaklığın 11.1-11.2 ºC olduğu Karapınar, Ereğli ve Kaşınhanı İlçelerinde görülür. Doğal bitki örtüsü: *Salicornia, Statica, Limonium, Atriplew*, diğer tuz seven ot ve kısmen çalılardır. Bu topraklar genellikle etrafı allüviyal topraklarla çevrili, dışarıya akıntısı olamayan içbükey topografyaya veya düz meyillere sahiptirler. Bu bakımdan yüksek tuz içerikli taban sularının yükselmesi, taşkınlar ve fazla buharlaşma toprak yüzeyinden itibaren tuz birikmesine sebep olmuştur. Tuz, beyaz kristaller halinde

özellikle yüzeyde olmakla birlikte profil boyunca da görülmektedir. Bu topraklar interzonal toprakların halomorfik alt sırasına dahil olup, bütün özelliklerini yüksek derecedeki bu tuzdan alırlar. Belirgin A, B ve C horizonlarına sahiptirler. Yüksek tuz nedeniyle ıslah edilmeden kültür bitkisi yetiştirmek mümkün değildir. Halen bozuk mera olarak kullanılmaktadır. Çorak toprakların il içerisindeki toplam alanları 19454 hektar olup, 10.030 hektarı VI. sınıf, 2424 hektarı ise VII. sınıftır (Anonymous 1992).

Kestane Rengi Topraklar: Bu topraklar yıllık ortalama sıcaklığı 11.2ºC, yıllık ortalama yağışı 500 mm. dolaylarında olan yerlerde görülürler. Çoğunlukla Konya Merkez ve Bozkır ilçelerinin kuzey batısında kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman, kırmızı kahverengi, kırmızı kestane rengi ve kolüviyal topraklarla birlik halinde bulunurlar. Kestane rengi toprakların oluştuğu bölgelerde yıllık ortalama sıcaklık 11.2ºC, yıllık ortalama yağış 500 mm. dolaylarındadır. Doğal bitki örtüsü yıllık muhtelif otlar, ot çalı karışığı ile seyrek funda ve orman kalıntılarıdır. Mera bitkilerinden ayrık çeşitleri, korunga, tırfıl, fiğ, çayır, tilki kuyruğu, sorguç, arpa çimi, köpek dişi ve yumrulu salkım otu, funda, çalı, orman kalıntılarından da meşe ve ardıç ile seyrek olarak iğne yapraklılar bulunur.

Ana madde neojen, yaşlı çok kireçli eski depozitlerdir. Topografya dalgalı olup, meyil genellikle % 8-15 arasındadır. Kestane rengi toprakların kullanma şekli incelendiğinde yaklaşık yarısının kuru tarımda diğer yarısının ise mera, orman ve bağ-bahçe olarak kullanıldığı görülür.

Kestane rengi topraklar kireçli ana maddeden oluştukları için bünyelerinde yüksek oranda serbest $CaCO_3$ ihtiva eder. Kireç birikmesi bu toprakların da oluşum esasıdır. Daha fazla yağışlı bölgelerde oluşmaları sebebiyle kireç birikme horizonu kahverengi, kırmızı-kahverengi ve sierozem topraklara nazaran daha derinde görülür. Kestane rengi topraklar A, B, C horizonlarına sahip zonal topraklardır.

Konya ilinde 35061 hektar alan kaplayan kestane rengi topraklar Merkez, Beyşehir, Bozkır, Ereğli, Ilgın, Kadınhanı ve Seydişehir ilçelerinde görülürler (Anonymous 1992).

Sierozemler: Kalsifikasyon sonucu oluşmuş bu topraklar A, B, C horizonlu, zonal topraklardır. Sıcaktan, serin-ılımana kadar değişen arid iklimlerde yer alırlar.

Yıllık ortalama yağışın 200-275 mm. civarında olduğu daha ziyade Karapınar ve Cihanbeyli dolaylarında kahverengi, kırmızı-kahverengi, regosol ve allüviyal topraklarla birlikte görülürler. Erozyona uğrayanlarında A ve C horizonu görülür. Doğal bitki örtüsü yavşan, yumak otu, delisarı, gelincik, sorguç otu, püsküllü ot ve yıllık dikenlerdir. Bu bitkiler en fazla yağış alan ilkbahar aylarında sürekli bir gelişme gösterirler. Fakat yağışın yetersiz veya hiç olmadığı, buna karşılık buharlaşmanın çok fazla olduğu kurak ve sıcak yaz aylarında sararıp kururlar. Bu sebeple doğal bitki örtüsü cılız ve seyrektir.

Ana madde çoğunlukla dördüncü zamana ait göl orijinli, çok kireçli beyaz ve gri renkli, gevşek genç tortullar ile yine fazla kireçli vadi dolguları ve kalker kayalarıdır. Bulundukları topoğrafya düz, düze yakın, meyil ise en çok % 6'dır. Halen çoğunluğunda kuru tarım yapılmaktadır. İl içerisindeki toplam alanları 42609 hektardır (Anonymous 1992).

Regosoller: Bu topraklar gevşek, bağıntısız depozitler üzerinde oluşmuş, volüm ağırlıkları düşük, kaba bünyeli, fazla geçirgen, düşük su tutma kapasiteli, sığ topraklardır. Bu özellikleri dolayısıyla fizyografik olarak kuru olurlar, yağış genellikle düşük, doğal bitki örtüsü çoğu kez zayıf veya çok zayıf gelişmiş, seyrek kısa boylu otlardır. Genelde üzerlik, yabani yulaf, yandak ve diğer dikenlerle ayrık ve çalılara rastlanır.

Ana madde rüzgarın taşıyıp biriktirdiği pleistosene ait kalker miktarı yüksek, lakustrin orijinli, bağıntısız materyaller, volkanik kül ve lapillilerle su ve yer çekimi ile birikmiş kaba bünyeli depozitlerdir. Volkanik orijinli regosoller Karapınar'ın doğusundaki volkanik dağ ve tepelerin eteklerinde, rüzgarların oluşturduğu regosoller ise Konya Merkez, Cihanbeyli ve Kulu civarında görülürler.

Regosollerde topografya, genellikle dalgalı, hafif dalgalı, kısmen düz ve ondüleli, meyil ise: düz-düze yakın veya hafiftir. Çoğunlukla kuru tarım ve mera olarak kullanılırlar. Regosoller yalnız A ve C horizonlarına sahip olmaları sebebiyle profil teşekkülleri zayıf zonal topraklardır. B horizonu hemen hemen bulunmaz. Belirgin bir gövde yoktur. Bütün özelliklerini kaba, gevşek, bağıntısız kum, volkan külü ve lapilli olan ana maddeden alırlar. Konya ilindeki toplam alanı 122908 hektardır (Anonymous 1992).

Hidromorfik Alüvyal Topraklar: Bu topraklar çok fena drenaj şartlarının hakim olduğu yerlerde görülür. Konya merkez aslım bataklığında, Çumra'nın kuzey batısında (Alakova Bataklığında), Tersakan, Hotamış ve Tuz Gölü'nün güney batısında Ereğli İlçesinin batı ve kuzey batısında görülür.

Bu topraklar esasında allüviyal topraklardır. Akarsular veya göller tarafından oluşturulmuşlardır. Profil teşekkülü olmadığı için azonal topraklara girerler. Yaşlı olanları profil teşekkülüne sahip olduğundan interzonal toprak olarak algılanırlar. Bu toprakların özel iklimi yok fakat özel bitki örtüsü vardır. Bunlar su seven ve tuza dayanıklı kamış, saz, yosun, acı ayrık ve kova otudur. Topoğrafya düz veya içbükey, meyil düz-düze yakındır. Hidromorfik allüviyallerin ana maddesi allüviyallerinkiyle aynı olup, kuaternerin genç dolgularıdır. Bu toprakların en önemli karakteri isminden de anlaşılacağı gibi her zaman yaş olmalarıdır. Bu nedenle, genel olarak sürüm yolu ile tarıma elverişli değildirler. Ancak dikkatli ve etnansif tedbirlerle toprak yer yer işlenebilir. Yaşlık çok yüksek olan taban suyundan ileri gelmektedir. Yılın büyük kısmında toprak yüzeyinden biraz aşağıya düşebilmektedir. Esas olarak çayırlık, sazlık ve mera şeklinde görülen bu topraklarda yer yer bataklıklar bulunur. Toprakların devamlı su ile doymuş olması oksidasyona mani olup redüksiyona yol açmakta ve böylece toprakta renk lekeleri ve gley teşekkül etmektedir. Gley katı genellikle 30 cm. den itibaren başlamaktadır. Hidromorfik allüviyal topraklarda kamış, saz ve çayır otlarının kök, sap ve yaprakları çok fazla olduğundan organik madde miktarı yüksektir. Organik maddenin havasız sahalarda dekompoze olması ile de organik asitler meydana gelmektedir. Bu topraklardaki önemli özellikler karışık bünye, drenaj yetersizliği, tuzluluk ve alkaliliktir.

Konya ilinde hidromorfik allüviyal toprakların yüz ölçümü 89250 hektar olup, bunun 14679 hektarını V. sınıf, 74571 hektarını VII. sınıf araziler teşkil etmektedir (Anonymous 1992).

Kolüvyal Topraklar: Dik yamaçların eteklerinde ve vadi boğazlarında bulunurlar. Toprak özellikleri daha çok çevredeki yukarı arazi topraklarına benzemektedir. Ana materyal derecelenmemiş veya az derecelenmiştir. Yer çekimi, toprak kayması, yüzey akışı ve yan derelerle taşınarak biriken materyaller üzerinde oluşmuş A, C horizonlu genç topraklardır. Profilde yağışın veya akışın yoğunluğuna

ve eğim derecelerine göre değişik parça büyüklüklerini içeren katlar ihtiva ederler. Bu katlar allüviyal topraklardaki gibi birbirine paralel olmayıp heterojen bir yapı gösterirler. Yüzey akışın hızının azaldığı yerlerde parçaların çapları küçülmekte ve hatta allüviyal toprak parça büyüklüğüne eşit olmaktadır. Dolayısıyla; eğimin çok azaldığı yerlerde kolüvyal ve allüviyal topraklar birbirine geçişli olarak karışır. Eğim tek tip olup, materyalin geldiği yöne doğru artmaktadır. Bazen taşkınlara maruz kalırlarsa da eğim ve bünye nedeniyle drenajları iyidir. Tuzluluk ve sodiklik gibi sorunları yoktur.

Kolüvyal toprakların il içerisindeki toplam alanları 277420 hektar olup, 64209 hektar I. sınıf, 84096 hektar II. sınıf, 58813 hektar VI. sınıf, 7778 hektar VII. sınıftır (Anonymous 1992).

Kırmızımsı Kestane Renkli Topraklar: Bu toprakların bulundukları yerlerde yıllık ortalama yağış 350-600 mm., yıllık ortalama sıcaklık 11.5-12ºC dir. Sıcaklığın nispeten fazla olması bu toprakların kahverengi topraklardan daha kırmızı renkte olmasını sağlamaktadır. Doğal bitki örtüsü kestane rengi topraklara göre daha çok gelişmiş funda ve ağaçlarla biraz daha fazla yağışı seven ot ve çayırlardır.

Ana madde çakıllı eski depozitler, kireç taşı, bazik-volkanik kayalar, şist ve mermer gibi çeşitli orijinli kütlelerin ayrışma ürünleridir. Bu topraklar çoğunlukla tepelik, dağlık ve dalgalı topografya ile % 6-20 eğimlerde görülürler. Halen başta mera olmak üzere orman ve kuru tarımda kullanılmaktadır. Kırmızı kestane rengi topraklar A, B, C horizonuna sahip zonal topraklardır. Kırmızı kestane rengi toprakların il içerisindeki toplam alanı 299049 hektardır (Anonymous 1992).

Kırmızı Akdeniz Toprakları: Bu toprakların bulundukları Beyşehir Gölü'nün güney ve güney batısında yıllık ortalama yağış 450-700 mm., sıcaklık ise 15.9ºC dir, yağış güneye doğru gidildikçe artmaktadır. Doğal bitki örtüsü esas olarak orman ağaçları ve makilerdir. Mera bitkilerinden sorguç, ayrık, köpek dişi ve yabani yulaf çok görülür.

Kırmızı Akdeniz topraklarını oluşturan ana madde genellikle üçüncü zamana ait sert kalker kayalarının ayrışma ürünleridir. Topografya dağlık veya arızalı olarak görülür. Meyil ise topografyaya paralel olarak çok dik veya sarptır. Bunların sonucu olarak bu topraklar halen orman veya mera olarak kullanılmaktadır.

A, B, C horizonlarına sahip zonal topraklardan olan Kırmızı Akdeniz toprakları topografya ve meyilin çok fazla, ana kayanın da sert olması dolayısıyla çoğunlukla litozolik veya buna yakın karakter arz etmektedirler. Bu sebeple gelişmiş bir gövde tespit etmek mümkün olamamıştır. Konya ilinde Kırmızı Akdeniz topraklarının toplam alanı 44099 hektar olup, Bozkır, Ermenek, Hadim ve Karaman ilçelerinde görülmektedir (Anonymous 1992).

Kireçsiz Kahverengi Topraklar: Yıllık ortalama yağışın 350-700 mm., yıllık ortalama sıcaklığın 11.5ºC olduğu bölgelerde görülür. Doğal bitki örtüsü yüksek ot ve çalı karışımı veya seyrek, yüksek ağaçlardır. Mera bitkilerinden sütleğen, sığır kuyruğu, yumak otu, kangal dikeni, ağaç ve ağaççıklardan ise karaçalı ve meşe çoğunluktadır. Ana madde andezit, spilit, bazalt ve porfirit gibi püskürük kayaçların ayrışma ürünleridir. Genel topografya dalgalı, tepelik ve arızalı olarak görülür. Çoğunlukla çok dik meyillerde bulunur. Esas arazi kullanma şekli mera olup, bunu kuru tarım ve funda izler.

Kireçsiz kahverengi topraklar A, B, C horizonlarına sahip, zonal topraklardır. Profil devolopmanı oldukça iyidir. Serbest $CaCO_3$ hiç yok ve ya çok azdır. Bu topraklar çoğunlukla kırmızı-kestane rengi, kırmızı-kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman toprakları ile birlikte bulunur. Konya ilindeki toplam alanları 55178 hektardır (Anonymous 1992).

Çizelge 3. 1. Konya Ovası Büyük Toprak Gruplarına Ait Toprak ve Bitki Örneklerinin Alındıkları Noktalar

Büyük Toprak Grubu	Örnek Bitki	Örnekleme Alanı
Allüviyal	Soğan	Meram/Seydişehir (Gökhüyük Köyü)
Kahverengi	Fasülye	Konya Merkez (Kampus)
Kireçsiz Kahverengi Orman	Soğan	Seydişehir (Kozlu Köyü)
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	Semiz otu	Hadim/Seydişehir
Kahverengi Orman	Soğan	Hadim (Oduncu Köyü)
Kırmızımsı Kahverengi	Mısır	Çumra (Seçme Köyü)
Tuzlu-Alkali	Mısır	Karatay (Erler Köyü)
Kestane Rengi	Fasülye	Bozkır (Saray ve Akkise Kasabası)
Sierozem	Nohut	Karapınar (Hotamış Kasabası)
Regosol	Soğan	Karapınar
Hidromorfik Allüviyal	Çayır	Kaşınhanı/Abditolu
Kolüvyal	Nohut	Bozkır (Ahırlı ve Ali Çerçi Köyü)
Kırmızımsı Kestane	Buğday	Bozkır (Akçapınar Köyü)
Kırmızı Akdeniz	Çilek	Hadim (Göynükışla Kasabası)
Kireçsiz Kahverengi	Fasülye	Sille (Sille Barajı)

3. 1. 8. Laboratuar çalışmasında kullanılan materyaller

Araziden spor sayımı yapmak üzere getirilen toprak örnekleri ile aynı topraklara ait bitkilerin infeksiyon yüzdelerini belirlemek üzere alınan bitki kök örnekleri kullanılmıştır.

3. 1. 8. 1. Toprak örneği

Konya Ovası'ndaki yaygın büyük toprak gruplarına ait olan 15 farklı yerden alınan toprak örneklerinin bir kısmı 2 mm.lik elekten elenerek rutin analizler için hazırlanmış, bir kısmı ise mikoriza spor sayımı yapabilmek amacıyla doğal hali bozulmadan plastik kutular içerisinde muhafaza edilmiştir.

3. 1. 8. 2. Bitki örneği

Toprak örneklerinin alındıkları yerlerden aynı yere ait bölgede yaygın olarak bulunan çeşitli bitkiler: soğan (*Allium cepa*), fasülye (*Phaseolus vulgaris*), semiz otu (*Portulaca oleracea*), mısır (*Zea mays*), nohut (*Cicer anatolicum*), buğday (*Triticum vulgare*), çilek (*Fragaria vesca*) ve Çayır (*Pratum*) kökleriyle beraber alınmış; kökleri mikorizal infeksiyon (%) tespiti için kullanılmış, üst aksamlarında ise besin element analizleri yapılmıştır. Örnek alınan ve üzerinde çalışılan bitkilerin adları Çizelge 3. 1. 'de verilmiştir.

3. 1. 9. Sera çalışmasında kullanılan materyaller

Sera çalışması, ön deneme ve esas deneme olmak üzere 2 aşamalı olarak yürütülmüştür.

3. 1. 9. 1. Ön denemede kullanılan bitki yetiştirme ortamı (toprak)

İlk aşamada, yapılan analizler sonucunda infeksiyon yüzdesi yüksek olan 3 farklı büyük toprak grubuna (sierozem, regosol ve Kırmızı Akdeniz toprağı) ait toprakların her birinden 100'er g alınmış ve asit ve saf sudan geçirilmiş olan plastik bardaklara soğan (göğer, arpacık soğan) bitkisi ekilerek sera çalışmasında yerli karışık spor aşılama materyali olarak kullanılacak sporların sayısının artırılması sağlanmıştır.

3. 1. 9. 2. Ön denemede kullanılan bitki

Mikoriza ile infeksiyon yeteneği yüksek olan soğan bitkisi (arpacık soğanı) kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bitki morfolojik özellikleri bakımından: kökleri, gövdeden tek tek çıkar ve 20-25 cm kadar toprağın derinine inebilir. Kökler yanlara fazla yayılmaz. Besin maddeleri burada toplanır. Gövdesi köklerin çıktığı nokta ile etli yapraklar arasında kalan kısımdır. 6-12 mm genişliğindedir. Yapraklar, önce dış

yapraklar sonra iç içe yapraklar açılır. En genç yaprak en içteki yapraktır. Soğan tohumunun üzeri siyah-sert parlak bir kabukla örtülüdür, tohum üç köşeli bir yapıya sahiptir. 1000 tane ağırlığı 2.7-4.0 gr dır. Çimlenme güçlerini 2-3 yıl muhafaza ederler. 20º C'de 14 günde çimlenme gerçekleşir (Anonymous 2007b).



Şekil 3. 2. Ön denemede yetiştirilen soğan bitkisi ve elde edilen köklerin saksı ortamına aşılanarak "Yerli kokteyl" spor kültürünün hazırlanması (Orijinal).

3. 1. 9. 3. Ön denemede kullanılan saksı

Ön deneme yalnızca aşılama materyali elde etmek amaçlı olduğundan içerisine yaklaşık 300 g kadar toprak alan, 4.5 cm çap ve 8.5 cm yüksekliğinde renksiz (şeffaf) 50 adet plastik bardağa 3'er adet soğan ekilmiştir.

3. 1. 9. 4. Denemede kullanılan bitki yetiştirme ortamı (toprak)

Deneme, içerisinde en genç ve sağlıklı sporların olmasından dolayı Tuzlu-Alkali büyük toprak grubuna ait topraklardan getirilerek kurulmuştur. Getirilen topraklar 4 mm.lik elekten elenmiş, ardından önce otoklavda 121ºC de 2 atmosfer basınç altında 120 da. daha sonra ise Metil Bromid'le sterilizasyona tabi tutularak, sera denemesinde kullanılıncaya kadar 2 hafta süreyle içerisindeki mikrobiyal aktivitenin yeniden cereyanı için polietilen torbalarda beklemeye bırakılmıştır.

3. 1. 9. 5. Denemede kullanılan bitkiler

Denemede bitki olarak, ekmeklik buğday çeşidi (Konya-2002) ve hibrit mısır çeşidine ait (OSSK 602) tohumlar kullanılmıştır.

Konya 2002 buğday çeşidinin başakları beyaz, uzun ve kılçıklı, bitki boyu: 90-100 cm. arasındadır, yatmaya karşı dayanıklıdır, kalite özellikleri olarak kırmızı, sert daneli ve 1. sınıf kalitededir, kullanım alanı: un yapımıdır. Dane verimi: dekara 400-800 kg.dır. Gelişme tabiatı kışlıktır, taban ve yarı taban alanlar istediği toprak özelliğidir. Bitkinin kurağa dayanıklılığı hassas, soğuğa ise dayanıklıdır. Çinko eksikliğine orta hassas ancak, Bor fazlalığına orta derece dayanıklıdır. Bitkinin protein oranı (%) 12-14, bin dane ağırlığı 40-49 g, hektolitre ağırlığı ise 78-82 kg. dır. SDS-mini (minimum sedimentasyon): 11-16 olup, orta sertlikte bir üründür. Ayrıca bitki, pas, rastık, sürme ve kök çürüklüğüne orta derecede dayanıklıdır (Anonymous 2007a).

OSSK 602 mısır çeşidi ise; FAO 600 grubu, tek melez hibrit mısırdır. Ana ürün ve erken ikinci ürün olarak tavsiye edilir. Geniş uyum yeteneğine sahip olup, makinalı hasada uygundur. Uzun ve kalın koçan yapısıyla yüksek dane verimi sağlar ve iyi bir çıkış ve sürme gücüne sahiptir. Yatmaya, strese, hastalık ve zararlılara dayanıklı olup, dane koçan oranı yüksektir. Dekarda bitki sayısı 6500-7000'dir (Anonymous 2005).

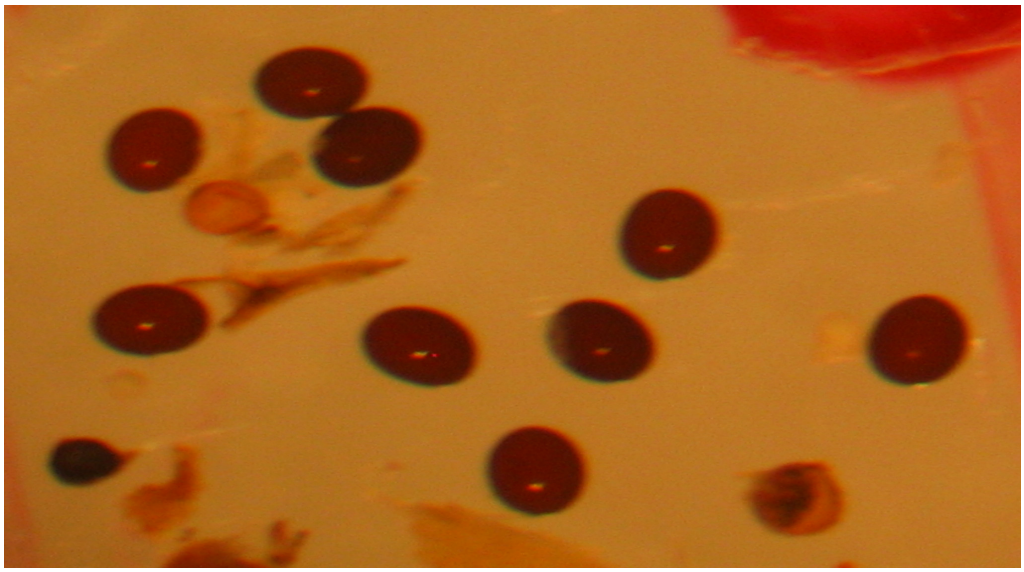
3. 1. 9. 6. Denemede kullanılan saksı

Denemede 16 cm. çap ve 18.5 cm yüksekliğine sahip 3 kg kapasiteli beyaz renkli plastik saksılar kullanılmıştır.

3. 1. 9. 7. Denemede kullanılan mikoriza türleri

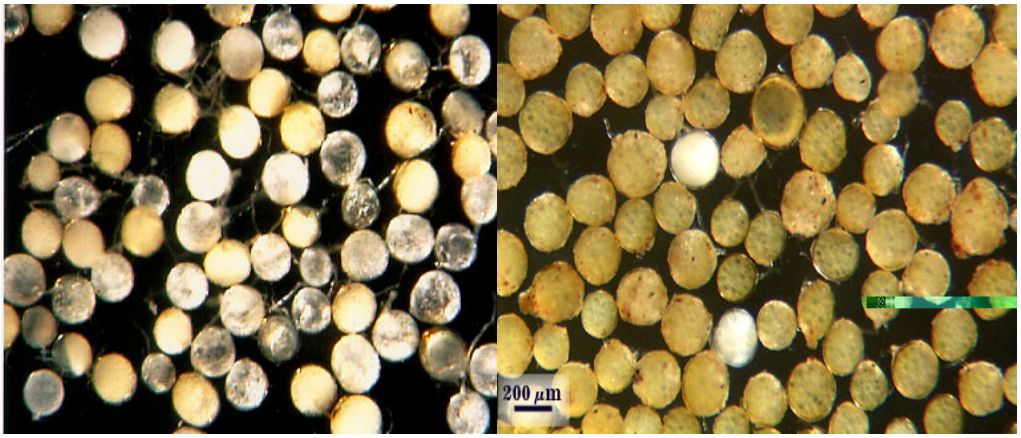
Denemenin arazi çalışması kısmında büyük toprak gruplarından izole edilen doğal sporlar ile Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Mikoriza Laboratuarlarında saf kültürden çeşitli bitkilere aşılanarak çoğaltılan yabancı spor kültürleri getirtilerek, spor sayımları tarafımızca yapılmış olup, bu kültürlerin spor sayıları, 10 g toprakta adet olarak (adet/10 g toprak) verilmiştir. Bu kültürlere ait bazı özellikler aşağıdadır.

• **Doğal (Yerli) Mikoriza Sporları:** Büyük toprak gruplarından deneme toprağı olarak steril edilip kullanılan tuzlu-alkali büyük toprak grubuna ait topraklardan izole edilmiş sporlar olup, saf değildir ve tanımı yapılmamıştır, 10 g toprakta 200 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 3).



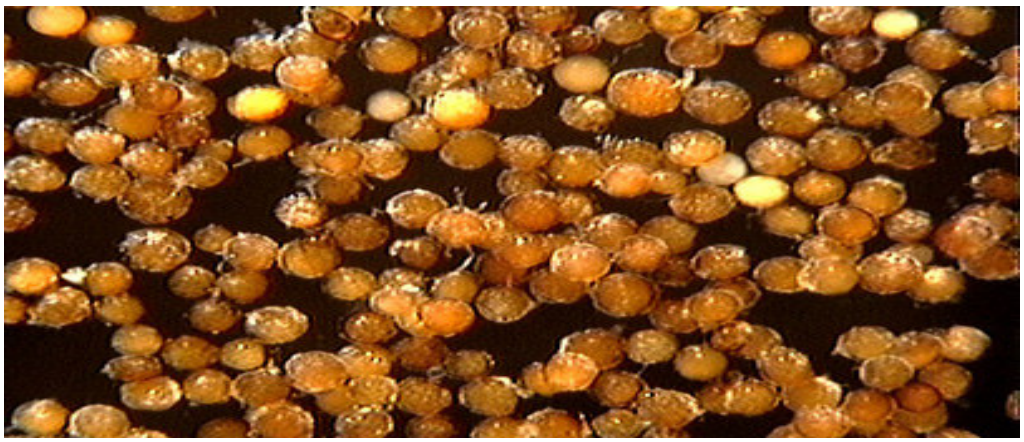
Şekil 3. 3. Yerli Doğal mikoriza spor türleri (Orijinal)

• ***Glomus caledonium*:** Renk: Açık turuncumsu sarıdan, sarımsı kahverengine kadar değişik renklerde bulunmaktadır. Şekil: Küresel-yarı küresel, nadiren de düzensiz şekle sahiptir. Büyüklüğü: 180-320 µm, ortalama: 259 µm kadardır. Orijini Avrupa (İngiltere) (Invam 2004). 10 g toprakta 100 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 4).



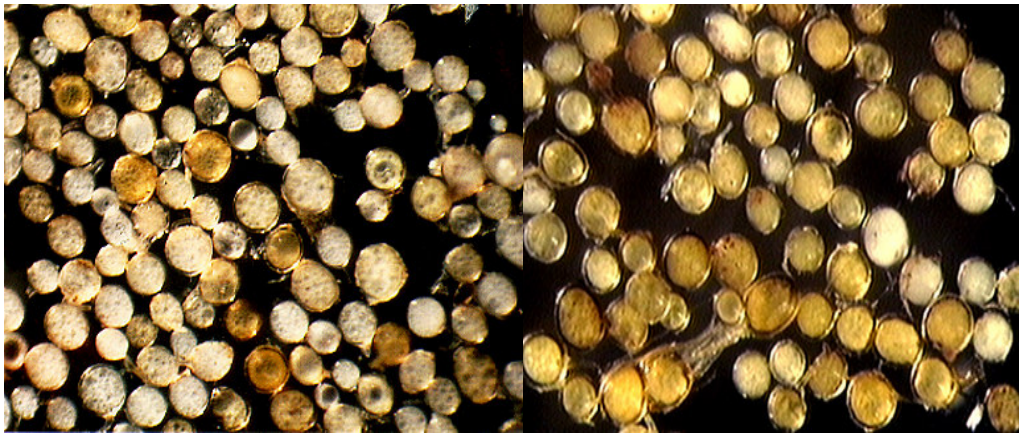
Şekil 3. 4. *G. caledonium* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Glomus etunicatum:*** Renk: Turuncudan koyu kahverengiye kadar değişik renklerde bulunmaktadır, Şekil: Küresel ve yarı küresel şekiller almaktadır, Büyüklüğü: 60-160 µm, ortalama: 129 µm kadardır. Orijini: USA (Invam 2004). 10 g toprakta 350 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 5).



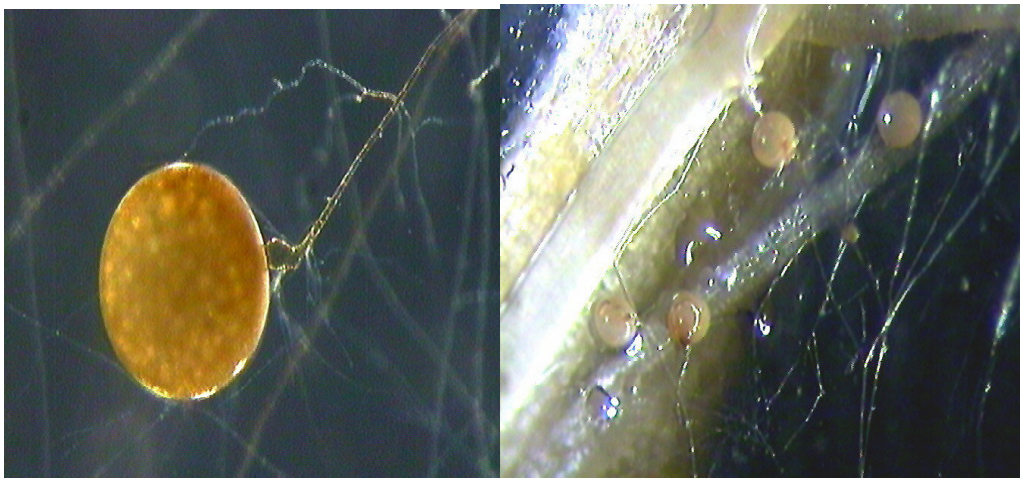
Şekil 3. 5. *G. etunicatum* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Glomus clarum:*** Renk: Beyazdan, sarı-kahverengine kadar geniş bir yelpazede yer alır. Şekil: Küresel-yarı küresel, bazen elipsoit ve bazen de dikdörtgenimsi düzensiz şekillerde bulunur. Büyüklüğü: 100-260 µm, ortalama: 182 µm kadardır. Orijini: Amerika (Florida) (Invam 2004). 10 g toprakta 100 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 6).



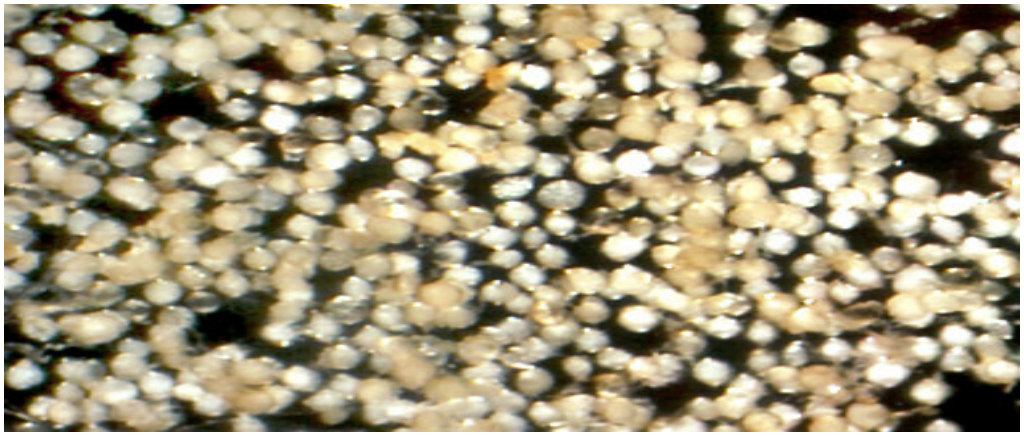
Şekil 3. 6. *G. clarum* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Gigaspora margarita*****:** Renk: Beyazdan krem rengi ve koyu sarıya kadar farklı renklerde bulunur. Şekil: Küresel ve yarı küresel şekiller almaktadır. Büyüklüğü: 260-400 µm, ortalama: 321 µm kadardır. Orijini: USA (Batı Virjinya) (Invam 2004). 10 g toprakta 100 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 7).



Şekil 3. 7. *Gig. margarita* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Glomus fasciculatum:*** Renk: Açık sarıdan, açık sarımsı kahverengiye kadar farklı renklerdedir. Şekil: küresel ve yarı küreseldir. Büyüklüğü: 60-110 µm arasındadır. Orijini: Avrupa (İngiltere) (Invam 2004). 10 g toprakta 50 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 8).



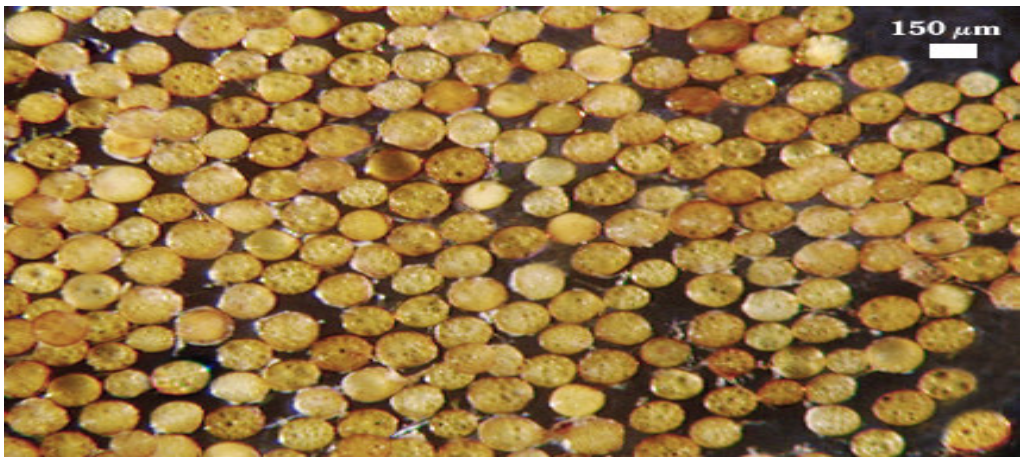
Şekil 3. 8. *G. fasciculatum* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Glomus mossea:*** Renk: Beyazdan sarı kahverengiye kadar geniş bir yelpazede yer almaktadır. Şekil: genelde küresel, yarı küresel bazen elipsoit bir şekil almaktadır, Büyüklüğü: 10-260 µm, ortalama: 182 µm kadardır, Orijini: Almanya (Invam 2004). 10 g toprakta 100 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 9).



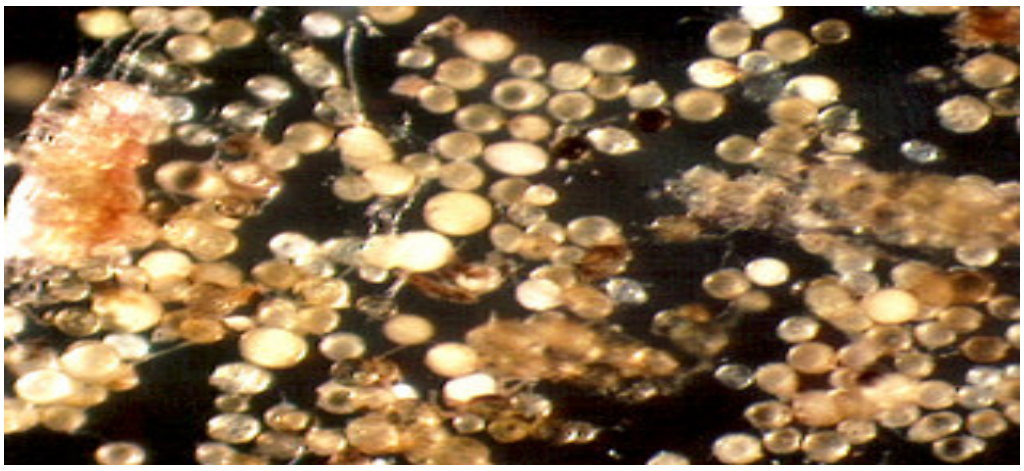
Şekil 3. 9. *G. mossea* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Glomus macrocarpum:*** Renk: sarı-kahverengiden, koyu turuncu, kahverengiye kadar değişebilir. Şekil: küresel, yarı küresel ve bazen de düzensizdir. Orijini: USA (Maryland ve Güney Dakota) (Invam 2004). 10 g toprakta 100 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 10).



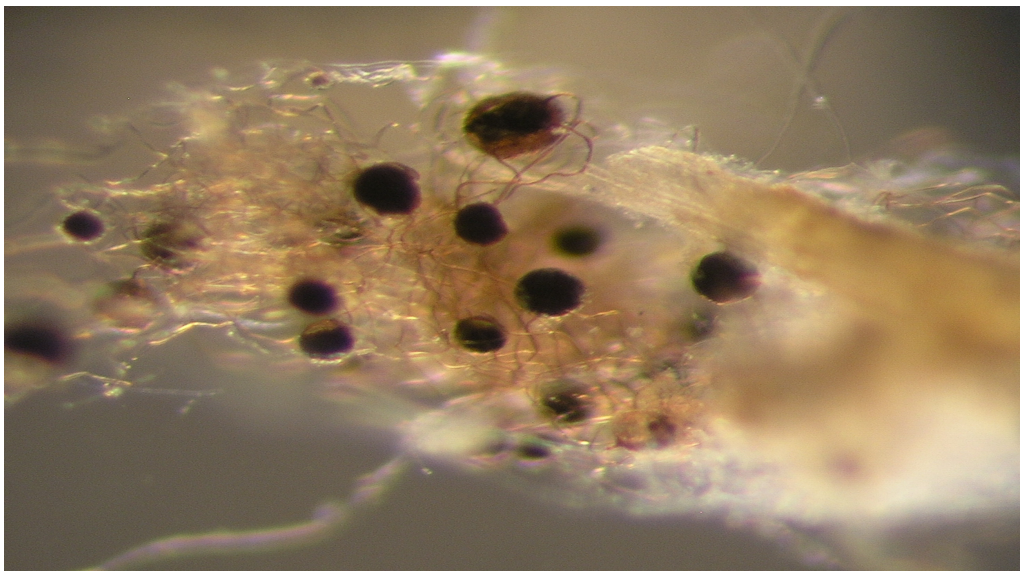
Şekil 3. 10. *G. macrocarpum* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• ***Glomus intraradice:*** Renk: Beyaz, açık krem renginden, sarımsı kahve bazen de yeşilimsi bir ton alır. Şekil: Küresel ve yarı küresel, bazen de elipsoit bir şekil almaktadır. Büyüklüğü: 40-140 µm, ortalama: 93.3 µm kadardır. Orijini: USA (Utah) (Invam 2004). 10 g toprakta 100 adet spor sayılmıştır (Şekil 3. 11).



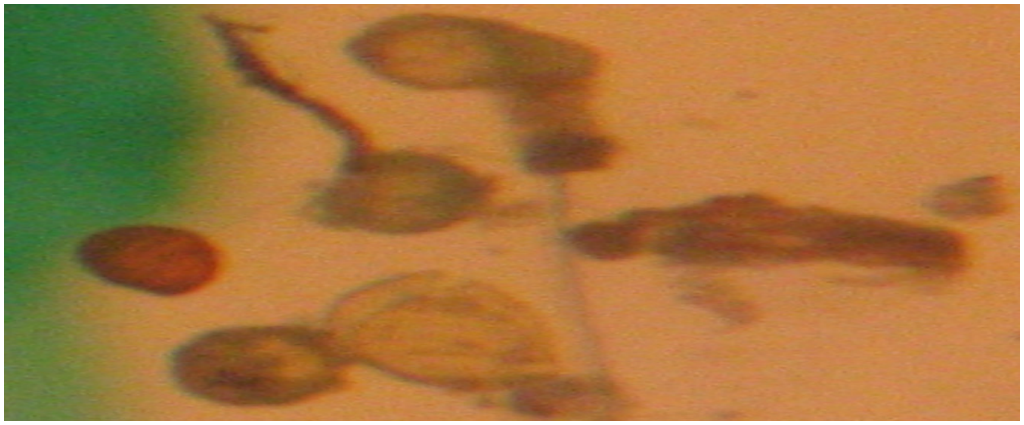
Şekil 3. 11. *G. intraradice* mikoriza spor türleri (Invam 2004)

• **Yerli Karışık:** Sierozem, regosol ve Kırmızı Akdeniz toprağına ait topraklardan 300 g alınarak plastik bardaklarda soğan ekilerek spor sayısı artırılan (2 katına çıkarılan) topraklarla tuzlu-alkali büyük toprak grubuna ait topraklardan izole edilen sporlar harmanlanarak kullanılmıştır (Şekil 3. 12).



Şekil 3. 12. Yerli Karışık mikoriza spor türleri (Orijinal)

• **Yabancı Karışık:** *Glomus Caledonium, Glomus Etunicatum, Glomus Clarum, Gigaspora Margarita, Glomus Fasciculatum, Glomus Mossea, Glomus Macrocarpum, Glomus Intradice* mikoriza spor türlerinden saksı başına bin adet spor gelecek şekilde yaklaşık eşit miktarlarda konulmuştur (Şekil 3. 13).



Şekil 3. 13. Yabancı Karışık mikoriza spor türleri (Orijinal)

3. 2. Metot

Arazi, laboratuar ve sera çalışması olmak üzere üç aşamalı olarak yürütülen bu çalışmada sırasıyla aşağıda verilen işlemler uygulanmıştır.

3. 2. 1. Arazi çalışmasında kullanılan metotlar

Konya ili büyük toprak grubuna ait haritadan yerleri belirlenen örnekleme alanlarından çalışma için gerekli olan toprak örnekleri 0-20 cm den alınmıştır. Her toprak grubundan dört toprak ve dört bitki olmak üzere toplam on beş farklı toprak grubundan altmış adet toprak ve altmış adet bitki alınmıştır. Alınan toprak örnekleri polietilen poşetlere konularak etiketlenmiş ve laboratuara getirildikten sonra bir kısmı ayrılarak havada kurumaya bırakılmış, daha sonra öğütülerek 2 mm. lik elekten geçirilerek bazı fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur (Kacar 1995).

Toprak örneklerinden doğal hali bozulmamış olarak poşetlerde muhafaza edilen diğer kısmında ise mikoriza sporları Gerdeman ve Nicolson (1963)'a göre sayılmıştır.

Mikorizal infeksiyon teşhisi ve bitki beslenmesinde bu infeksiyonun etkilerini belirleyebilmek amacıyla Konya Ovası, büyük toprak gruplarının bulunduğu alanlardan bitki örnekleri [soğan (*Allium cepa*), fasülye (*Phaseolus vulgaris*), semiz otu (*Portulaca oleracea*), mısır (*Zea mays*), nohut (*Cicer anatolicum*), buğday (*Triticum vulgare*), çilek (*Fragaria vesca*) ve çayır (*Pratum*)] ile, sera çalışmasında farklı mikorizal spor aşılaması yapılarak bu uygulamanın bitkide bazı verimlilik parametreleri ve mikorizal infeksiyon yüzdelerini belirlemek amacıyla saksılarda yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin kökleri bozulmadan alınmıştır. Kökler laboratuara getirildikten sonra bitki gövdesinden kesilerek ayrılmış ve önce su, sonra saf sudan geçirilerek infeksiyon yüzdeleri belirleninceye kadar içerisine Etanol, Glasial Asetik Asit ve Formalin (250:13:15) karışık çözeltisi konulan plastik kutulara konularak muhafazası sağlanmıştır (Ortaş ve ark. 1996).

3. 2. 2. Laboratuar çalışmasında kullanılan metotlar

3. 2. 2. 1. Fiziksel analizler

Tekstür analizi: Bouyocous (1951) tarafından geliştirilen "Hidrometre Yöntemi" ne göre yapılmıştır (Demiralay 1977).

Tarla kapasitesi: 1/3 atmosferlik emiş altında basınçlı tabla kullanılarak belirlenmiştir (Demiralay 1977).

3. 2. 2. 2. Kimyasal analizler

Toprak reaksiyonu (pH): 1:2.5'luk toprak:su saf süspansiyonunda pH metre ile belirlenmiştir (Richard 1954).

Elektriksel iletkenlik (EC): 1:2.5'luk toprak:su karışımında iletkenlik aleti (EC metre) kullanılarak tayin edilmiştir (U. S. Salinity Lab. Staff 1954).

Organik madde: Organik maddenin oksidasyonu esasına dayanan "Smith Weldon" yöntemi uygulanarak tayin edilmiştir (Smith ve Weldon 1941).

Kireç (% $CaCO_3$): Sheibler kalsimetresi kullanılarak, kireç miktarı asit (1:3'lük HCl) ile karıştırılan toprak, kalsiyum karbonatın parçalanması sonucu açığa çıkan CO_2'in standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas alınarak belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal 1965).

Toplam azot: Kjeldahl yöntemine göre toprakların toplam azot miktarları belirlenmiştir (Bremner 1965).

Bitkiye yarayışlı fosfor: pH'sı 8.5 olan 0.5 M $NaHCO_3$ çözeltisinde ekstarkte edilebilen fosfor, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen ve ark. 1954).

İz elementler: Toprak örnekleri dietilentriaminpentaasetikasit (DTPA) çözeltisinde ekstrakte edildikten sonra süzükteki Fe, Cu, Zn ve Mn, ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista) aletinde okunmuştur (Lindsay ve Norwell 1978).

Bitki örneklerine ait ağır metal değerlerinin okunmasında; araziden getirilen mısır, soğan, fasülye, semiz otu, nohut, buğday, çilek ve çayır bitkileri ile serada

yetiştirilen, mısır bitkilerinin yaprak, buğday bitkisinin ise; yaprak, sap ve daneleri 65-75ºC'de 48 saat etüvde kurutularak porselen havanlarda öğütülmüş ve sülfürik asitle (H_2SO_4) yaş yakma metodu (Bayraklı 1987) kullanılarak elde edilen süzükte iz elementler (Fe, Cu, Zn ve Mn) yine, ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista) cihazında okunmuştur (Lindsay ve Norwell 1978).

3. 2. 2. 3. Biyolojik analizler

3. 2. 2. 3. 1. Mikoriza sporlarının izolasyonu ve sayımı

Topraktaki sporların izolasyonu ile ilgili olarak birçok işlem ileri sürülmüş olup, en kolay ve pratik olanı toprak ve bitki kökleri ayırt edildikten sonra aşağıda belirtilen şekilde yıkama işlemlerinden geçirip, mikroskop altında tanımlamak ve sayısallaştırmaktır.

Bu sistemdeki temel prensip toprak-su karışımının metal eleklerden geçirilmesi, gravitasyon esasına dayandırılır ve aşağıda belirtildiği gibi yapılır (Gerdeman ve Nicolson 1963).

1. 100 g kuru toprak 500 ml'lik bir behere alınarak tartılır.

2. Üzerine yeterli miktarda su ilave edilerek yaklaşık 30 dakika beklenir. Eğer toprak çok killi veya agregat oluşumu sıkı ise üzerine calgon ilave edilir.

3. 750, 250, 125 ve 53 µm çapındaki elek takımı üst üste yerleştirilerek lavaboya yakın bir yere konulur (Bu çalışmada 250-100-50 ve 38 µm'lik elek takımı kullanılmıştır)

4. Toprak su süspansiyonu iyice karıştırılır ve bir iki dakika bekletildikten sonra eleklerden geçirilir. Bu işlem çözeltideki su berraklaşana kadar devam eder.

5. Eleklerin üzerinde tutulan sporlar ve toprak materyali 100 ml hacmindeki tüplere piset yardımıyla aktarılır ve 5 dakika 2000 devir/dak hızla santrifüj edilir.

6. Tüplerdeki üst çözelti kısmı ortamdan uzaklaştırılır ve tüplerin dibindeki toprak, spor ve diğer maddeler % 50'lik şeker çözeltisi ile yeniden süspanse edilerek 2000 devir/dakika hızda 1 dakika süre ile santrifüj edilir.

7. Üst çözelti kısmı şekeri uzaklaştırmak için yeniden 50 µm 'lik eleklere yıkanır. İstenirse şekerli sudaki sporlar yıkanırken elek üzerine Glass fiber filtre (Watman GF/A) kağıtları kullanılarak sporlar filtre kağıdı üzerinde toplanarak mikroskop altında incelenebilir.

8. Filtre kağıtlarının mümkünse birkaç kat olarak hazırlanmasında yarar bulunmaktadır.

9. Kağıt üzerindeki sporlar kuruduğu takdirde kısa sürede ölürler.

10. Filtre kağıdı üzerindeki sporlar 30-40 büyütme ile mikroskop altında sayıma alınır.

3. 2. 2. 3. 2. Bitki kök örneklerinin alınması ve temizlenmesi

Konya Ovası, büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinin alındığı yerlerden örneklenen soğan (*allium cepa*), fasülye (*phaseolus vulgaris*), semiz otu (*portulaca oleracea*), mısır (*zea mays*), nohut (*cicer anatolicum*), buğday (*triticum vulgare*), çilek (*fragaria vesca*) ve çayır (*pratum*) bitkilerinin kökleri ayrıca, sera şartlarında yetiştirilen buğday ve mısır bitki tohumlarının ekimlerini takiben belirli haftalarda (3, 6, 9, 12 ve 15. haftalarda) alınan bitki kökleri topraktan ayırt edildikten sonra önce çeşme suyunda iyice yıkanmış daha sonra da saf suyla yıkanarak fazla suyun bitki kökünden uzaklaştırılması amacıyla kurutma kağıtları ile nemi alınmıştır. Yıkanıp kurulanan bitki köklerinin kök uzunlukları alınmıştır. Bitki kökleri infeksiyon teşhisi yapılıncaya kadar Etanol, Glasial Asetik Asit ve Formalinden oluşan (250:13:15) karışık çözeltisi bulunan plastik kutularda korumaya bırakılmıştır (Ortaş ve ark. 1996).

3. 2. 2. 3. 3. Köklerin mikorizal infeksiyon için boyanması

Hem arazi çalışmasında büyük toprak gruplarından alınan, hem de sera çalışmasında kontrollü şartlar altında mikorizal spor aşılaması yapılarak belirli gelişim periyotlarında hasat edilen bitki kök örneklerinde mikorizal infeksiyon

yüzdelerinin belirlenmesi için bitkiler Koske ve Gemma (1989)'nın metoduna göre boyanarak mikroskop altında incelenmiştir.

1. Boyama yapılacak bitkinin kökleri, çoğunlukla genç ve beslenme kökleri olarak adlandırılan ince kökler 1 cm uzunluğunda kesilerek boyama tüpleri içerisine yerleştirilir.

2. Bitki kökleri yerleştirilen tüplerin üzerine % 10'luk KOH, köklerin üzerini örtecek kadar ilave edilir.

3. KOH' li bitki kökleri ya otoklavda 15-20 dakika süreyle 121 °C'de çözeltinin kaynaması ya da bazı yaşlı köklerin haşlanması için kökler su banyosunda 60 °C'de 2-4 saat arasında bekletilebilir. Tarladan toplanan bazı bitki kökleri ile çok yaşlı kökler için 20-60 dakika kadar otoklav edilmeleri gerekebilir. Otoklava konulacak tüplerin içerisindeki örnek hacmi tüpün 1/3'ünü aşmamalıdır. Bunun nedeni; otoklavda kaynamadan dolayı oluşabilecek taşmaların engellenmesidir.

4. Su banyosu kullanılması durumunda bazı bitkilerin 65 °C'lik ortamda 5 saate kadar ve bir gece su banyosunda tutulması gerekebilir. Su banyosunda bir saatlik süre otoklavdaki 5 dakikaya tekabül ettiğinden, otoklavın tercih edilmesi gerekebilir.

5. KOH kullanımı mutlak suretle köklerin tamamını kapsayacak yeterlikte olmalıdır. Bazı durumlarda köklerin kısa süre, düşük sıcaklık ve yetersiz oranda KOH kullanımı nedeniyle yeterince temizlenmediği ve mikoriza oluşumunun iyi görülmediğini göstermektedir.

6. Kökler haşlandıktan sonra su ile iyice yıkanır ve boyanma aşamasına geçilir.

7. Bazen fenolik bileşiklerin kök yüzeyinden uzaklaştırılması için alkali-hidrojen peroksit (% 0.5 NH_4OH ve H_2O_2; V/V) kullanımı gerekmektedir. Aynı zamanda ektomikoriza için "harting net"lerin görünümünün artırılması için de gereklidir.

8. Otoklavdan veya etüvden çıkarılan tüplerdeki KOH boşaltılarak tüplerin içindeki kökler saf sudan geçirilerek iyice süzülür.

9. Tüplerin üzerine kökleri aşacak kadar 2 N HCl ilave edilir ve kökler bagetle karıştırılarak homojenize olması sağlanır ve 10 dakika veya daha fazla bir süre kökler temizleninceye kadar bekletilir.

10. Tüplerdeki HCl boşaltılarak iyice süzülür (su ile yıkanmaz).

11. Tüplerin üzerine % 0.1'lik Trypan blue (veya Fuschin) dökülür, baget ile karıştırılarak homojen olması sağlanır, 65 °C'lik etüvde 10-15 dakika bekletilir veya bunun yerine dışarıda da bir süre bekletilerek köklerin boyanması sağlanır. Bu bekleme sonunda kökler koyu mavi renginde değilse yani boyanmamışsa tekrar Trypan blue içine konup, bekletilir.

12. Tüplerdeki Trypan blue dökülerek Milchsaure (Lactic acid) ilave edilir ve 65°C'lik etüvde 10-15 dakika bekletilir.

13. Otoklavdan veya etüvden çıkarılan örnekler petri kaplarına boşaltılarak kök sayısı ve infeksiyonlu kökler tayin edilir (Koske ve Gemma 1989).

Mikorizanın kolonizasyon yoğunluğunun tespit edilmesinde bir çok metot kullanılmakta ve çoğunda da belirli aralıklardaki kök sayılarındaki mikoriza oluşumu dikkate alınmaktadır. Mikorizal infeksiyonun tahmininde, en yaygın kullanılan yöntem Giovanneti ve Mosse (1980) tarafından geliştirilen "gridline intersect" metodudur.

Boyanan kökçüklerin mikroskop altında belirlendiği grid aralık yöntemine göre; 9 cm çapında bir petri kabına 1 cm uzunluğunda kesilmiş kökler rasgele dağıtılarak kök infeksiyonu tayin edilmektedir. Dissecting mikroskop kullanılarak 40 büyütme ile, grid hatları üzerinde bulunan kökler dikey ve yatay boyutta sayılır. Grid hatlarından geçen bütün köklerin mikorizalı veya mikorizasız oldukları kayıt edilir. Çok basit bir işlemle kök %'si hesaplanır.

3. 2. 2. 3. 4. Kök uzunluğunun belirlenmesi

Çeşme suyu ve saf sudan geçirilen bitki kökleri Etanol, Glasial Asetik Asit ve Formalin (250:13:15) karışık çözeltisine konulmadan önce Line-intercept yöntemine göre uzunlukları belirlenmiş ve bu değerler hesaplama ile m/g bitki değerlerine dönüştürülmüştür. Kök uzunluğunu tespit etmek amacıyla saydam plastikten yapılmış sığ kabın tabanına (30x40 cm) 1x1 cm boyutlarında gridlenmiş asetat kağıdı yerleştirilmiştir üzerine 1 gr olarak tartılan bir kaç cm uzunluğunda kesilen bitki

kökleri rastgele (tesadüfi) bir şekilde grid üzerine yerleştirilmiştir ve kök ile çizgilerin kesişme noktaları enine ve boyuna olarak el sayıcısı ile sayılmıştır (Tennat 1975).

Kök uzunluğu hesaplamada;

$R=\pi$. NA/2H denkleminde kök uzunluğu R (cm), kesişme sayısı N, grid alanı A, enine ve boyuna toplam çizgilerin uzunluğu H ile gösterilmektedir. Bu denklemden hareketle grid boyları cm olarak kullanıldığında kök uzunluğu da cm olarak ölçülmektedir.

3. 2. 3. Sera çalışmasında kullanılan metotlar

3. 2. 3. 1. Deneme Deseni

Deneme, 8'i yabancı saf kültür (*G. caledonium, G. etunicatum, G. clarum, Gig. margarita, G. fasciculatum, G. mossea, G. macrocarpum, G. intraradice*), biri deneme toprağından izole edilen doğal spor ve diğerleri yerli kültürlere ait karışım ile yabancı kültürlere ait karışım ve 1'de kontrol uygulaması olmak üzere toplam 12 farklı mikoriza spor uygulaması, 2 farklı bitki çeşidi (buğday, ve mısır), tek mikoriza dozu (1000 adet/saksı) ve 4 tekerrür olmak üzere 96 saksıdan oluşmuş ve tesadüf parselleri deneme deseninde yürütülmüştür.

Denemede konukçu olarak yetiştirilen buğday (48 saksı) ve mısır (48 saksı) bitki tohumlarının ekiminden sonra sırasıyla 3., 6., 9., 12. ve 15. haftalarında kök örnekleri alınarak infeksiyon oranları belirlenmiştir.

3. 2. 3. 2. Yetiştirme ortamının sterilizasyonu

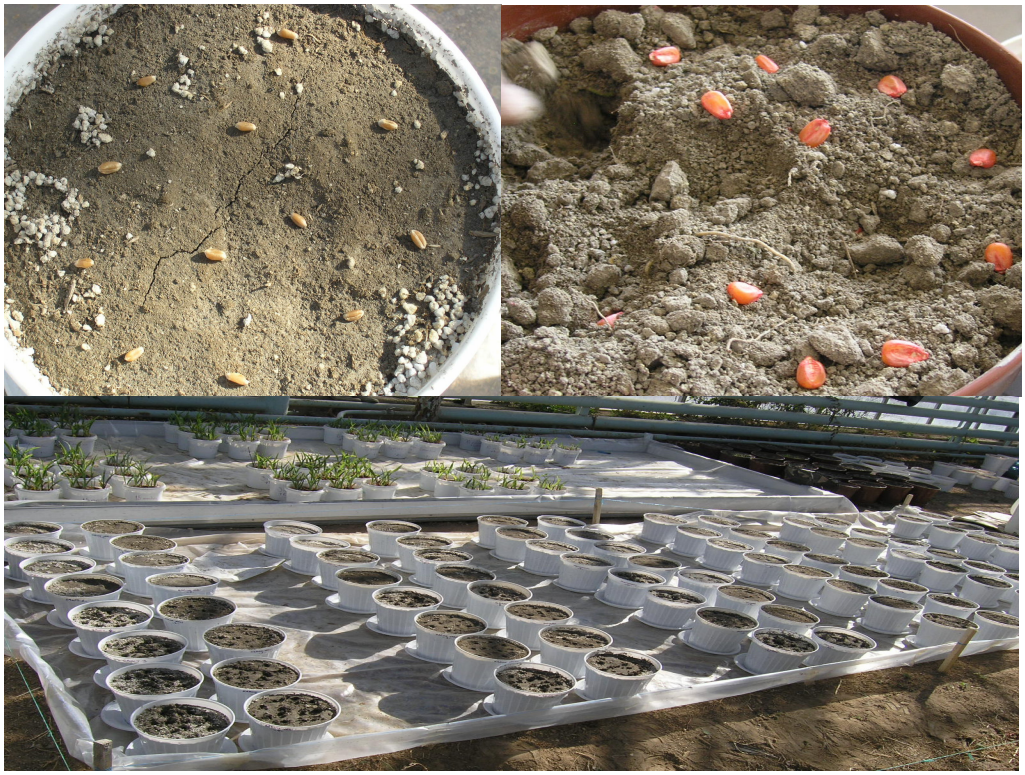
Ortamda bulunan ve mikoriza ile rekabete girebilecek mikroorganizmaları ortamdan uzaklaştırmak ve mikorizanın etkinliğini daha iyi görebilmek amacıyla araştırmada kullanılan yetiştirme ortamı önce 120ºC'de 2 atmosfer basınç altında 2 saat süreyle otoklav aletinde ısı ile sterilizasyona, daha sonra ise üzeri polietilen bir örtü ile kapatılan deneme toprağı örtü altında patlatılan Metil Bromid'le kimyasal

sterilizasyona tabi tutulmuştur. Steril edilen topraklar, sera denemesinde kullanılıncaya kadar polietilen torbalarda muhafaza edilmişlerdir (Ortaş ve ark. 1996).

3. 2. 3. 3. Denemenin kurulması

Denemede 3 kg kapasiteli plastik saksılar kullanılmıştır. Saksılar deneme kurulmadan önce herhangi bir bulaşmanın önlenmesi amacıyla önce çeşme suyu, ardından saf su ile yıkanarak temizlenmiştir.

Saksıların tabanlarına spor kaybını önlemek amacıyla kaba filtre kağıtları kesilerek konulmuş ve daha önceden belirtilen mikoriza sporları bitki tohum yatağının altına gelecek şekilde saksılara verilmiştir. İçerisindeki toprak uygun nem seviyesine getirilmiş her bir saksı başına 10 mısır (OSSK 602) ve 12 buğday (Konya-2002) tohumu düşecek şekilde, toprak yüzeyinden 5-6 cm derinliğe ekim yapılmıştır (Şekil 3. 14).



Şekil 3. 14. Buğday ve mısır denemelerinin kurulması (Orijinal)

3. 2. 3. 4. Denemede ara işlemler

3. 2. 3. 4. 1. Mikorizal kök infeksiyon oranlarını belirlemek için bitki kök örneklerinin alınması

Buğday ve mısır bitki tohumlarının ekimlerini takiben belirli haftalarda (3., 5., 9., 12. ve 15. haftalarda) alınan bitki kökleri topraktan ayırt edildikten sonra önce çeşme suyunda iyice yıkanmış daha sonra da saf suyla yıkanarak fazla suyun bitki kökünden uzaklaştırılması amacıyla kurutma kağıtları ile nemi alınmıştır (Şekil 3. 15). Bitki kökleri infeksiyon teşhisi yapılıncaya kadar Etanol, Glasial Asetik Asit ve Formalinden oluşan (250:13:15) karışık çözeltisi bulunan plastik kutularda korumaya bırakılmıştır (Ortaş ve ark. 1996).



Şekil 3. 15. Mikorizal infeksiyon oranını belirlemek amacıyla buğday ve mısır bitkilerinden kök örneklerinin alınması (Orijinal)

3. 2. 3 .4. 2. Serada sıcaklık ve nem değerlerinin ölçümü

Deneme süresince bitkilerin yetiştirildiği seranın sıcaklık değerleri termometre cihazıyla, nem değerleri ise higrometre cihazıyla ölçülmüştür. Kaydedilen değerlere ait ortalama değer Çizelge 3. 2'de verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Deneme Süresince Serada Kaydedilen Ortalama Sıcaklık ve Nem Değerleri.

Sıcaklık (ºC)	Nem (%)
22.44	40.47

3. 2. 3 . 5. Deneme sonunda yapılan ölçümler

11 Kasım'da kurulan buğday denemesi 19 Nisan 2006 tarihinde (yaklaşık 5 aylık), 19 Temmuz'da kurulan mısır denemesi ise 17 Eylül 2006 (yaklaşık 2 ay) tarihinde sonlandırılarak buğday ve mısır fideleri, yetiştirme ortamlarından kökleri zarar görmeden sökülmüş, çeşme ve saf suda yıkanarak, suları süzülmüş ve aşağıdaki sayım ve gözlemler yapılmıştır. Deneme süresince yapılan seyreltme sonucu, her bir saksıda kalan 4 buğday ve 4 mısır bitkisine ait ölçümler 4'e bölünerek ortalama değerlere ulaşılmıştır.

3. 2. 3. 5. 1. Buğdayda yapılan ölçümler

3. 2. 3. 5. 1. 1. Bitki boyu (cm)

Her bir saksıdan tesadüfen seçilen 1 bitkide, toprak yüzeyi ile bitkinin en uç noktası arasındaki uzunluk mm bölmeli cetvel ile ölçülerek bitki boyu cm cinsinden bulunmuştur (Ekiz 1983).

3. 2. 3. 5. 1. 2. Bin dane ağırlığı (g)

Her saksıdan hasadı yapılan buğdaylardan 4'er tekerrürlü olarak 100 tane ağırlığı alınmış ve bin dane ağırlığı hesaplanmıştır (Elgün ve ark. 1990).

3. 2. 3. 5. 1. 3. Dane verimi (g/bitki)

4 başaktan elde edilen daneler 0.01 g duyarlıktaki terazi ile tartılıp ortalaması alınmıştır (Geçit 1982).

3. 2. 3. 5. 2. Mısırda yapılan ölçümler

3. 2. 3. 5. 2. 1. Üst aksam yaş ağırlığı (g)

Deneme saksılarındaki mısır yapraklarının yaş ağırlıkları hassas terazide (± 0.1 g) tartılarak belirlenmiştir.

3. 2. 3. 5. 2. 2. Kök yaş ağırlığı (g)

Deneme saksılarındaki mısır köklerinin yaş ağırlıkları hassas terazide (± 0.1 g) tartılarak belirlenmiştir.

3. 2. 3. 5. 2. 3. Üst aksam kuru ağırlığı (g)

Deneme saksılarındaki mısır yapraklarının kese kağıtlarına yerleştirilerek, sıcaklığı 60°C ayarlı etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmesi sonucunda duyarlı terazide (± 0.1 g) ölçülen kuru ağırlıklarıdır.

3. 2. 3. 5. 2. 4. Kök kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlıkları saptanan mısır köklerinin kese kağıtlarına yerleştirilerek, sıcaklığı 60°C ayarlı etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmesi sonucunda duyarlı terazide (± 0.1 g) ölçülen kuru ağırlıklarıdır.

3. 2. 3. 5. 3. Buğday ve mısır köklerinde mikorizal infeksiyon (%)

Hasattan sonra bitki kökleri topraktan ayırt edildikten sonra bol çeşme suyu ile sonra da saf suyla iki kez yıkanmıştır. Yıkanan bitki köklerinde % kök infeksiyonu belirlenmiştir. Kök temizleme ve boyama işlemi 3. 2. 2. 3. 3.'te belirtildiği gibi Koske ve Gemma (1989)'a göre yapılmış olup, mikorizal infeksiyon yüzdesi Giovenetti ve Mossea'ya (1980) göre yapılmıştır.

3. 2. 3. 5. 4. Deneme sonunda bitki örneklerinin analize hazırlanması ve analizi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuara getirilen bitkilerin toprak üstü aksamları ve kökleri tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanmış, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları 70 ^{o}C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuruyan bitki örneklerinin toprak üstü ve kök kısımlarının ağırlıkları belirlendikten sonra agat bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür.

Öğütülen bitki örneklerinden 0.3 gram tartılıp 25 ml' lik balonjojeye aktarılmış ve sülfürik asitle (H_2SO_4) yaş yakma esasına göre yakılmıştır. Soğuduktan sonra deiyonize su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler Whatman 42 filtre kağıdı ile süzülmüş ve süzükte bitki besin elementleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista) cihazı ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell 1978).

3. 2. 4 İstatistiksel analizler

Konya Ovası, büyük toprak gruplarından alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile toprak örneklerinin alındığı noktalardan örneklenen bitkilerin besin element içerikleriyle mikoriza spor sayısı ve mikorizal infeksiyon oranı arasında Korelasyon analizi yapılmıştır.

Denemenin sera çalışması aşamasında ise, sonuçlar önce Varyans Analizine tabi tutulmuş, sonra bu analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren neticelere "Duncan Çoklu Karşılaştırma" testi uygulanmıştır. Hesaplamalarda MINITAB (1989) Ver. 13.0 paket programından yaralanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4. 1. Arazi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

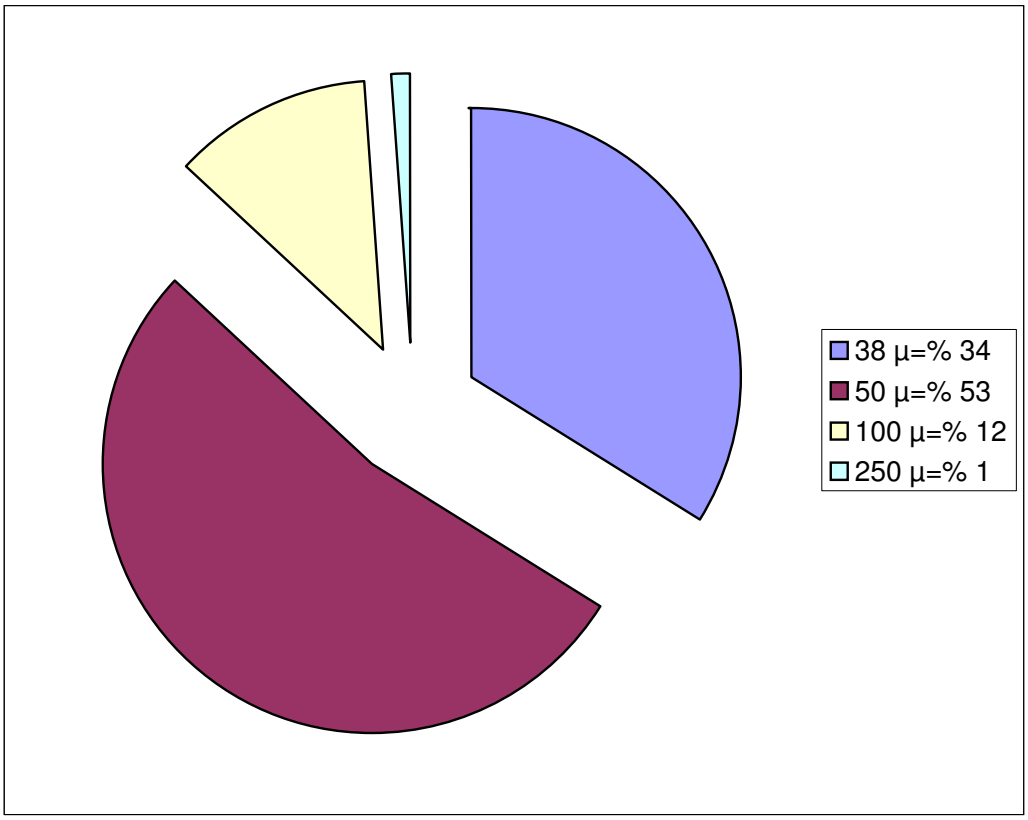
4. 1. 1. Büyük toprak gruplarının önemli bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikoriza spor türleri arasındaki ilişkiler

Araştırma amacına yönelik olarak Konya Ovası, Kırmızı Kahverengi Akdeniz, allüviyal, kahverengi, kireçsiz kahverengi orman, kahverengi orman, kırmızımsı kahverengi, tuzlu-alkali, sierozem, regosol, hidromorfik allüviyal, kestane rengi, kolüvyal, kırmızımsı kestane renkli, Kırmızı Akdeniz ve kireçsiz kahverengi topraklar olmak üzere 15 farklı büyük toprak grubunun 0-20 cm derinliğinden alınan araştırma topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçları ile bu topraklardan alınan bitkilerin [soğan (*Allium cepa*), fasülye (*Phaseolus vulgaris*), semiz otu (*Portulaca oleracea*), mısır (*Zea mays*), nohut (*Cicer anatolicum*), buğday (*Triticum vulgare*), çilek (*Fragaria vesca*) ve çayır (*Pratum*)] kimyasal analiz sonuçları, infeksiyon oranları ve kök uzunluğu değerleri Çizelge 4. 1., 4. 2., 4. 3., 4. 4., 4. 5. ve 4. 6'da verilmiştir.

Büyük toprak gruplarına ait çizelgelerde (Çizelge 4. 1. ve 4. 2. ve 4. 3., 4. 4., 4. 5. ve 4. 6) verilen rakamların sınır değerlerinin yorumlanmasında N, P, K, Ca, Mg, Mn ve Zn değerleri FAO (1990), B Wolf, (1971), Fe Lindsay ve Norvell (1969), Cu Follet (1969), $CaCO_3$, organik madde ve tekstür Ülgen ve Yurtseven, (1974), EC Soil Survey Staff (1951), pH Richards, (1954) ile Ülgen ve Yurtsever, (1974) ve nohut ile semiz otuna ait değerler de ise Souci ve ark. (1990)'dan yararlanılmıştır. Öte yandan, araştırma toprak özellikleri (pH, EC, kireç, kil, silt, kum, organik madde, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, bakır, mangan, çinko ve bor) ile toprakta belirlenen toplam spor sayıları (spor çaplarına göre; 38-50-100 ve 250 µ) ve incelenen topraktan alınan bitkilerin köklerinde tespit edilen mikorizal infeksiyon oranları ve bitki kök uzunlukları arasındaki korelasyon katsayıları ilgili istaististiki sonuçlar da ayrıca değerlendirilmiştir.

4. 1. 1. 1. Büyük toprak gruplarına ait sporların iriliklerine (elek çaplarına) göre dağılımı

Elek çaplarına göre belirlenen spor sayısı, toplam spor sayısı ile bu topraklarda yetişen bitkilere ait infeksiyon oranı ve bitki kök uzunluğu Çizelge 4. 1.'de verilmiştir. Söz konusu çizelgeden de görülebileceği gibi, toprakta sayımı yapılan VAM sporları elek çaplarına göre genellikle bütün toprak gruplarında 50 mikronluk (ortalama 143 adet/10 g) elek üzerinde yoğunlaşırken, bu sıralama 38 (90 adet/10 g), 100 (32 adet/10 g) ve 250 mikronluk (3 adet/10 g) elek üzerinde kalan sporlar şeklinde devam etmiştir. Ayrıca 250 µ'luk elek üzerinde Regosol, Allüviyal ve Kırmızı Kahverengi Topraklarda hiç spor tespit edilememiştir (Şekil 4. 1.).



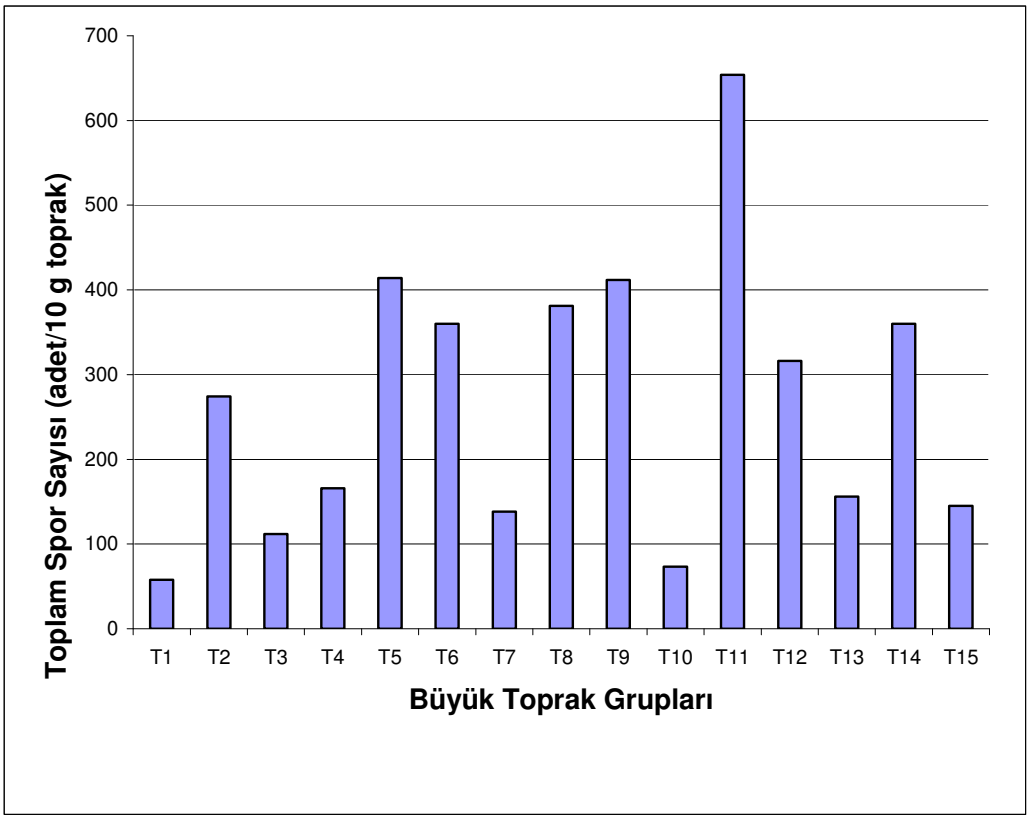
Şekil 4. 1. Konya Ovası büyük toprak gruplarına ait sayımı yapılan mikoriza sporlarının iriliklerine (elek çaplarına) göre ortalama dağılımı (%)

4. 1. 1. 2. Toplam spor sayısı ve toprak özellikleri arasındaki ilişki

Araştırmaya konu olan topraklarda toplam spor sayısı 58 – 654 adet/10 g toprak olarak belirlenmiştir. Başka bir ifade ile spor sayısı bakımından en yüksek değere hidromorfik allüviyal topraklarda (654 adet/10 g toprak) rastlanırken, kahverengi orman (414 adet/10 g toprak), sierozem (412 adet/10 g toprak), kestane renkli (381 adet/10 g toprak), kırmızımsı kahverengi (360 adet/10 g toprak) ile Kırmızı Akdeniz (360 adet/10 g toprak) toprakları izlenmiştir. En düşük spor sayısı ise 58 adet spor ile allüviyal topraklardan elde edilmiştir (Çizelge 4. 1. ve Şekil 4. 2). Buradan görülebileceği gibi, araştırma topraklarındaki VAM spor sayıları geniş sınırlar arasında değişmektedir. Nitekim, Gök (1995) tarafından GAP bölgesindeki Bozova, Baziki ve Hilvan Ovaları'na ait bazı toprak serilerindeki mikorizal spor sayımı sonuçları ve Gür (1992) tarafından Erzurum ve Konya Yöreleri'ndeki çeşitli topraklara ait spor sayım sonuçları ile yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Öte yandan, topraklardaki spor dağılımı ile ilgili çok sayıda araştırıcı da toprak özelliklerine bağlı olarak benzer ya da farklı sonuçlar elde etmişlerdir (Dowding 1959; Gerdeman ve Nicolson 1963; Nicolson 1967; Gür 1974; Hayman ve Stovold 1979; Anonymous 2006; Gök ve ark. 1997; Stutz ve ark. 2000; Ortega 2001; Chaurasia ve ark. 2005 ve Sharif ve Moawad 2006).

Çizelge 4. 1. Konya Ovası Büyük Toprak Gruplarından Alınan Toprak Örneklerinin Spor Sayım Sonuçları ile Aynı Noktalardan Alınan Bitkilerin İnfeksiyon Oranı ve Kök Uzunluklarına Ait Değerler

Büyük Toprak Grubu/Bitki Çeşidi	Spor Sayısı adet/10 g toprak				Toplam Spor Sayısı (adet/10 g)	İnfeksiyon Oranı (%)	Bitki Kök Uzunluğu (m/g bitki)
	Elek Çapları						
	38-50 µ	50-100 µ	100-250 µ	> 250µ			
Allüviyal/Soğan	17	30	11	0	58	10	33.01
Kahverengi/Fasülye	83	165	24	2	274	55	62.88
Kireçsiz Kahverengi Orman/Soğan	21	45	44	2	112	40	100.6
Kırmızı Kahverengi Akdeniz/Semiz Otu	75	75	15	1	166	40	36.15
Kahverengi Orman/Soğan	135	250	28	1	414	60	66.02
Kırmızımsı Kahverengi/Mısır	133	210	17	0	360	40	35.35
Tuzlu-Alkali/Mısır	55	51	26	6	138	70	51.87
Kestane Renkli/Fasülye	152	141	84	4	381	47	58.95
Sierozem/Nohut	110	247	45	10	412	60	85.67
Regosol/Soğan	39	28	6	0	73	95	42.44
Hidromorfik Allüviyal/Çayır	196	376	77	2	654	60	88.82
Kolüvyal/Nohut	95	196	22	3	316	25	38.51
Kırmızımsı Kestane/Buğday	42	84	27	3	156	45	14.93
Kırmızı Akdeniz/Çilek	124	193	41	2	360	65	40.08
Kireçsiz Kahverengi/Fasülye	76	56	11	2	145	50	97.46



Şekil 4. 2. Büyük toprak gruplarından alınan toprak örneklerindeki toplam spor sayısı (adet/10 g toprak)

T1: Allüviyal, **T2:** Kahverengi, **T3:** Kireçsiz Kahverengi Orman, **T4:** Kırmızı Kahverengi Akdeniz, **T5:** Kahverengi Orman **T6:** Kırmızı Kahverengi, **T7:** Tuzlu-Alkali, **T8:** Kestane Renkli, **T9:** Sierozem, **T10:** Regosol, **T11:** Hidromorfik Allüviyal, **T12:** Koluvyal, **T13:** Kırmızımsı Kestane, **T14:** Kırmızı Akdeniz, **T15:** Kireçsiz Kahverengi

Çizelge 4. 2. Konya Ovası Büyük Toprak Gruplarından Alınan Toprak Örneklerine Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Büyük Toprak Grubu	pH 1:5 Top.:Su Süspansiyonu	EC 25ºC 1:5 Toprak.:Su Süspansiyonu (mmhos/cm)	Kireç (%)	Toprak Dane Dağılımı			Tekstür Sınıfı	Organik Madde (%)
				Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)		
Allüviyal	7.55	0.77	12	30.6	30	39.4	Killi Tın	3.5
Kahverengi	7.08	0.47	28	25.2	30	44.8	Tınlı	2.51
Kireçsiz Kahverengi Orman	7.41	0.36	0.1	19.2	24	56.8	Kumlu Tın	4.03
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	7.08	0.24	0.53	37.2	24	48.8	Kumlu Killi Tın	3.11
Kahverengi Orman	7.01	0.29	8.30	25.2	20.6	54.2	Kumlu Killi Tın	4.82
Kırmızımsı Kahverengi	7.30	0.23	29	30.3	28.3	41.4	Killi Tın	2.3
Tuzlu-Alkali	7.54	0.43	46	56	18	26	Killi	1.99
Kestane Renkli	7.27	0.38	17	34.6	29.4	36	Killi Tın	2.22
Sierozem	7.17	0.38	38	2.6	68	29.4	Siltli Tın	3.30
Regosol	8.53	0.20	13.3	17	11	72	Kumlu Tın	2.30
Hidromorfik Allüviyal	7.67	0.46	57	8.6	62	29.4	Siltli Tın	5.60
Kolüvyal	7.69	0.18	21.2	41	37	22	Killi	2.20
Kırmızımsı Kestane	8.23	0.13	39.88	32	47	21	Killi Tın	2.87
Kırmızı Akdeniz	6.98	0.25	13.30	23.2	24	52.8	Kumlu Killi Tın	2.54
Kireçsiz Kahverengi	7.70	0.34	0.45	9.2	6.6	84.2	Tınlı Kum	1.52

Öte yandan, toprak, bitki ve çevre faktörleri mikorizal fungusların dağılımını ve onların gelişmelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Buna paralel olarak, toprak özellikleri aynı zamanda (fiziksel, kimyasal, biyolojik) mikorizal spor dağılımını da etkilemektedir. Ayrıca sporların topraktaki dağılımlarında bir çok yerel ve yıllık değişmeler görülebilmektedir. Nitekim araştırma alanında farklı toprak gruplarında ve farklı bitki çeşitlerinin bulunduğu alanlardan izole edilen ve belirlenen spor sayıları da farklı olmuştur. Bu amaçla toprakların pH, EC, kireç, organik madde kapsamları ile tekstür sınıfı ve besin element içerikleri ile toplam spor sayısı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyonda da önemli pozitif ve negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4. 7). Buradan anlaşılıyor ki toprak özellikleri ile topraktaki VAM arasında bir ilişki mevcut olup bu ilişki toprak özellikleri ile değişmektedir. Nitekim, çalışmaya konu olan büyük toprak gruplarında belirlenen mikorizal spor sayısında topraktan toprağa büyük değişiklikler göstermektedir. Bunun nedeni, topraklara uygulanan gübreleme, toprak işleme, sulama gibi tarımsal uygulamalardan kaynaklanabilir. Nitekim, araştırmaya konu olan toprakların bir çoğunda gübreleme nedeniyle başta P olmak üzere birçok besin elementi yeterli ve fazla durumdadır (Çizelge 4.3. ve 4.4.).

Çizelge 4. 2.'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, araştırmaya konu olan Büyük Toprak Gruplarının pH'sı 6.98-8.53 arasındadır. Bu pH aralıkları topraktaki bir çok mikroorganizma için uygun olup, toprağın biyolojik aktivite değerini yüksek tutmaktadır. Aynı zamanda toprak özellikleri ile mikoriza tip ve çeşitleri arasında en azından spor oluşumu arasında bir ilişki vardır (Johnson ve ark. 1992 ve Ortaş ve ark. 1998). Çok sayıdaki çalışmalar AM fungus çeşitlerinin topraklardaki oluşumunda toprak pH'sının önemli bir faktör olduğunu bildirmişlerdir. *Glomus'*un alkalin topraklarda yaygın olarak bulunduğunu, *Entophospora colombiana* ve *Acaulospora* cinsi sporların ise asit topraklarda daha bol olduğunu bildirmişlerdir (Zhang ve ark. 1998; Gai ve Liu 2003 ve Ortaş 1998).

Bu çalışmada belirlenen spor sayıları oldukça geniş sınırlar arasında (58-654 adet/ 10 g toprak) dağılım göstermektedir. Ayrıca araştırmaya konu olan toprakların pH'larının genellikle 7'nin üzerinde olması, bu topraklardan izole edilen sporların *Glomus* türlerine ait mikoriza sporları olabileceğini göstermektedir. Diğer taraftan,

yapılan korelasyon analizinde araştırma topraklarının pH değerleri ile spor sayısı arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4. 7). Abbot ve Robson (1991), Brundrett (1991) ve Rather ve Singh (2004)'te benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Toprak tuzluluğu ile toprakların spor sayısı arasında da bir ilişki tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile, toprak tuzluluğu ile spor sayısı arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4. 7). Gildon ve Tinker (1983), Sodyum ve Klor iyonlarının mikoriza sporlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilediğini bildirmektedirler. Bu çalışmada da bu sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmaya konu olan Büyük toprak Gruplarından EC'si en yüksek (0.77 mmhos/cm) olan allüviyal topraklarda en düşük (58 adet/10 g toprak) spor sayısı belirlenmiştir (Çizelge 4. 1.). Bu durum, adı geçen toprak grubunda yoğun fosforlu gübre kullanımından dolayı mevcut sporların inaktif durumda olabileceğinden dolayı inokulasyonun çok düşük olmasına bağlanabilir. Nitekim, çok sayıda yapılan araştırmalarda, araştırmacılar tuzluluğun mikorizal kolonizasyonu ve spor çimlenmesini engellediğini bildirmişlerdir (Chong ve Darrell 1984 ve Tian ve ark. 2004). Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda tuzlu topraklarda sporların spesifik olabileceği ve yoğun tuz şartlarında özellikle *G. macrocarpum* spor türünün başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir (Bhoopander ve Mukerji 2003).

Organik madde de Arbusküler mikoriza spor oluşumunu etkilemektedir. Çin'de yapılan bir araştırmada bazı Arbusküler mikoriza çeşitlerinin organik madde seviyesine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Şöyle ki; *G. mossea* mikoriza spor türü organik madde miktarı arttıkça azalmakta iken, *G. taivanense* ve *G. sinuosum* mikoriza spor türleri ise organik madde seviyesi % 1.5'un altında olduğu zaman daha fazla olmaktadır (Gai ve ark. 2006). Öte yandan, araştırmaya konu olan toprakların organik madde düzeyleri % 1.52-5.60 arasında değişmektedir (Çizelge 4. 2.). Buradan da anlaşılıyor ki, araştırmaya konu olan topraklardaki spor sayısının değişken olması, organik maddenin değişken olmasına da bağlanabilir. Nitekim, yapılan korelasyonda organik madde ile spor sayısı arasında pozitif ve önemli (r=0.553)* bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4. 7.). Anderson ve ark. (1984)'da yaptıkları çalışmada mikoriza spor sayısı ile organik madde arasında benzer sonucu elde etmişlerdir. Bagyaraj (1991) toprakta organik madde miktarının % 1-2 arasında olması durumunda maksimum düzeyde spor oluşumunun sağlandığını

bildirmektedir. Çalışmada elde edilen sonuç, bu araştırıcının elde ettiği sonuçlarla uyumsuz çıkarken, Sinegani ve ark. (2004)' nın yapmış olduğu çalışmayla paralellik göstermektedir.

Araştırma topraklarının kireç içerikleri genellikle çok yüksek (% 0.1-46) sınıfına girmektedir (Çizelge 4. 2.). Aynı zamanda kireç içeriği ile spor sayısı arasında pozitif ve önemli (r=0.522)* bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4. 7). Nitekim, Siqueira ve ark. (1990) tarafından yapılan bir çalışmada topraklara kireç uygulamaları sonucunda spor üretiminin önemli oranda arttığını göstermişleridir.

Mikoriza oluşumu ve dağılımını toprağın fiziksel özellikleri fazlasıyla etkilemektedir (Gür ve ark. 1993; Ortaş 1995 ve Rathore ve Singh 2004). Bu nedenle, farklı fiziksel özelliklere sahip olan topraklarda bitki gelişimi ve mikoriza etkisi de farklı olmaktadır. Ayrıca toprak bünyesi Arbusküler Mikorizal spor sayısını etkileyen en önemli faktörlerdendir (Sinegani ve ark. 2004). Hafif bünyeli topraklarda, ağır bünyeli topraklara oranla daha fazla spor olmaktadır. Nitekim araştırmaya konu olan topraklarda en yüksek spor sayısı hafif bünyeli topraklarda belirlenmiştir (Çizelge 4. 1. ve 4. 2.).

Toprakların makro ve mikro element kapsamları, topraktaki VA mikorizal oluşum ve dağılım üzerine etkide bulunmaktadır. Bunlar içerisinde N ile mikoriza arasındaki ilişki tam olarak bilinmemekle birlikte, yapılan araştırmalar N'un mikoriza oluşumu üzerine olan etkisinin ortama, toprak pH'sına ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Hayman (1975) N'lu gübre uygulamalarının mikoriza oluşumunu olumsuz etkilediğini bildirmektedir. Ebbers ve ark. (1987) tarafından yapılan bir çalışmada da topraklardaki total N, elverişli P ve organik madde kapsamı ile hem mikoriza spor sayısı, hem de kolonizasyonu arasında önemsiz bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, bir çok araştırıcı da (Johnson ve Wedin 1997; Selvam ve Mahadevan 2002 ve Furlan ve Cardou 2006) yapmış oldukları çalışmalarında azotlu gübre uygulamalarının spor üretimini ve kök kolonizasyonunu artırdığını belirlemişlerdir.

Nitekim araştırmada kullanılan toprakların azot muhtevaları genelde az olarak (% 0.01-0.23) bulunmuştur (Çizelge 4. 3.) ve ayrıca, azot ile spor sayısı arasında yapılan korelasyonda ilişki, negatif ve önemsiz olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 7.).

Azotun mikoriza üzerine etkisinin kesin olarak bilinmemesi nedeni ile ortamda bulunan azotun varlığı toprak koşullarına göre kimi zaman olumlu kimi zaman ise olumsuz etkilerde bulunabilmektedir. Bu sonuçta mevcut çalışmaların bazılarına paralellik, bazılarına ise zıtlık göstermektedir.

Mikorizanın toprakta bulunuşu, bitki kökleri içindeki oluşumu ve aktivitesi toprak verimliliği tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle de ortamın P konsantrasyonuna bağlı olarak değişikliğe uğramaktadır ayrıca bitki türlerinin ihtiyacına göre belirli bir P düzeyine kadar kök infeksiyonu artmaktadır. Sonradan ilave edilen her P miktarı bitkinin mikoriza ile olan infeksiyonunu azaltmaktadır (Şekil 4. 5). Toprakların P düzeyi yüksek olduğu zaman, mikorizal fungus aktivitesi azalmaktadır (Jensen ve Jacobsen 1980; Tinker 1980; Ebbers ve ark. 1987; Kilt ve ark. 1988; Kahiluoto ve ark. 2001 ve Sinegani ve ark. 2004).

Araştırma topraklarının, başka bir ifade ile spor sayımı için alınan toprak örneklerinin P seviyeleri fazla ve yeterli bulunmuştur (Çizelge 4. 3.). Bunun sonucu olarak, topraklarda belirlenen spor sayıları genellikle düşük bulunmuştur. Nitekim, yapılan korelasyon analizinde topraktaki fosfor ile spor sayısı arasında negatif ve önemsiz bir ilişki (r=-0.227) belirlenmiştir (Çizelge 4. 7.).

Toprakların K, Ca kapsamları ile mikoriza spor sayısı arasında negatif, Mg kapsamı ile pozitif etkiler ortaya çıkmış olup, bu etki önemli bulunmamıştır. Nitekim, yapılan çalışmalarda adı geçen katyonların bazı durumlarda spor sayısı üzerine pozitif, bazı durumlarda ise negatif etki ettiği bildirilmiştir (Johnson ve Wedin 1997 ve Carrenho ve ark. 2001). Ayrıca, yapılan korelasyon analizlerinde toplam spor sayısı ile Fe, Zn, Cu ve Mn arasında negatif ve önemsiz, B ile arasında da pozitif ve önemsiz ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4. 7.). Öte yandan, mikro elementlerde topraklarda mikoriza sporları ve onların çimlenmeleri üzerine önemli ölçüde etkide bulunmaktadır. Özellikle de Zn ve Mn'ın, mikoriza sporlarının çimlenmesi üzerine olumsuz yönde etki ettiği belirlenmiştir (Ponnamperuma 1972).

Bununla birlikte Ortega (1999)'da çalışmasında belirlediği gibi Ni ve Zn kapsamı ile toprakların VAM spor sayısı arasında negatif korelasyon tespit ederken, sporokarp sayısı ile Cr, Cu, Ni ve Zn arasında ise pozitif bir ilişki belirlemiştir.

Çizelge 4. 3. Büyük Toprak Gruplarından Alınan Toprak Örneklerine Ait Makro Besin Elementi (B. E.) Değerleri.

Büyük Toprak Grubu	N (%)	B. E. Durumu	P (mg kg^{-1})	B. E. Durumu	K (mg kg^{-1})	B. E. Durumu	Ca (mg kg^{-1})	B. E. Durumu	Mg (mg kg^{-1})	B. E. Durumu
Allüviyal	0.09	Az	45.8	Fazla	463.52	Optimum	12842	Optimum	1384	Optimum
Kahverengi	0.23	Fazla	91.9	Çok Fazla	774.54	Çok Fazla	11982	Optimum	1306	Uygun
Kireçsiz Kahverengi Orman	0.15	Yeterli	66.64	Fazla	903.46	Çok Fazla	6234	Optimum	1270	Uygun
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	0.07	Az	6.79	Az	154.16	Uygun	8470	Optimum	1376	Uygun
Kahverengi Orman	0.14	Yeterli	34.2	Fazla	351.76	Optimum	12592	Optimum	1210	Uygun
Kırmızımsı Kahverengi	0.08	Az	2.64	Az	127.72	Düşük	14650	Optimum	884	Uygun
Tuzlu-Alkali	0.12	Yeterli	17.8	Yeterli	456.04	Optimum	6136	Optimum	1404	Optimum
Kestane Renkli	0.08	Az	32.7	Fazla	670.98	Fazla	11060	Optimum	1314	Uygun
Sierozem	0.07	Az	15.45	Yeterli	483.42	Optimum	8052	Optimum	1426	Optimum
Regosol	0.06	Az	18.57	Yeterli	456.52	Optimum	3948	Uygun	1220	Uygun
Hidromorfik Allüviyal	0.07	Az	6.33	Az	540.46	Fazla	1892	Uygun	1430	Optimum
Koluvyal	0.08	Az	1.95	Çok Az	82.84	Düşük	13536	Optimum	934	Uygun
Kırmızımsı Kestane Renkli	0.04	Çok Az	42.43	Fazla	323.00	Optimum	11508	Optimum	734	Uygun
Kırmızı Akdeniz Toprağı	0.07	Az	18.91	Yeterli	148.36	Uygun	5860	Optimum	1312	Uygun
Kireçsiz Kahverengi	0.01	Çok Az	11.55	Yeterli	326.64	Optimum	11270	Optimum	1376	Uygun

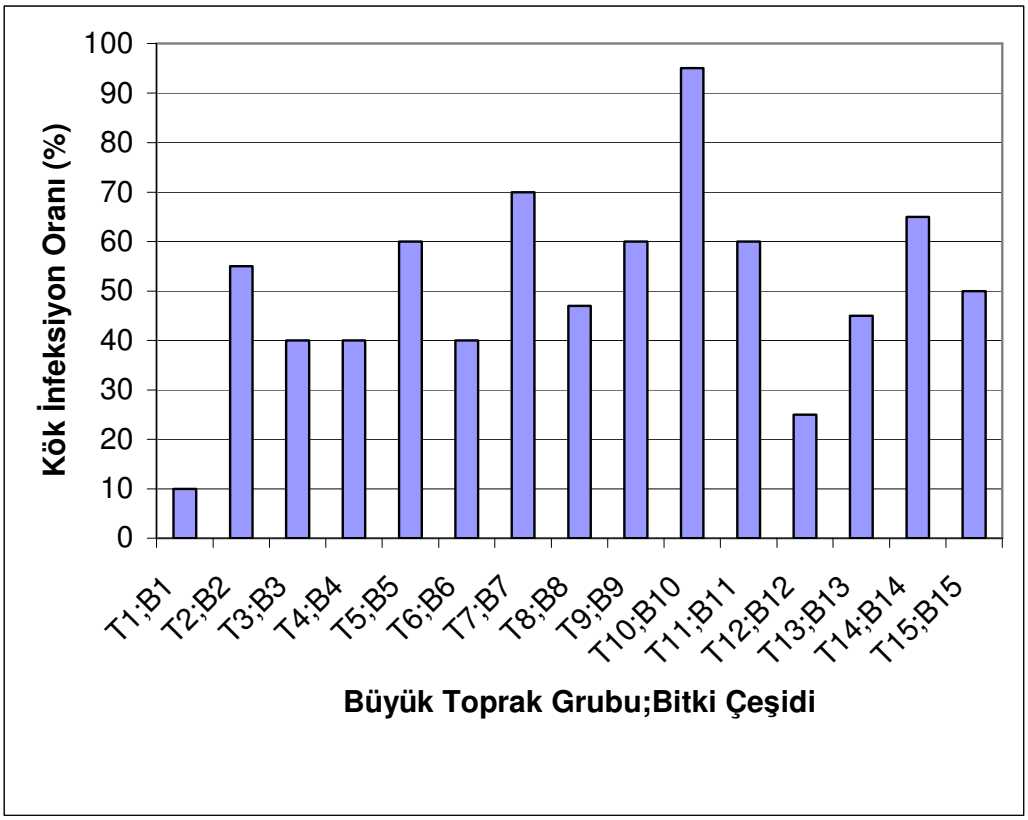
Çizelge 4. 4. Büyük Toprak Gruplarından Alınan Toprak Örneklerine Ait Mikro Besin Elementi (B. E.) Değerleri.

Büyük Toprak Grubu	Fe mg kg^{-1}	B. E. Durumu	Cu mg kg^{-1}	B. E. Durumu	Mn mg kg^{-1}	B. E. Durumu	Zn mg kg^{-1}	B. E. Durumu	B mg kg^{-1}	B. E. Durumu
Allüviyal	1.585	Az	2.69	Yeterli	1.01	Çok az	1.62	Yeterli	0.88	Az
Kahverengi	2.84	Orta	1.08	Yeterli	12.89	Az	4.75	Fazla	0.80	Az
Kireçsiz Kahverengi Orman	7.665	Fazla	0.55	Yeterli	13.77	Az	1.88	Yeterli	0.41	Az
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	7.12	Fazla	1.46	Yeterli	19.88	Yeterli	0.62	Az	0.24	Çok Az
Kahverengi Orman	4.975	Fazla	1.86	Yeterli	7.95	Az	1.07	Yeterli	0.27	Çok Az
Kırmızımsı Kahverengi	3.04	Orta	1.10	Yeterli	4.08	Az	0.13	Çok Az	0.24	Çok Az
Tuzlu-Alkali	1.05	Az	1.04	Yeterli	1.34	Çok Az	0.30	Az	1.63	Yeterli
Kestane Renkli	3.04	Orta	3.85	Yeterli	8.47	Az	0.84	Yeterli	0.31	Çok Az
Sierozem	2.145	Az	1.47	Yeterli	9.10	Az	0.63	Az	0.68	Az
Regosol	1.595	Az	0.56	Yeterli	2.27	Çok Az	0.32	Az	0.79	Az
Hidromorfik Allüviyal	1.545	Az	0.27	Yeterli	0.88	Çok Az	0.13	Çok Az	4.67	Fazla
Koluvyal	4.98	Fazla	1.47	Yeterli	2.60	Çok Az	0.09	Çok Az	0.19	Çok Az
Kırmızımsı Kestane Renkli	3.095	Orta	1.98	Yeterli	7.93	Az	0.78	Yeterli	0.32	Çok Az
Kırmızı Akdeniz	3.22	Orta	0.73	Yeterli	8.88	Az	0.59	Az	0.26	Çok Az
Kireçsiz Kahverengi	1.18	Az	0.56	Yeterli	3.32	Çok Az	0.37	Az	0.29	Çok Az

4. 1. 1. 3. Bitki köklerinin mikorizal infeksiyon oranı ve uzunlukları ile araştırma toprağının kimyasal ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

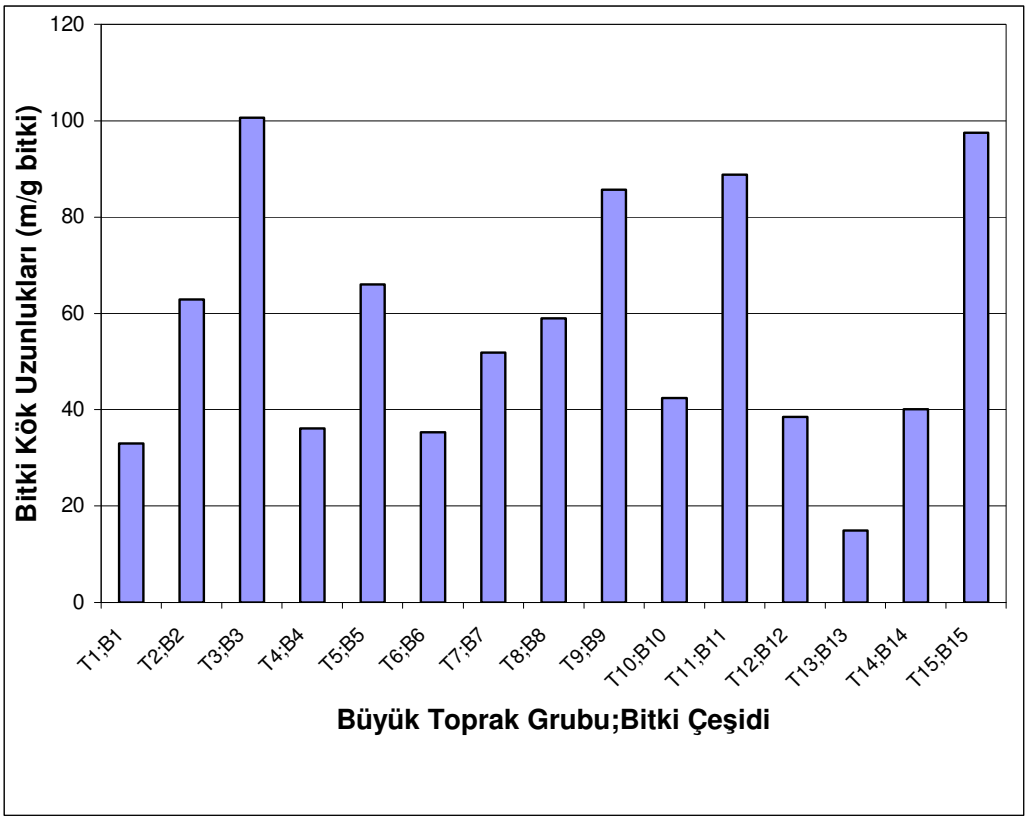
Toprak örnekleriyle birlikte alınan yabancı ve kültür bitkilerinin köklerinde saptanan doğal mikorizal infeksiyon oranı ve kök uzunlukları Çizelge 4. 1. ve Şekil 4. 3. ve 4. 4.'te verilmiştir. Söz konusu çizelgeden de görülebileceği gibi, doğal mikoriza sporlarının bitkilerdeki etkinlikleri değişken olmuştur. Başka bir ifade ile, mikorizal infeksiyon açısından büyük toprak grupları arasında dalgalanmalar görülmekle birlikte, en yüksek infeksiyon oranı (% 95) Regosol topraklarından alınan soğan bitkisinden elde edilirken, en düşük infeksiyon (% 10) yine soğan bitkisinde, allüviyal toprak grubunda belirlenmiştir (Şekil 4. 3). Öte yandan, toprak örneklerinin alındığı alanlardaki soğan, fasülye, buğday, semiz otu ve mısır gibi bitkilerin yetiştiği alanlardan alınan bitki örneklerinde daha yüksek infeksiyon belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, % mikorizal kök infeksiyonu ile kök büyümesi arasında araştırmaya konu olan bitki örneklerinde doğrusal bir ilişki çıkmıştır. Genellikle 15 büyük toprak grubundan alınan bitki köklerinin büyümesi infeksiyon oranının artması ile artmış ve 14.93 m/g-100.6 m/g arasında değişme göstermiştir (Çizelge 4. 1. ve Şekil 4. 4). Topraklardaki mikorizal spor sayısı ile mikorizal infeksiyon derecesi ve kök uzunluğu açısından önemli bir ilişkinin bulunduğunu diğer araştırmacılar da belirtmişlerdir (Gök 1995; Liu ve ark. 2000 ve Wu ve ark. 2005). Ancak, topraklardaki mikorizal spor sayısı ile mikorizal infeksiyon dereceleri açısından her zaman paralellik olmadığı da diğer araştırıcılar tarafından vurgulanmıştır (Bagyaraj 1991, Sharif ve Moawad 2006 ve Anonymous 2006).

Sonuç olarak, toprak özellikleri ile mikorizal infeksiyon arasındaki ilişkiyi test etmek amacıyla yapılan korelasyon analizinde pH, kireç, kum, potasyum, magnezyum ve bor arasında pozitif fakat önemsiz ilişkiler saptanırken, tuzluluk, kil, silt, organik madde, azot, fosfor, demir, bakır, mangan ve çinko arasında negatif ve önemsiz, kalsiyumla ise negatif ve önemli bir ilişki (r=-0.633)* bulunmuştur (Çizelge 4. 7). Rathore ve Singh (2004)'te benzer bir çalışmada mikorizal infeksiyon oranı ile toprakların kimyasal özellikleri arasında pozitif korelasyon (r=0.586), kil muhtevası ile negatif ve önemli olmayan bir korelasyon (r=-0.555) elde etmişlerdir.



Şekil 4. 3. Büyük toprak gruplarından alınan bitkilerdeki mikorizal kök infeksiyon oranı.

T1;B1: Allüviyal;Soğan**, T2;B2:** Kahverengi;Fasülye, **T3;B3:** Kireçsiz Kahverengi Orman;Soğan, **T4;B4:** Kırmızı Kahverengi Akdeniz;Semiz Otu, **T5;B5:** Kahverengi Orman;Soğan**, T6;B6:** Kırmızımsı Kahverengi;Mısır, **T7;B7:** Tuzlu-Alkali;Mısır, **T8;B8:** Kestane Renkli;Fasülye, **T9;B9:** Sierozem;Nohut, **T10;B10:** Regosol;Soğan, **T11;B11:** Hidromorfik Allüviyal;Çayır, **T12;B12:** Koluvyal;Nohut, **T13;B13:** Kırmızımsı Kestane Renkli;Buğday, **T14;B14:** Kırmızı Akdeniz;Çilek, **T15;B15:** Kireçsiz Kahverengi;Fasülye



Şekil 4. 4. Büyük toprak gruplarından alınan bitki örneklerine ait kök uzunluk değerleri

T1;B1: Allüviyal;Soğan**, T2;B2:** Kahverengi;Fasülye, **T3;B3:** Kireçsiz Kahverengi Orman;Soğan, **T4;B4:** Kırmızı Kahverengi Akdeniz;Semiz Otu, **T5;B5:** Kahverengi Orman;Soğan**, T6;B6:** Kırmızımsı Kahverengi;Mısır, **T7;B7:** Tuzlu-Alkali;Mısır, **T8;B8:** Kestane Renkli;Fasülye, **T9;B9:** Sierozem;Nohut, **T10;B10:** Regosol;Soğan, **T11;B11:** Hidromorfik Allüviyal;Çayır, **T12;B12:** Koluvyal;Nohut, **T13;B13:** Kırmızımsı Kestane Renkli;Buğday, **T14;B14:** Kırmızı Akdeniz;Çilek, **T15;B15:** Kireçsiz Kahverengi;Fasülye

4. 1. 1. 4. Toplam spor sayısı, mikorizal infeksiyon ve kök uzunluğu ile bitkinin besin elementi kapsamı arasındaki ilişkiler

Çizelge 4. 1.'de araştırma topraklarında yetişen farklı bitkilerin köklerinde saptanan mikorizal infeksiyon değerleri (%), bitki kök uzunluğu (m/g) verilmiştir. Ayrıca bu bitkilerin makro ve mikro besin element kapsamı Çizelge 4. 5. ve 4. 6.'da verilmiştir. Çizelge 4. 1.'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere mikorizal infeksiyon toprak grupları arasında ve bitki çeşitleri arasında önemli farklılıklar göstermektedir. En yüksek mikorizal infeksiyon regosol topraklarında yetişen soğan bitkisinde görülmüş olup en düşük infeksiyon oranı % 10 ile allüviyal topraklarda yetişen soğan bitkisinde görülmüştür. Başka bir ifadeyle aynı bitki olmasına rağmen birinde en yüksek değer elde edilirken, diğerinde ise en düşük infeksiyon belirlenmiştir. Öte yandan infeksiyon oranında olduğu gibi araştırma alanından alınan bitkilerin kök uzunlukları da büyük varyasyonlar göstermiş olup, en yüksek kök uzunluğu kireçsiz kahverengi orman toprağında yetiştirilen soğan bitkisinde olurken, en düşük kök uzunluğu kırmızımsı kestane renkli toprak grubundan örneklenen buğday bitkisinde belirlenmiştir (Çizelge 4. 1. ve Şekil 4. 4).

Diğer taraftan, bitki örneklerinde besin elementi kapsamlarını belirlemek amacıyla yapılan analiz sonucunda Azot bakımından semiz otu hariç diğer bitkiler (soğan, fasülye, mısır, nohut, çayır, buğday ve çilek) noksanlık çekmektedir (Çizelge 4. 5.). Bitkilerin fosfor kapsamları % 0.02 - 0.26 arasında değişmekte olup, örnek olarak alınan bitkilerin % 40'ında yeterli seviyededir. Aynı şekilde araştırmaya konu olan bitkilerin % 66.67'sinde K, % 86.67'sinde Ca ve % 60'ında da Mg yeterli ve fazla durumdadır (Çizelge 4. 5.). Bununla beraber, bitkilerin mikro element kapsamları da bitkiden bitkiye değişmekte olup, Fe bakımından bitkilerin % 40'ında, Cu, Mn, Zn ve B kapsamları yönünden ise sırasıyla % 66.67, % 46.67, % 80 ve % 73.33'ünde noksanlık görülmektedir (Çizelge 4. 6.).

Bitkilerin besin elementleri kapsamları ile, toplam spor sayısı, mikorizal infeksiyon ve kök uzunluğu arasındaki korelasyon kat sayıları Çizelge 4. 7.'de verilmiştir. Söz konusu çizelgeden de anlaşılacağı üzere, toplam spor sayısı ile bitkinin fosfor ve potasyum kapsamları arasında negatif ve önemli (r=-0.523 ve r=-

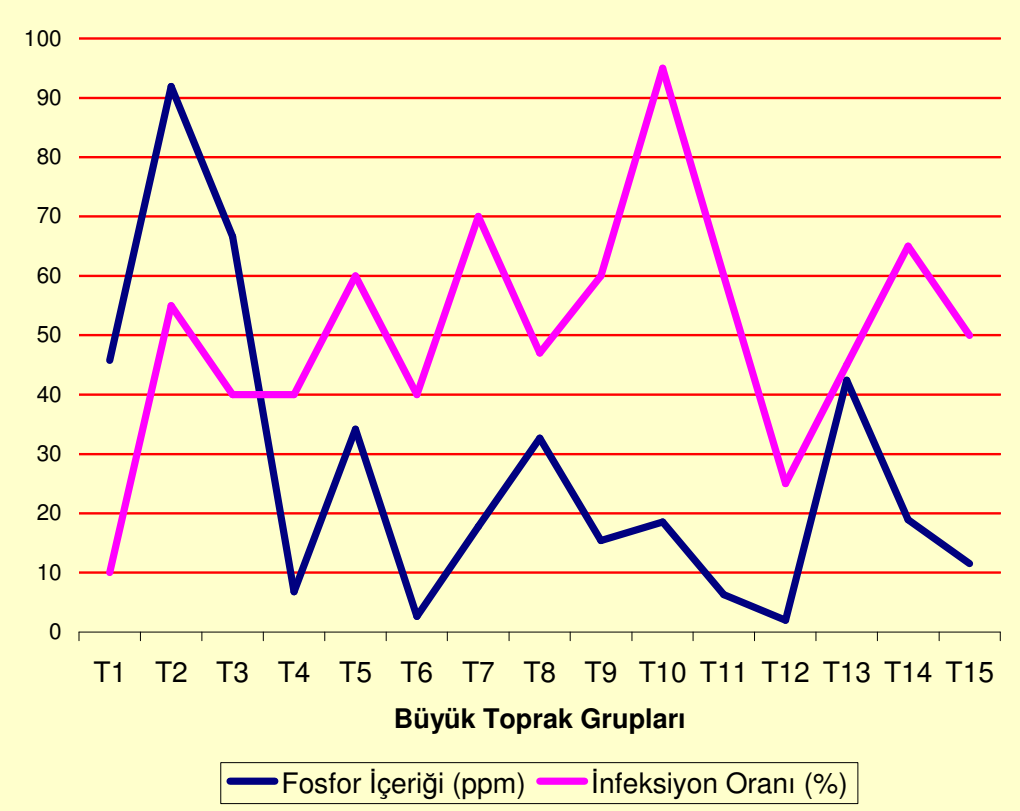
0.536)* bir ilişki belirlenirken, azot, bakır, mangan, çinko ve bor ile de negatif ve önemsiz ilişkiler tespit edilmiştir. Bitki kök uzunluğu ile de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4. 7).

Topraklardaki mikorizal oluşum toprağın bir çok faktörleri tarafından etkilenmektedir. Bu faktörlerin başında fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler gelmektedir. Fiziksel faktörlerden sıcaklık, ışık ve su önemli bir faktördür. Bu faktörler ile mikoriza arasındaki ilişki bölgelere göre değişmektedir (Bagyaraj 1991). Toprağın kimyasal özelliklerinden pH, mikorizal oluşumu doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Öte yandan mikorizanın toprakta bulunuşu, bitki kökleri içerisinde oluşumu ve aktivitesi toprak verimliliği tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir. Özellikle de ortamın P konsantrasyonuna bağlı olarak değişikliğe uğramaktadır (Tinker 1980; Graham ve ark. 1981; Kitt ve ark. 1988 ve Lu ve ark. 1994). Topraklardaki yüksek P düzeyinin mikorizal infeksiyonu olumsuz etkilediği bir çok çalışmalarla ortaya konulmuştur (Menge ve ark. 1978; Harley ve Smith 1983 ve Robson ve ark. 1993) Yine yapılan bazı çalışmalarda, P noksanlığı durumunda özellikle kök uzunluğunun arttığı bulunmuştur (Anghinoni ve Barber 1980) ve düşük P konsantrasyonunda kökteki tüycüklerin miktar ve uzunlukça arttığı gözlenmiştir (Foehze ve Jungk 1983).

Nitekim, büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinin fosfor kapsamları ile mikorizal infeksiyon değerleri arasındaki ilişkilerin verildiği şekilden de görüleceği üzere, fosfor içeriği ile infeksiyon oranları dalgalanmalar göstermiş olup, bu durum toprakların fosfor kapsamlarının yanı sıra bitkilerin bünyesindeki fosforun miktarının da etkili olabileceğine bağlanmıştır (Şekil 4. 5).

Araştırmaya konu olan topraklarda yetişen bitkilerin toplam spor sayısı ile fosfor ve potasyum arasında negatif ve önemli ve diğer besin elementleri (N, Cu, Zn, Mn ve B) ile arasında ise negatif ve önemsiz ilişkiler saptanmıştır. Nitekim, bu durum mikoriza sporlarının etkinliğinin yalnızca topraktaki besin elementi kapsamı ile değil, aynı zamanda bitki bünyesindeki elementlerin konsantrasyonları ile de etkilendiğini ortaya koymaktadır. Araştırmaya konu olan toprakların geneli fosfor ve potasyum bakımından yeterli veya çok fazla olarak bulunmuştur. Buradan da anlaşılıyor ki, araştırma topraklarının yüksek olan fosfor ve potasyum düzeyi

mikorizal fungus aktivitesini azaltmış olabileceği söylenebilir. Öte yandan, toprakların mikro element kapsamı da mikorizal oluşum üzerine etkili olmaktadır. Ortega (1999) ve Özcan ve Taban (2000) çinko ve bakırın mikorizal oluşum üzerine olumsuz bir etkide bulunduğunu belirlemişlerdir. Nitekim, yapılan bu çalışmada da bitkilerin mikro besin element kapsamları ile spor sayısı, mikorizal infeksiyon ve kök uzunluğu arasında negatif bir ilişki tespit edilerek benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil. 4. 5. Büyük toprak gruplarının fosfor kapsamlarına göre mikorizal kök infeksiyon oranı

T1: Allüviyal, **T2:** Kahverengi, **T3:** Kireçsiz Kahverengi Orman, **T4:** Kırmızı Kahverengi Akdeniz, **T5:** Kahverengi Orman **T6:** Kırmızı Kahverengi, **T7:** Tuzlu-Alkali, **T8:** Kestane Renkli, **T9:** Sierozem, **T10:** Regosol, **T11:** Hidromorfik Allüviyal, **T12:** Koluvyal, **T13:** Kırmızımsı Kestane, **T14:** Kırmızı Akdeniz, **T15:** Kireçsiz Kahverengi

Çizelge 4. 5. Büyük Toprak Gruplarına Ait Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlerden Örneklenen Bitkilere Ait Makro Besin Elementi (B. E.) Değerleri

Büyük Toprak Grubu/Bitki Çeşidi	N (%)	B. E. Durumu	P (%)	B. E. Durumu	K (%)	B. E. Durumu	Ca (%)	B. E. Durumu	Mg (%)	B. E. Durumu
Allüviyal/Soğan	2.30	Noksan	0.16	Noksan	3.50	Az	1.54	Yeterli	0.23	Noksan
Kahverengi/Fasülye	3.14	Noksan	0.17	Noksan	2.60	Yeterli	2.88	Fazla	0.30	Noksan
Kireçsiz Kahverengi Orman/Soğan	1.29	Noksan	0.15	Noksan	2.77	Noksan	0.70	Noksan	0.18	Noksan
Kırmızı Kahverengi Akdeniz/Semiz Otu	4.09	Fazla	0.26	Fazla	6.68	Fazla	0.51	Fazla	0.47	Fazla
Kahverengi Orman/Soğan	2.52	Noksan	0.08	Noksan	2.78	Noksan	1.70	Yeterli	0.19	Noksan
Kırmızımsı Kahverengi/Mısır	1.85	Noksan	0.08	Noksan	2.50	Yeterli	0.51	Yeterli	0.19	Yeterli
Tuzlu-Alkali/Mısır	2.24	Noksan	0.09	Noksan	3.52	Yeterli	0.87	Fazla	0.37	Yeterli
Kestane Renkli/Fasülye	3.70	Noksan	0.12	Noksan	2.81	Yeterli	3.16	Fazla	0.40	Yeterli
Sierozem/Nohut	2.18	<optimum	0.06	<optimum	2.20	>optimum	2.63	>optimum	0.41	>optimum
Regosol/Soğan	1.12	Noksan	0.08	Noksan	2.54	Noksan	1.74	Yeterli	0.27	Az
Hidromorfik Allüviyal/Çayır	1.68	Noksan	0.02	Noksan	1.13	Noksan	1.14	Noksan	0.40	Yeterli
Koluvyal/Nohut	2.13	<optimum	0.09	<optimum	1.27	>optimum	2.36	>optimum	0.19	>optimum
Kırmızımsı Kestane Renkli/Buğday	1.44	Noksan	0.09	Noksan	2.53	Yeterli	0.56	Fazla	0.13	Noksan
Kırmızı Akdeniz/Çilek	2.24	Noksan	0.17	Noksan	1.49	Yeterli	1.13	Yeterli	0.32	Yeterli
Kireçsiz Kahverengi/Fasülye	4.04	Noksan	0.14	Noksan	2.77	Yeterli	2.45	Yeterli	0.35	Yeterli

Çizelge 4. 6. Büyük Toprak Gruplarına Ait Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlerden Örneklenen Bitkilere Ait Mikro Besin Elementi (B. E.) Değerleri

Büyük Toprak Grubu	Fe mg kg^{-1}	B. E. Durumu	Cu mg kg^{-1}	B. E. Durumu	Mn mg kg^{-1}	B. E. Durumu	Zn mg kg^{-1}	B. E. Durumu	B mg kg^{-1}	B. E. Durumu
Allüviyal/Soğan	58.11	Noksan	16.10	Yeterli	31.97	Noksan	22.30	Noksan	7.18	Noksan
Kahverengi Topraklar/Fasülye	38.76	Noksan	5.82	Noksan	93.65	Yeterli	79.12	Yeterli	19.77	Noksan
Kireçsiz Kahverengi Orman/Soğan	42.67	Noksan	6.15	Noksan	27.40	Noksan	11.65	Noksan	5.43	Noksan
Kırmızı Kahverengi Akdeniz/Semiz Otu	33.50	Yeterli	9.52	Yeterli	54.45	Yeterli	46.38	Yeterli	2.42	Noksan
Kahverengi Orman/Soğan	41.17	Noksan	7.90	Noksan	19.53	Noksan	7.01	Noksan	5.20	Noksan
Kırmızımsı Kahverengi/Mısır	47.50	Az	4.42	Noksan	67.18	Yeterli	15.65	Noksan	4.52	Noksan
Tuzlu-Alkali/Mısır	42.50	Az	5.05	Noksan	63.00	Yeterli	17.15	Noksan	110.94	Fazla
Kestane Renkli/Fasülye	54.83	Yeterli	11.60	Yeterli	129.05	Yeterli	17.65	Noksan	2.03	Noksan
Sierozem/Nohut	79.00	Yeterli	2.53	Noksan	23.02	Noksan	9.31	Noksan	68.73	Yeterli
Regosol/Soğan	30.33	Noksan	2.52	Noksan	4.63	Noksan	4.73	Noksan	45.95	Yeterli
Hidromorfik Allüviyal/Çayır	47.50	Yeterli	2.15	Noksan	11.50	Noksan	10.15	Noksan	2.78	Noksan
Koluvyal/Nohut	90.10	Fazla	7.00	Yeterli	39.82	Yeterli	17.70	Noksan	12.82	Noksan
Kırmızımsı Kestane Renkli/Buğday	46.33	Yeterli	2.68	Noksan	108.92	Fazla	13.28	Noksan	5.05	Noksan
Kırmızı Akdeniz/Çilek	88.33	Yeterli	3.48	Noksan	118.42	Yeterli	17.93	Noksan	26.53	Yeterli
Kireçsiz Kahverengi/Fasülye	35.33	Noksan	13.40	Yeterli	43.10	Noksan	22.25	Yeterli	4.82	Noksan

Çizelge 4. 7. Büyük Toprak Grupları'na Ait Toprak ve Bitki Örneklerinde Ölçülen Bazı Parametreler ile Mikorizal Ölçümler Arasındaki Korelasyon Kat Sayıları

Toprak ve Bitki Özellikleri	Toplam Spor (Adet/10 g toprak)	Mikorizal İnfeksiyon Oranı (%)	Kök Uzunluğu (m/g bitki)	Toplam Spor (Adet/10 g toprak)	Mikorizal İnfeksiyon Oranı (%)	Kök Uzunluğu (m/g bitki)
	Toprak Değerleri			Bitki Değerleri		
pH	-0.373	0.114	-0.221	-	-	-
EC	-0.028	-0.315	0.263	-	-	-
Kireç	0.522 *	0.275	-0.063	-	-	-
Kil	-0.345	-0.243	-0.620 *	-	-	-
Silt	0.668 **	-0.098	0.092	-	-	-
Kum	-0.391	0.254	0.354	-	-	-
Org. Mad.	0.553 *	-0.017	0.324	-	-	-
Azot	-0.197	-0.103	0.223	-0.093	-0.158	0.125
Fosfor	-0.227	-0.103	0.127	-0.523 *	-0.329	-0.193
Potasyum	-0.069	0.126	0.565 *	-0.536 *	-0.190	-0.218
Kalsiyum	-0.133	-0.633 *	-0.340	0.167	0.046	0.324
Magnezyum	0.075	0.223	0.570 *	0.195	0.326	0.306
Demir	-0.056	-0.318	0.013	0.354	-0.266	-0.142
Bakır	-0.061	-0.440	-0.359	-0.409	-0.623	0.032
Mangan	-0.084	-0.040	0.052	-0.030	-0.035	-0.408
Çinko	-0.116	-0.104	0.128	-0.140	-0.153	-0.084
Bor	0.502	0.225	0.183	-0.160	0.523 *	0.022
Toplam Spor Sayısı	-	0.186	0.294	-	0.186	0.238
% Mikorizal İnfeksiyon	0.186	-	0.238	0.186	-	0.294
Bitki Kök Uzunluğu	0.294	0.238	-	0.294	0.238	-

* $p<0.05$
**$p<00.01$

4. 1. 1. 5. Büyük toprak gruplarında yaygın olan spor tipleri

Büyük Toprak Grupları'nın 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerindeki sporlar Gerdeman ve Nicolson (1963) tarafından bildirildiği şekilde "Islak Eleme" tekniği kullanılarak 10 g toprakta belirlenmiştir. Topraklardaki spor sayısını belirlemek için 38-50-100 ve 250 µ'luk elekler kullanılmıştır. Ayrıca, sporların özellikleri 100 büyütmeli stereo mikroskop kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma topraklarında bulunan sporların çoğunluğu sarı (açıktan koyuya kadar değişen tonlarda), turuncu, kırmızımsı kahverengi, koyu kahverengi tonlarında olup siyah ve beyaz sporlara da rastlanmıştır.

Sarı ve tonlarında olan sporlarda renk sarıdan açık kahverengiye kadar değişmektedir. Spor şekilleri ise, genellikle yuvarlak ve bazıları düzensiz şekillidir. Sporlar genellikle içi boş (yellow- vacuolate type) ve daha yuvarlak formda olmakla beraber parlak sarı olan spor duvarları üzerinde su parçacıkları ve bitki artıkları bulunmaktadır. Ancak bu sporlarda da hif sürme noktaları ve çimlenme tüpleri daha belirgin görülmektedir. Sarı ve içi boş olan bu spor tipi Gerdeman ve Nicolson (1963) tarafından tanımlanmıştır. Bu sporlara büyük toprak gruplarında yaygın olarak rastlanmıştır. Bu spor tiplerine ait şekiller Şekil 4. 6.'da 2., 3., 4. ve 6., Şekil 4. 7.'de 4., Şekil 4. 8.'de 1. ve 4. ve Şekil 4. 9.'da 2. ve 3., Şekil 4. 10.'da 5. ve 6., Şekil 4. 11.'de 2., 4. ve 5., Şekil 4. 12.'de 6. ve 8., Şekil 4. 13.'de 1., Şekil 4. 14.'de 1., 2. ve 3., Şekil 4. 15.'de 1. ve 2., Şekil 4. 16.'da 5. ve 9., Şekil 4. 17.'de 1. ve 6., Şekil 4. 18.'de 1., 4., 6. ve 7., Şekil 4. 19.'da 5. ve Şekil 4. 20.'de 1., 3. ve 4.' de verilmiştir.

Büyük Toprak Gruplarından örneklenen bitki köklerinin altından alınan toprak örneklerinde yaygın olarak görülen diğer bir spor tipi ise, Kırmızı-Kahverengi tabakalı (çizgili) sporlar (red-brown laminate type) olup, bunlar sarı ve tonlarındaki spor tiplerine oranla daha kalın ve tek tabakalıdır. Bu sporların şekilleri genellikle yuvarlak (küresel) ya da basık küre (elipsoidal) şeklinde olup, genellikle 100-250 µ'luk elekler arasından elde edilmiştir. Bu sporların kalın hücre duvarları belli uzaklıktaki hif bağlantılarının içine doğru uzamış gibi görünürler ve spor içerikleri mantar sporunun yanındaki bir bağlantı tarafından boş hiften ayrılır. Bu spor tipleri de yine Gerdeman ve Nicolson (1963) ve ayrıca Gür (1974) ve Iqbal ve ark. (1981). tarafından bildirildiği şekilde tanımlanmıştır. Şekil 4. 6.'da 1., Şekil 4. 7.'de 3., 5., 7.

ve 8., Şekil 4. 8.'de 2. ve 5., Şekil 4. 9.'da 1., Şekil 4. 10.'da 3., 4. ve 8., Şekil 4. 11.'de 3. ve 6., Şekil 4. 12.'de 4. ve 9., Şekil 4. 13.'de 2., 3., 4., 6., 7. ve 9., Şekil 4. 14.'de 5. ve 6., Şekil 4. 15.'de 3., 5. ve 6., Şekil 4. 16.'da 2., 3., 4., 6. ve 9., Şekil 4. 17.'de 2., 3., 4., 5. ve 7., Şekil 4. 18.'de 2., Şekil 4. 19.'da 6., 8. ve 9. ve Şekil 4. 20.'de 2., 5., 7. ve 8. fotoğraflarda bu spor tipleri görülmektedir.

Çok fazla olmamakla beraber yine, bazı topraklarda elde edilen bir spor tipi bal rengi ve birbirine bağlı (bağcıklı) sporlardır (honey-coloured sessile spores). Bu sporların renkleri koyu bal renginden turuncumsu sarıya kadar değişmektedir. Sporlar genellikle 50-100 µ'luk elekler arasından elde edilmişlerdir. Hiflerin sürme noktaları ve çimlenme tüpleri çok az fark edilebilen bu sporlar Mosse ve Bowen (1968 a)' e göre tanımlanmışlardır (Şekil 4. 7.'de 1., Şekil 4. 8.'de 3., Şekil 4. 10.'da 7., Şekil 4. 12.'de 1., 2., 3. ve 5., Şekil 4. 13.'de 5. ve 8., Şekil 4.14.'de 4., Şekil 4. 19.'da 7. ve Şekil 4. 20.'de 6. fotoğraflar).

Yukarıda bahsedilen yaygın spor tiplerinin haricinde, yalnızca belirli bitkilere ait topraklardan örneklenen spor tipleri de mevcuttur. Bunlardan yalnızca soğan ve buğday bitkilerinin altındaki topraklardan elde edilen genellikle yuvarlak veya armut şeklinde spor tipleri mevcuttur (Şekil 4. 6. ve Şekil 4. 18.'de 5. fotoğraf). Bu sporlar genellikle 50-100 µ'luk elekler arasında elde edilmişlerdir, renkleri koyu kahverengi olup, basit bir hif sürme noktası ve çimlenme tüplerine sahiptirler. Hif sürme noktaları kısa görünümlüdür. Bu sporun tanımı Gür (1974) tarafından yapılmıştır.

Bunlara ilave olarak; beyaz ağ şeklinde ve gözenekli spor tipleri ile (white-reticulate) (Şekil 4. 7.'de 2, Şekil 4. 8.'de 6., Şekil 4. 9.'da 4., 5., ve 6., Şekil 4. 10. ve 4. 11.'de 1., Şekil 4. 18.'de 3. ve 8. fotoğraflar) kırmızı kahverengi renk geçirmeyen spor tipleri de (red-brown opaque) (Şekil 4. 7.'de 6. ve Şekil 4. 16.'da 1. fotoğraf) belirlenmiş olup, bu spor tipleri Mosse ve Bowen (1968 b) tarafından tanımlanmışlardır.

Bu spor tiplerinin yanı sıra, toprak gruplarından örneklenen topraklar içerisinde çok fazla olmamakla beraber, sporokarplara da rastlanmıştır. Sporokarpik yapılardaki sporlar farklı bitki altında ve farklı tiplerde tespit edilmiştir. Sporokarplar genellikle 100 µ'luk çapa sahip elek üzerinde belirlenmiştir. Bu yapılara mısır (Şekil 4. 12.'de 7. fotoğraf), soğan (Şekil 4. 15'de 4. fotoğraf), çayır (Şekil 4. 16.'da 7. ve 8.

fotoğraf) ve çilek (Şekil 4. 19.'da 1., 2., 3., ve 4. fotoğraflar) bitkilerinde rastlanılmış olup, mısır ve soğan bitkilerinin altından örneklenen sporokarplar şekil itibari ile benzerlik göstermektedir. Bu yapılar çok küçük ve turuncumsu sarı renkten ibaret olup yığın içerisinde görüntüleri tam seçilememektedir. Çayır bitkisi toprağından izole edilmiş olan sporokarpik yapı ise sarımsı-açık kahverengi bir renkte olup, sporlar net olarak görülmektedir. Aynı şekilde çilek bitkisi toprağından elde edilen sporokarpik yapı da yine oldukça net olarak görülebilmekte olup, rengi kırmızımsı kahverengiye çalmaktadır.

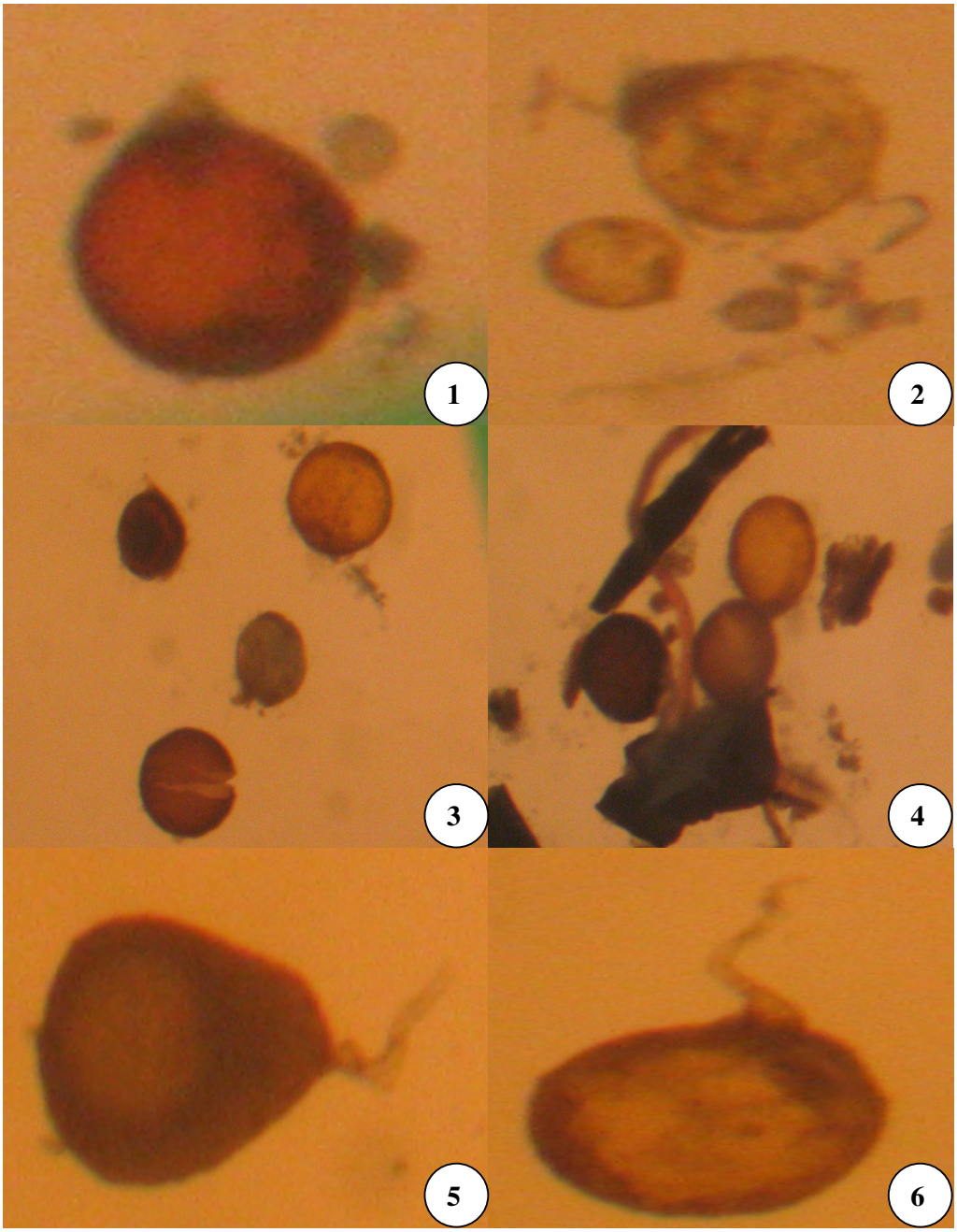
Mikroskop altında sayımı ve özellikleri belirlenen sporların büyük çoğunluğu 38 ve 50 µ'luk elek üzerinde kalmıştır. Diğer taraftan, belirlenen 4 adet sporokarp ise sadece 100 µ'luk elek üzerinde kalmıştır (Çizelge 4. 8). Elek çaplarına göre sayımı yapılan sporlarda henüz çimlenme kabiliyeti göstermemiş olan sporlar daha ziyade 38 µ'luk elek üzerinde sayılan sporlar olmuştur. 50-100 µ'luk elek üzerinde kalan sporlar ise çimlenme göstermiş, daha olgun ve canlı sporlar olarak göze çarpmaktadır. 250 µ'luk elek üzerinde kalan sporlar ise genelde sayıca çok az olmakla beraber, oldukça yaşlı ve aktivitesini yitirmiş olan sporlar olarak belirlenmiştir.

Öte yandan, Abbot ve Robson (1991) ve Abbas ve ark. (2006)'da yapmış oldukları çalışmalarında spor şekil, renk ve tiplerinin toprak özelliklerine, uygulanan tarım şekline ve yetiştirilen bitkilerin cinsine göre değiştiğini bildirmişlerdir.

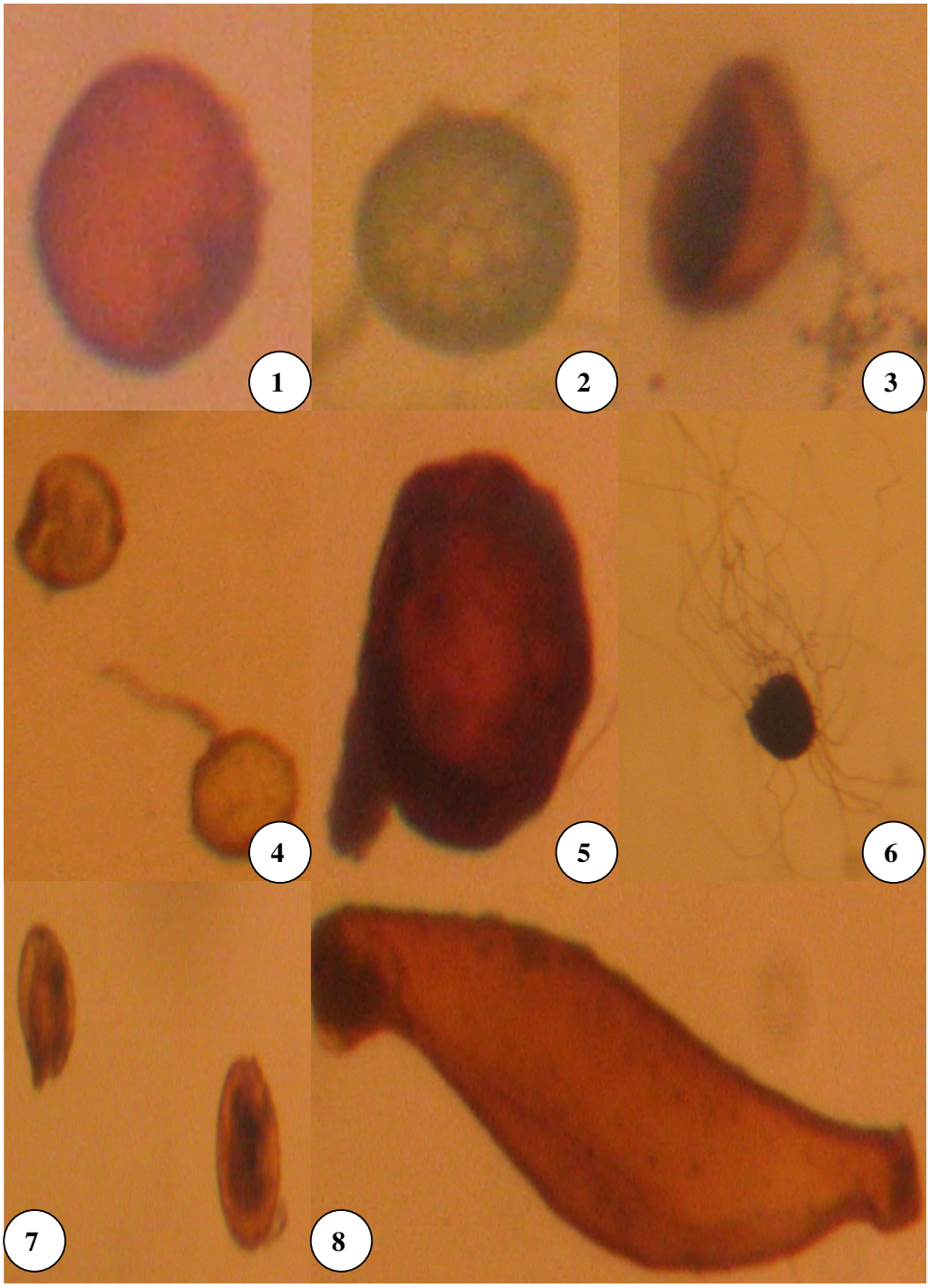
Çizelge 4. 8. Büyük Toprak Gruplarında Ortaya Çıkan Farklı Spor Tipleri

Büyük Toprak Grubu	Konukçu Bitki	Elek Çapı	Spor Tipi	Sporokarp
Allüviyal	Soğan	50-100 µ	1+2+4	-
Kahverengi	Fasülye	50-100 µ	1+2+3+5+6	-
Kireçsiz Kahverengi Orman	Soğan	50-100 µ	1+2+3+5	-
Kırmızı Kahverengi Akdeniz	Semiz otu	50-100 µ	1+2+5	-
Kahverengi Orman	Soğan	50-100 µ	1+2+3+5	-
Kırmızımsı Kahverengi	Mısır	50-100 µ	1+2+5	-
Tuzlu-Alkali	Mısır	50-100 µ	1+2+3	+
Kestane Renkli	Fasülye	50-100 µ	1+2+3	-
Sierozem	Nohut	50-100 µ	1+2+3	-
Regosol	Soğan	50-100 µ	1+2	+
Hidromorfik Allüviyal	Çayır	50-100 µ	1+2+6	+
Kolüvyal	Nohut	50-100 µ	1+2	-
Kırmızımsı Kestane	Buğday	50-100 µ	1+2+4+5	-
Kırmızı Akdeniz	Çilek	50-100 µ	1+2+3+	+
Kireçsiz Kahverengi	Fasülye	50-100 µ	1+2+3	-

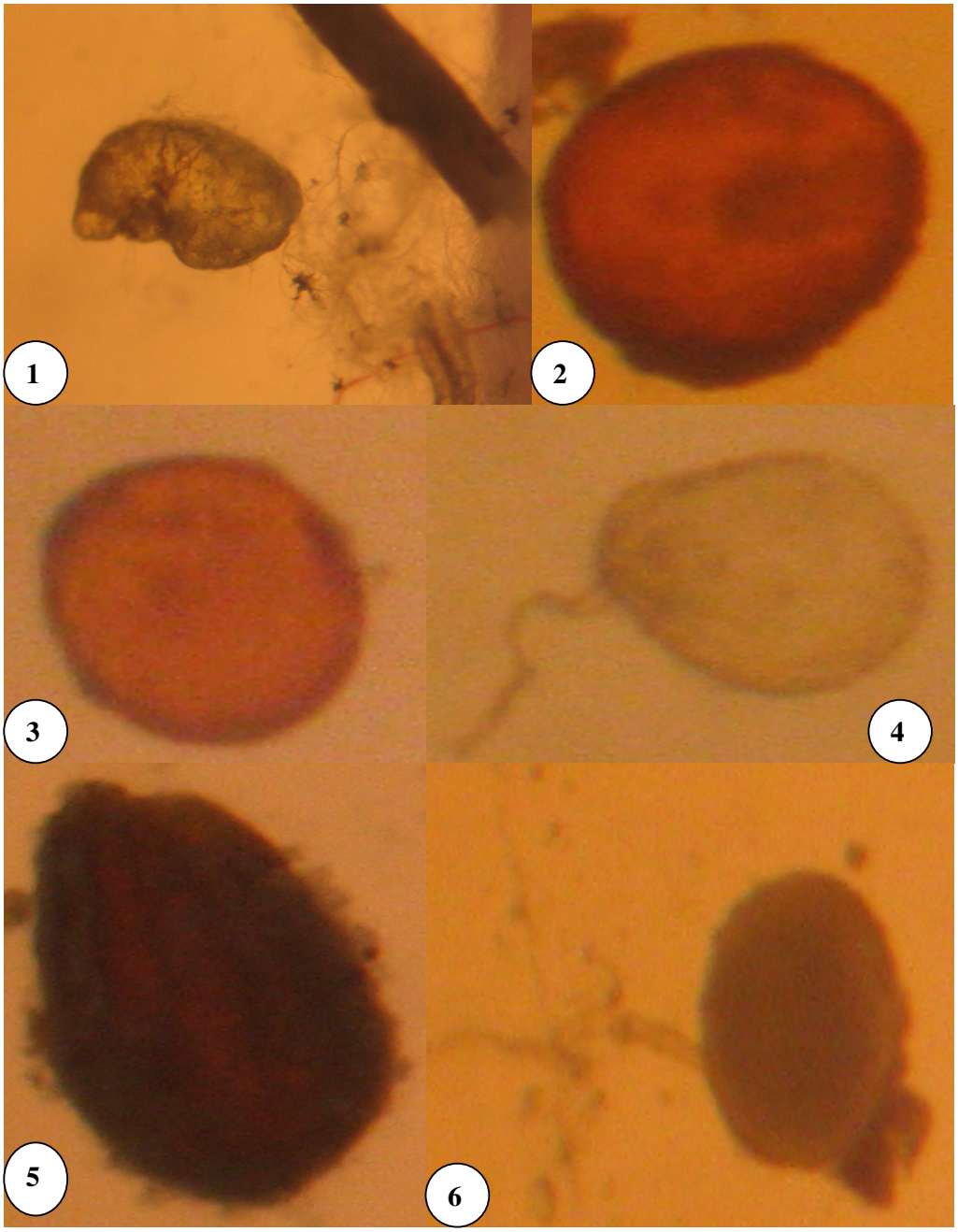
1: Sarı içi boş, **2:** Kırmızı-kahverengi çizgili, **3:** Bal rengi dalcıklı, **4:** Kırmızı-turuncu ağ şeklinde, **5:** Beyaz ağ şeklinde, **6:** Kırmızı-kahverengi ışık geçirimsiz



Şekil 4. 6. Allüviyal toprak grubunda, soğan bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



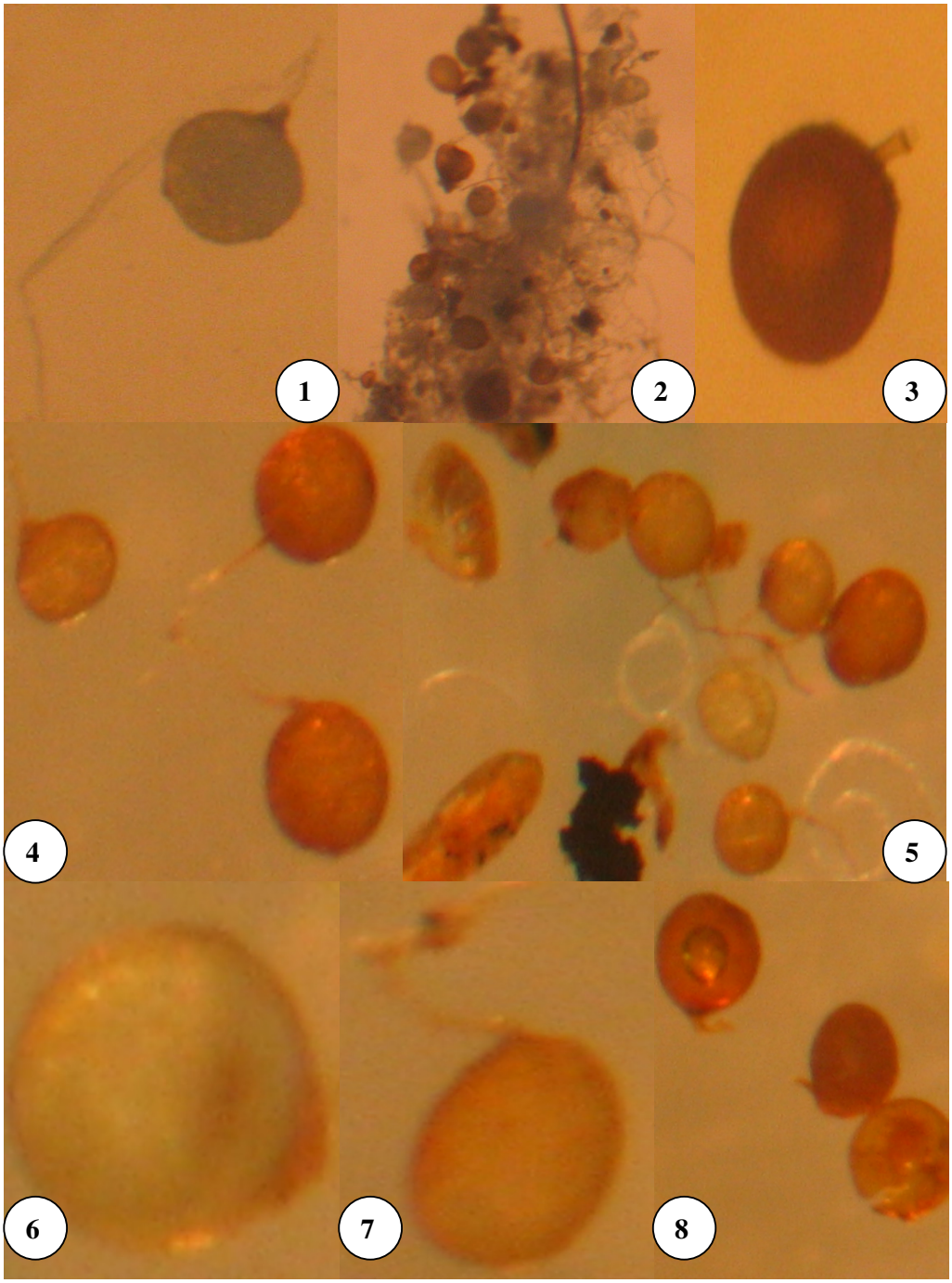
Şekil 4. 7. Kahverengi toprak grubunda, fasülye bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



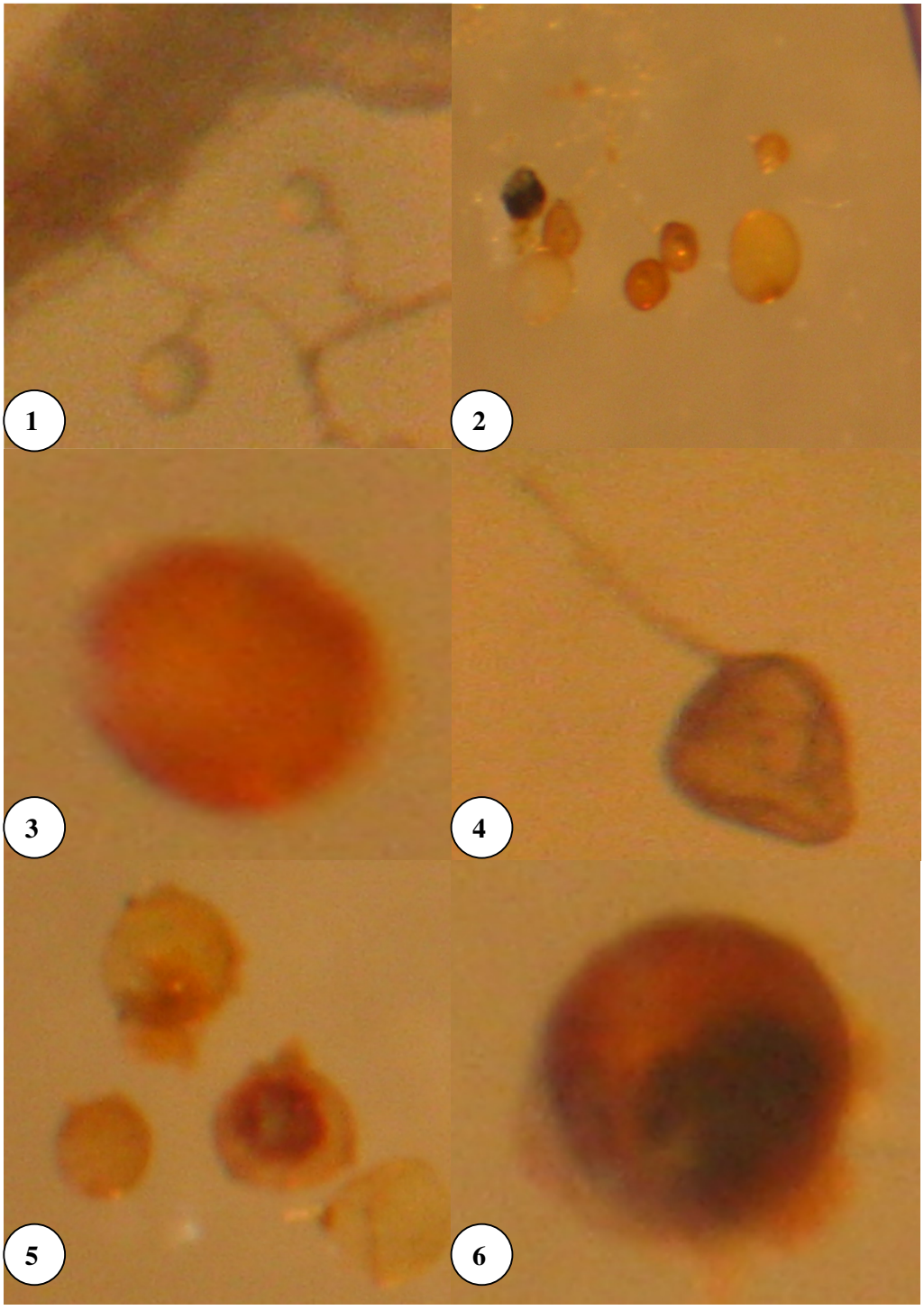
Şekil 4. 8. Kireçsiz kahverengi toprak grubunda, soğan bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



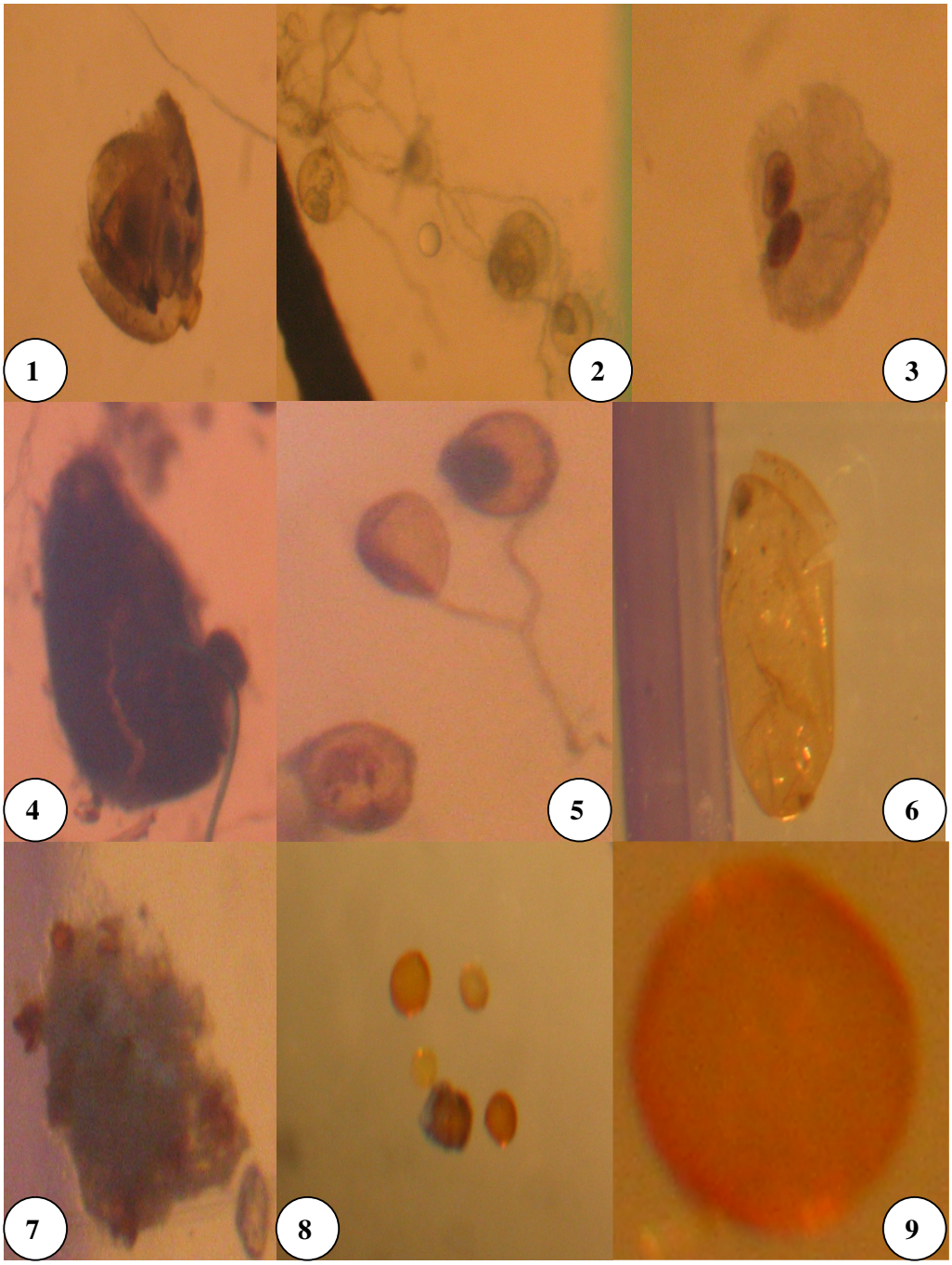
Şekil 4. 9. Kırmızı kahverengi Akdeniz toprak grubunda, semiz otu bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal)



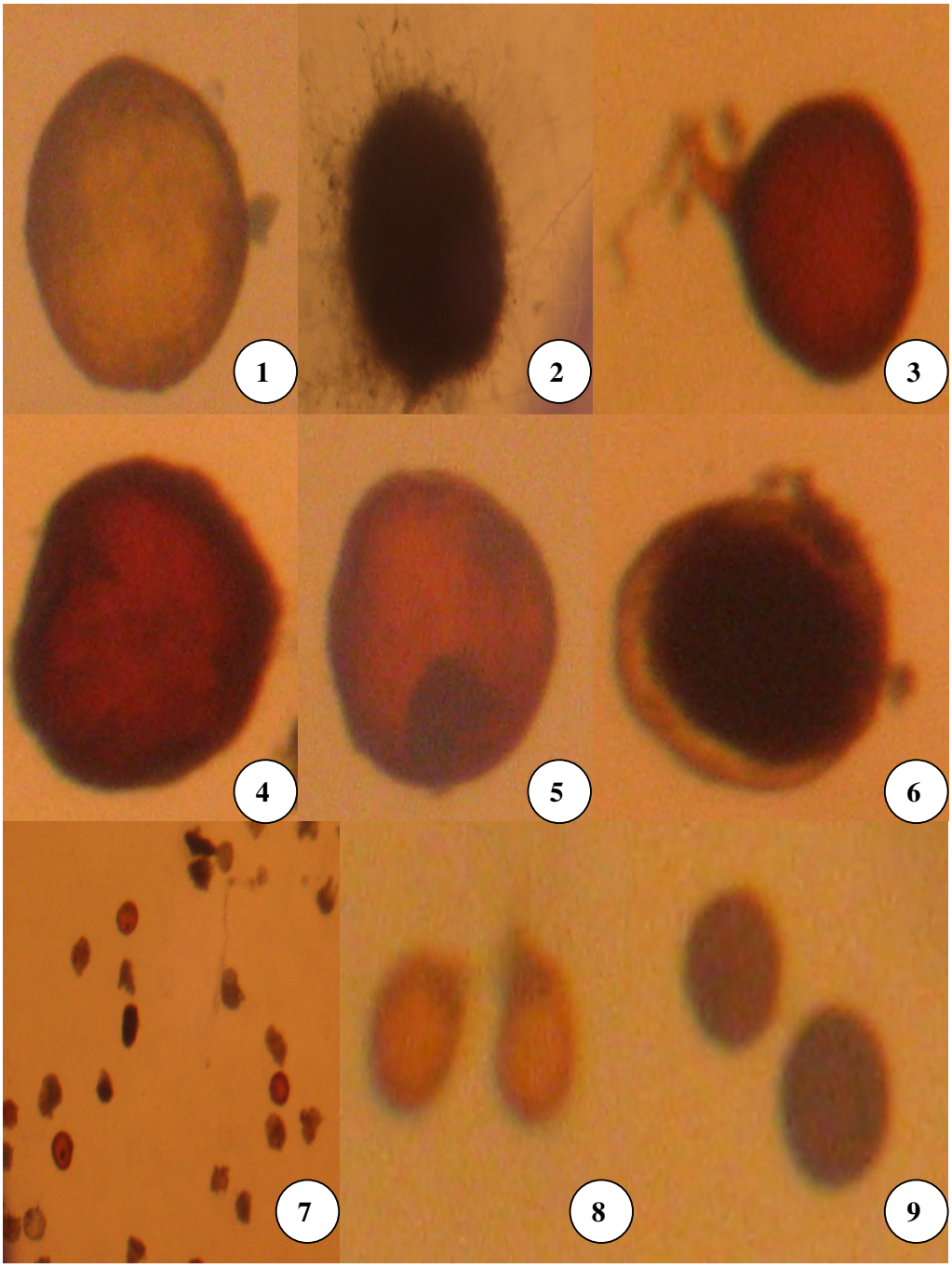
Şekil 4. 10. Kahverengi orman toprak grubunda, soğan bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



Şekil 4. 11. Kırmızımsı kahverengi toprak grubunda, mısır bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



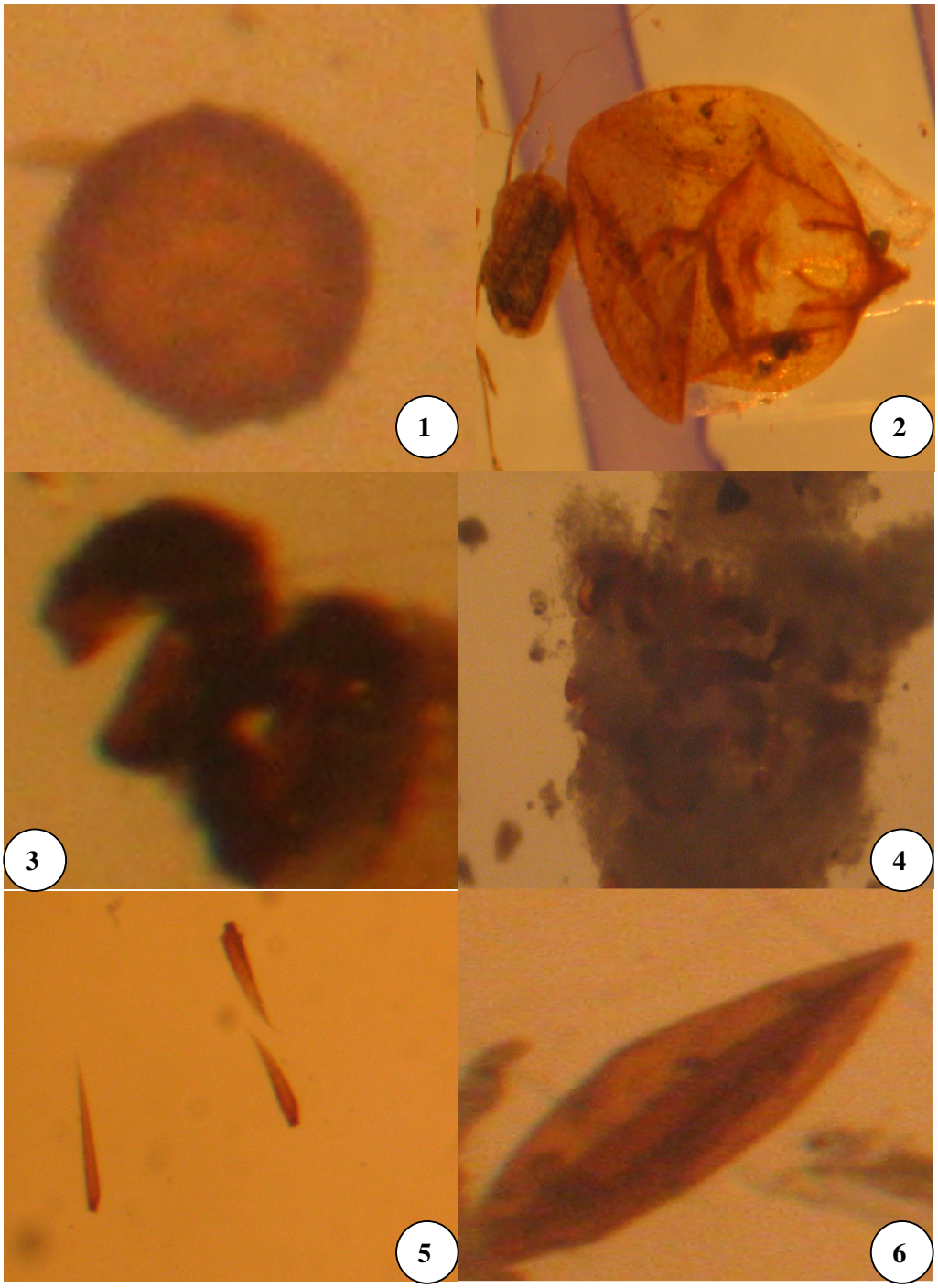
Şekil 4. 12. Tuzlu-alkali toprak grubunda, mısır bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



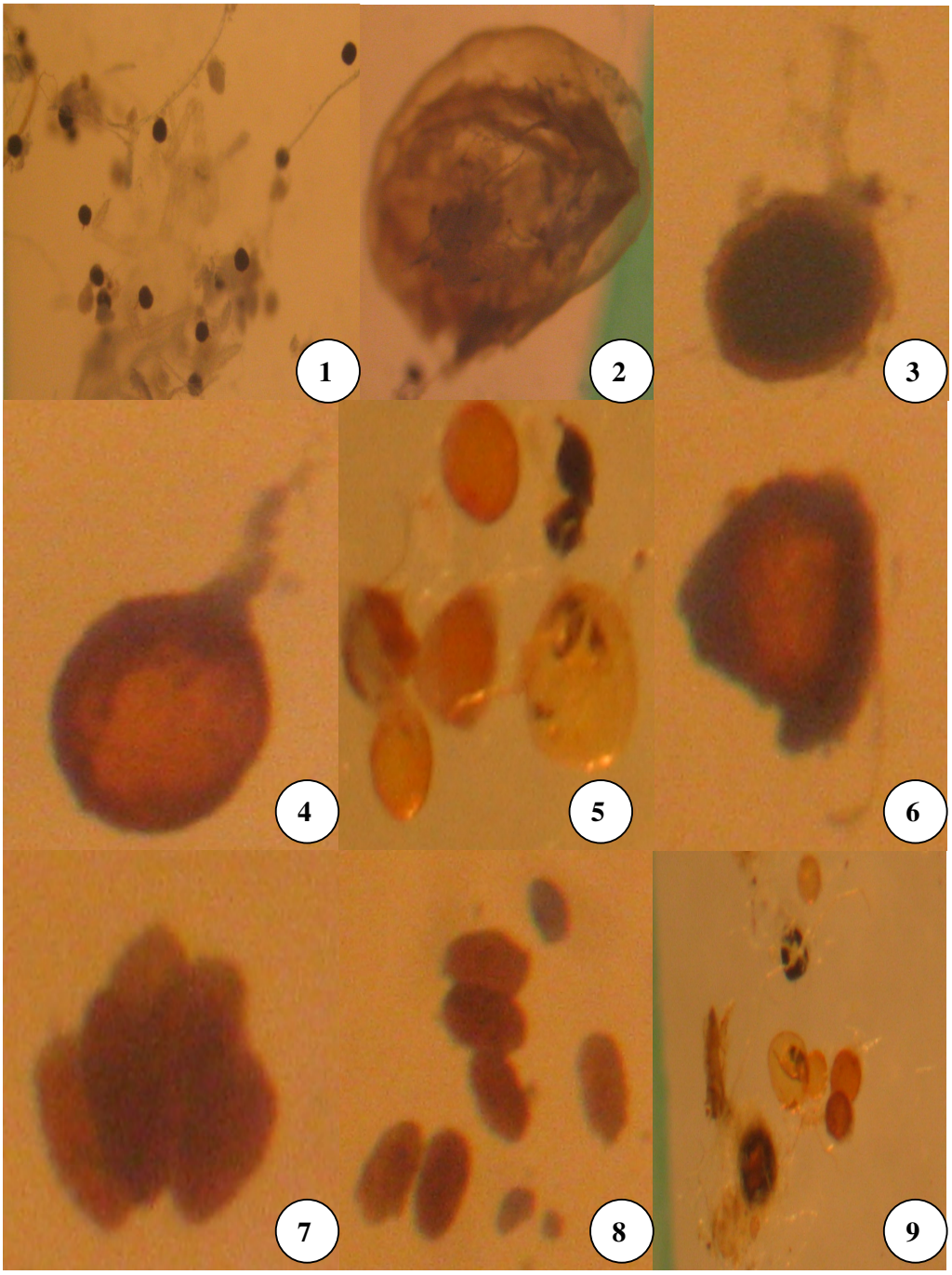
Şekil 4. 13. Kestane renkli toprak grubunda, fasülye bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



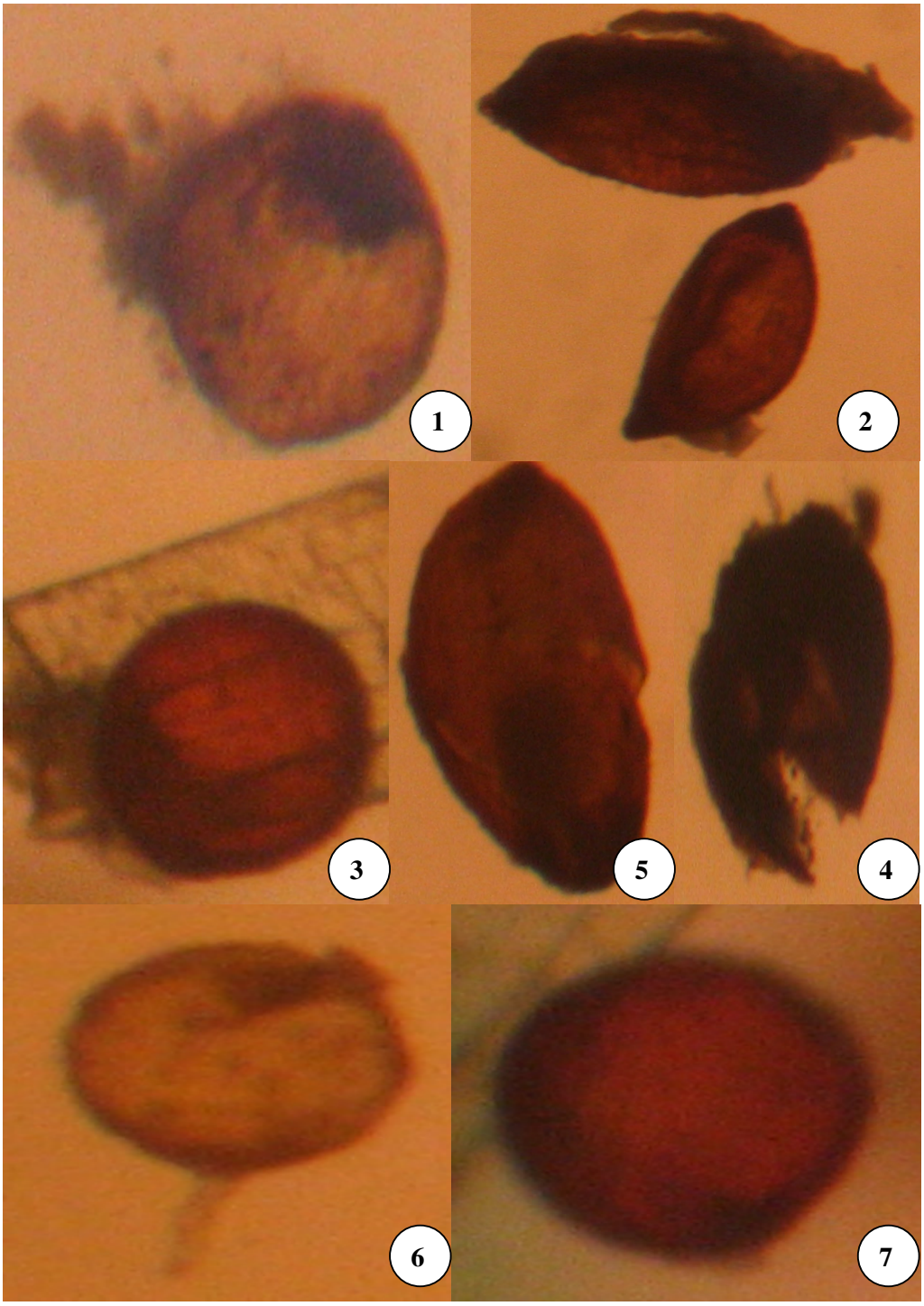
Şekil 4. 14. Sierozem toprak grubunda, nohut bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



Şekil 4. 15. Regosol toprak grubunda, soğan bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



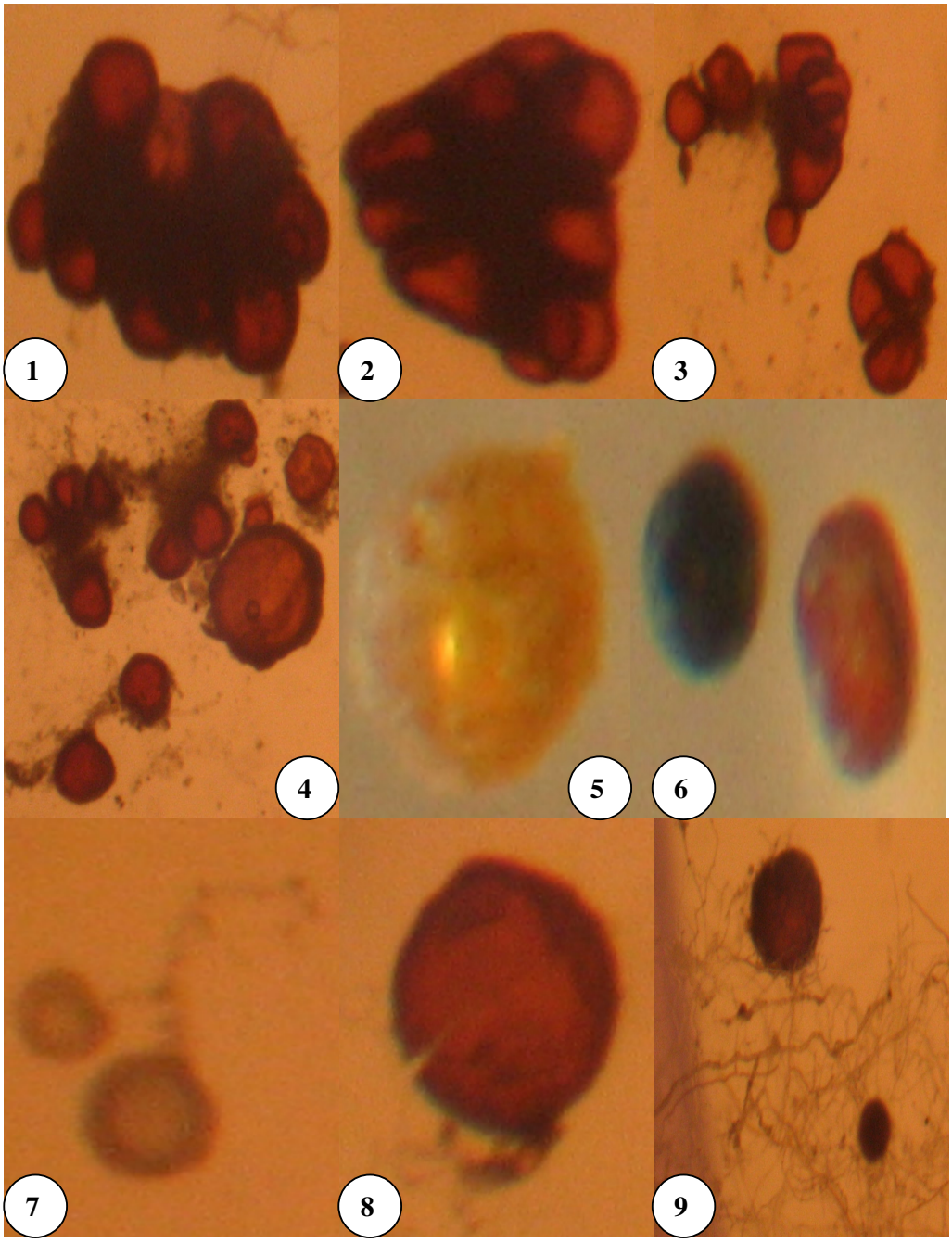
Şekil 4. 16. Hidromorfik allüviyal toprak grubunda, çayır bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



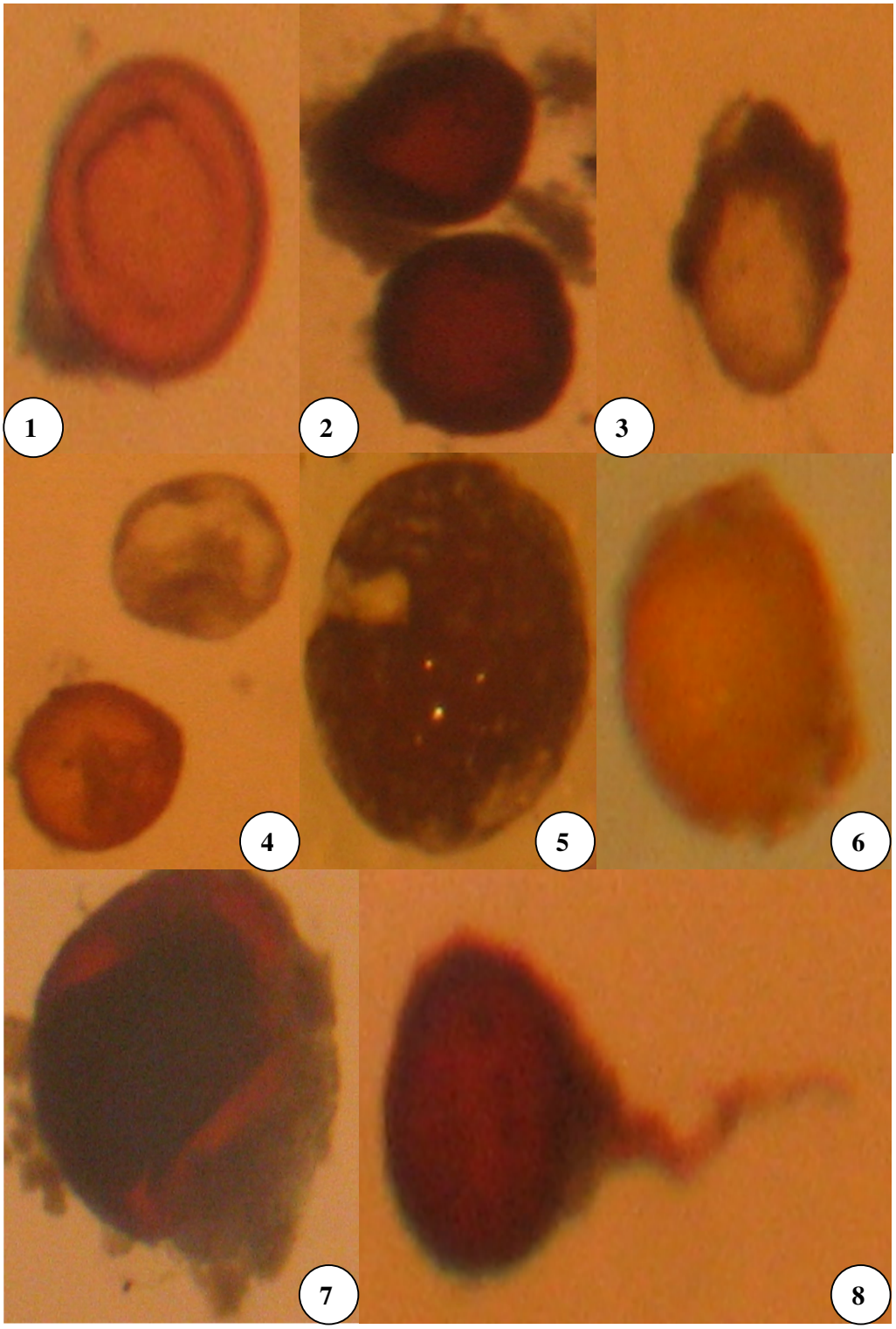
Şekil 4. 17. Kolüvyal toprak grubunda, nohut bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



Şekil 4. 18. Kırmızımsı kestane toprak grubunda, buğday bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



Şekil 4. 19. Kırmızı Akdeniz toprak grubunda, çilek bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).



Şekil 4. 20. Kireçsiz kahverengi toprak grubunda, fasülye bitkisi altından örneklenen topraklardan elde edilen spor şekilleri (Orijinal).

4. 2. Sera Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Arazi çalışmalarından elde edilen verilere dayanarak en yüksek spor sayısı, mikorizal kök infeksiyon oranı ve kök uzunluğu dikkate alınarak belirlenen doğal mikoriza ve 11 değişik mikoriza çeşidi (*G. fasciculatum, G. macrocarpum, G. intraradice, G. etunicatum, G. caledonium, G. clarum, G. fasciculatum, Gig. margarita*, yerli doğal spor, yerli karışık ve yabancı karışık) ile sera koşullarında buğday (Konya 2002) ve mısır (OSSK 602) bitkisi kullanılarak mikoriza spor türlerinin bitki beslenmesinde ve verim unsurlarında etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Deneme toprağının kendi bünyesinden izole edilen sporların saf olmaması nedeni ile diğer yabancı saf kültürlerle verim üzerindeki etkinlikleri kıyaslanmıştır. Bu amaçla, öncelikle en yüksek spor ve infeksiyon yüzdesine sahip büyük toprak grubundan toprak örnekleri alınıp, soğan bitkisinin ekildiği bir ön deneme yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan soğan bitkisi kökleri ile spor sayısı yaklaşık 2 katına çıkan topraklara deneme toprağından izole edilen mikoriza sporları da ilave edilerek (yerli doğal) esas denemede yerli kokteyl mikoriza spor materyali olarak kullanılmıştır. Ayrıca denemede, toprak strüktürünün bozuk, infeksiyon oranının yüksek olması ve en genç aynı zamanda en sağlıklı sporları içermesi nedeni ile tuzlu-alkali büyük toprak grubuna ait olan toprak kullanılmıştır. Bu topraklar büyük toprak grubu haritasında "Tuzlu-alkali" olarak görülmekte olup, üzerinde uzun süredir tarım yapılmış olması nedeni ile tuzluluk ve alkalilik sorunu görülmemiştir. Yani bu toprakların adı "Tuzlu-alkali" olarak görünmekle beraber taşıdığı özellikler itibari ile "hidromorfik allüviyal" toprak grubuna daha yakın özellikler göstermektedir.

İki bitki ve 11 farklı mikoriza türü kullanılarak sera koşullarında yürütülen çalışmanın sonuçları bitkilere göre ayrı ayrı değerlendirilerek sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4. 2. 1. Farklı türdeki mikoriza spor aşılamasının buğday bitkisinin gelişmesi üzerine etkileri

Sera koşullarında yapılan çalışmada, ilk test bitkisi olarak buğday (Konya-2002) bitkisi kullanılmıştır. Buğdayla yürütülen bu çalışmada hasattan sonra bitkinin boyu, dane verimi ve bin dane ağırlığı gibi bazı parametreleri ile yaprak, dane ve sapında makro ve mikro besin elementleri ölçülerek aşılama materyallerinin etkinlikleri araştırılmıştır. Ayrıca, inokulasyon olarak kullanılan sporların etkinlik güçlerini ölçmek için de infeksiyon oranları belirlenmiştir. Kontrol saksılarına ekilen buğday bitkisi, deneme toprağının strüktürünün bozuk olmasından ve steril edilmiş olmasından dolayı yeterli seviyede büyüyemediğinden kontrol grubundan gerekli veri elde edilememiştir. Bu yüzden değerlendirilmeye alınamamıştır.

Uygulanan farklı mikoriza türlerinin buğdayda boy, bin dane ağırlığı, dane verimi ve % infeksiyon oranı ile makro ve mikro besin element içerikleri, üzerine etkileri farklı çıkmış olup bu etkilerin önem seviyeleri de bir birlerinden farklı olmuştur.

4. 2. 1. 1. Farklı mikoriza spor türü uygulamalarının buğday bitkisinin boyu, bin dane ağırlığı, dane verimi ve % mikorizal kök infeksiyonu üzerine etkileri

Sera koşullarında yapılan denemede uygulanan 11 farklı mikoriza spor türünün buğday bitkisinin bazı verim değerleri üzerine etkileri farklı olmuştur. Deneme sonucunda alınan fenolojik gözlem sonuçlarının önem derecesini belirlemek için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4. 9.'da ve bunlara ait Duncan Test sonuçları ise Çizelge 4. 10.'da verilmiştir.

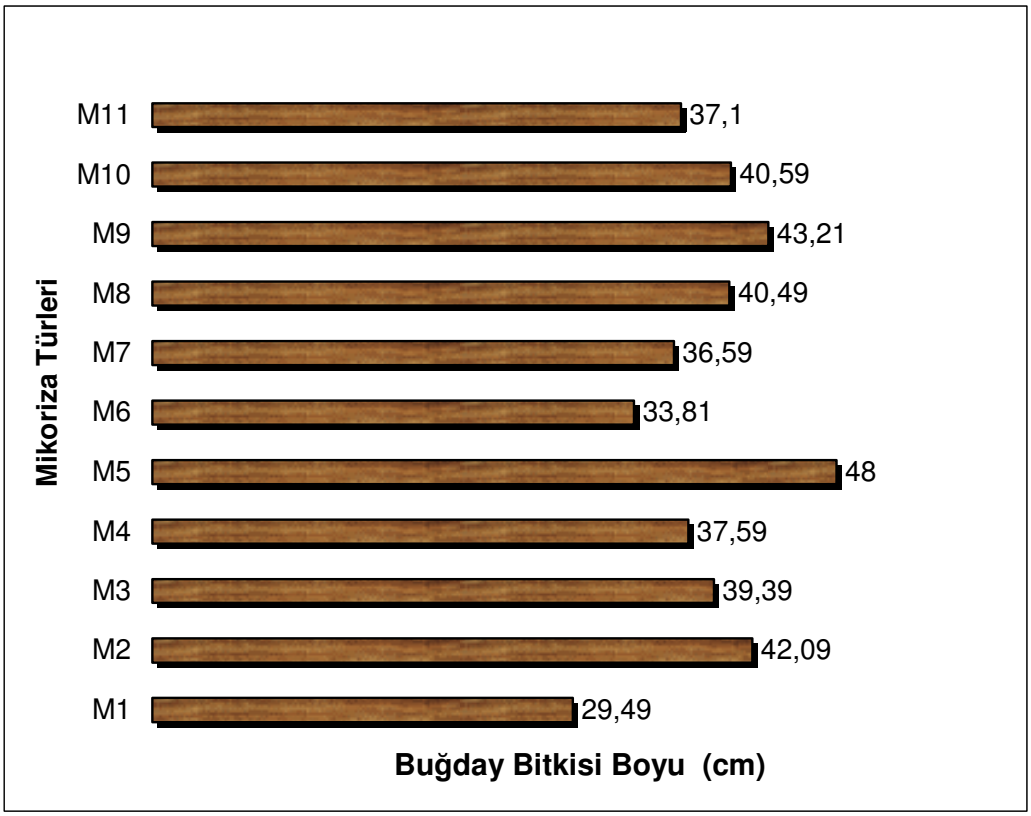
Çizelge 4. 10.'nun incelenmesinden de görüleceği gibi, buğdaya ait bitki boyu en fazla (48 cm) yerli doğal mikoriza sporu uygulamasının bulunduğu saksılardan elde edilirken, buna karşılık en düşük bitki boyu 29.49 cm ile G. *fasciculatum* uygulamasında görülmüştür. Başka bir ifade ile, tuzlu-alkali toprak

grubundan izole edilen ve denemede kullanılan yerli doğal mikoriza sporları diğer mikoriza sporlarına göre daha etkili olmuştur. Bu konuda Smith ve ark. (1979) tarafından yapılan çalışmada, mikoriza spor aşılamasının bitkilerde verim değerlerini önemli bir şekilde artırmış olduğu belirtilmiş olup, bu durum hem mikorizalı köklerin daha fazla besin elementi alması hem de bu sayede bitkisel dokularda besin elementi konsantrasyonunu artırarak kök biomas üretimini önemli bir şekilde yükseltmiş olabileceğine bağlanmıştır.

Denemeye ait farklı mikoriza sporlarının buğday bitkisinin bin dane ağırlığı ve dane verimi üzerine etkilerinin verildiği Çizelge 4. 10.'da görüleceği üzere, bitki boyunda olduğu gibi yerli doğal mikoriza sporları bu parametreler üzerinde de en etkili olurken, *G. fasciculatum* ise mikoriza sporları arasında en az etkili olmuştur. Başka bir ifade ile, en yüksek bin dane ağırlığı ve dane verimi sırasıyla 47.70 g ve 0.82 g/bitki ile yerli doğal mikoriza sporunda, bahsedilen parametreler için en düşük değerler ise (28.91 g ve 0.13 g/bitki) *G. fasciculatum* mikoriza spor türünde elde edilmiştir. Buğday bitkisinin yukarıda adı geçen ölçümleri üzerine yapılan çeşitli mikoriza spor uygulamalarının etkileri arasındaki fark önemli ($P<0.05$) olarak bulunmuştur.

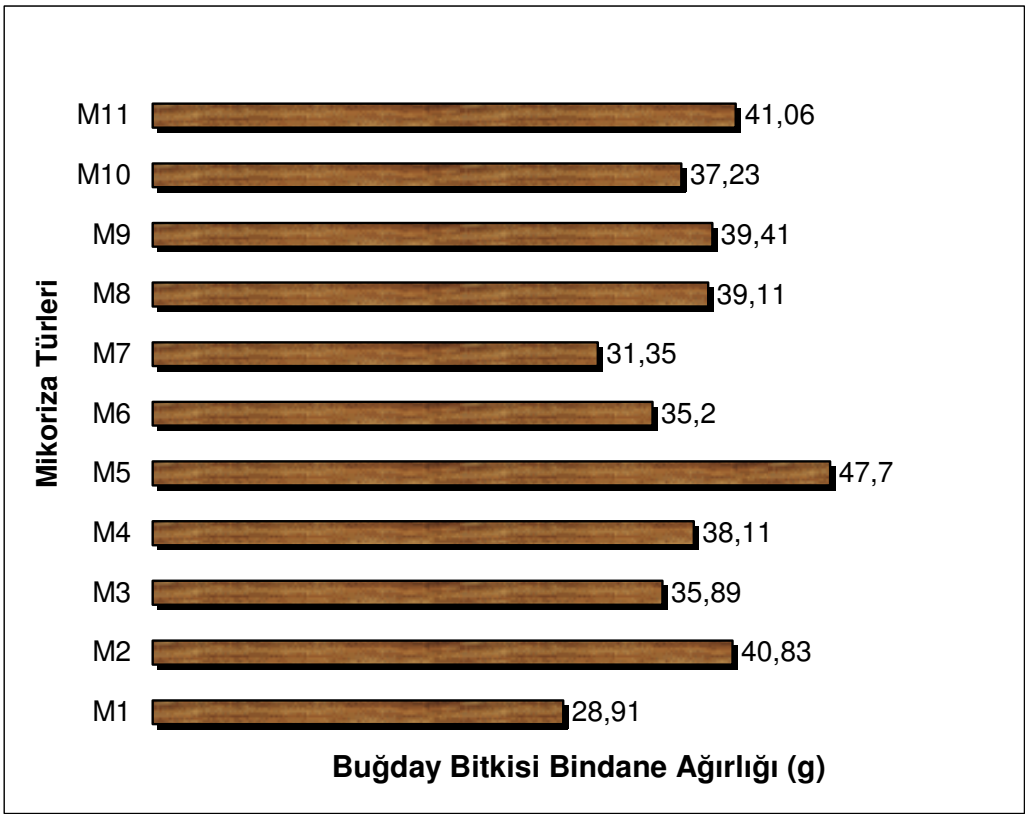
Ayrıca, Çizelge 4. 10. ve Şekil 4. 24.'de görüldüğü gibi, en yüksek kök infeksiyonu (% 28.13) yerli doğal mikoriza spor uygulanmasından elde edilirken, en az kök infeksiyonu ise % 12.50 ile *Gig. margarita* sporu uygulanan saksılardan elde edilmiştir. Diğer taraftan, Ortaş ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada mikorizal mantarlarla sağlanan inokulasyonla turunç bitkisinin büyümesi ve besin elementleri alımının arttığı bildirilmiştir. VA mikoriza mantarları topraktaki besin elementi alımını artırarak bitkinin büyümesini teşvik etmişlerdir.

Buğday bitkisinin boyu, bin dane ağırlığı, dane verimi ve kök infeksiyon oranı üzerine uygulanan farklı mikoriza türlerinin etkilerine ait ilişkiler Şekil 4. 21., 4. 22., 4. 23. ve 4. 24.'de gösterilmiştir.



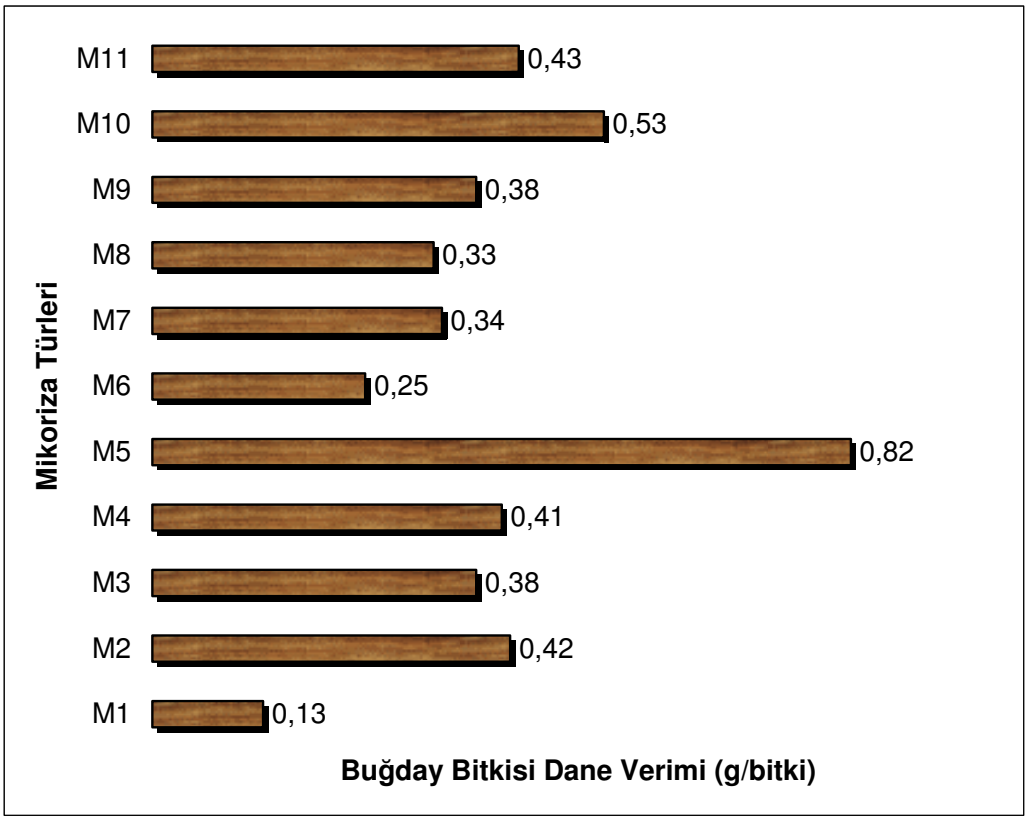
Şekil 4. 21. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin buğday bitkisinin boyu üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu, **M7:** G. Caledonium, **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita



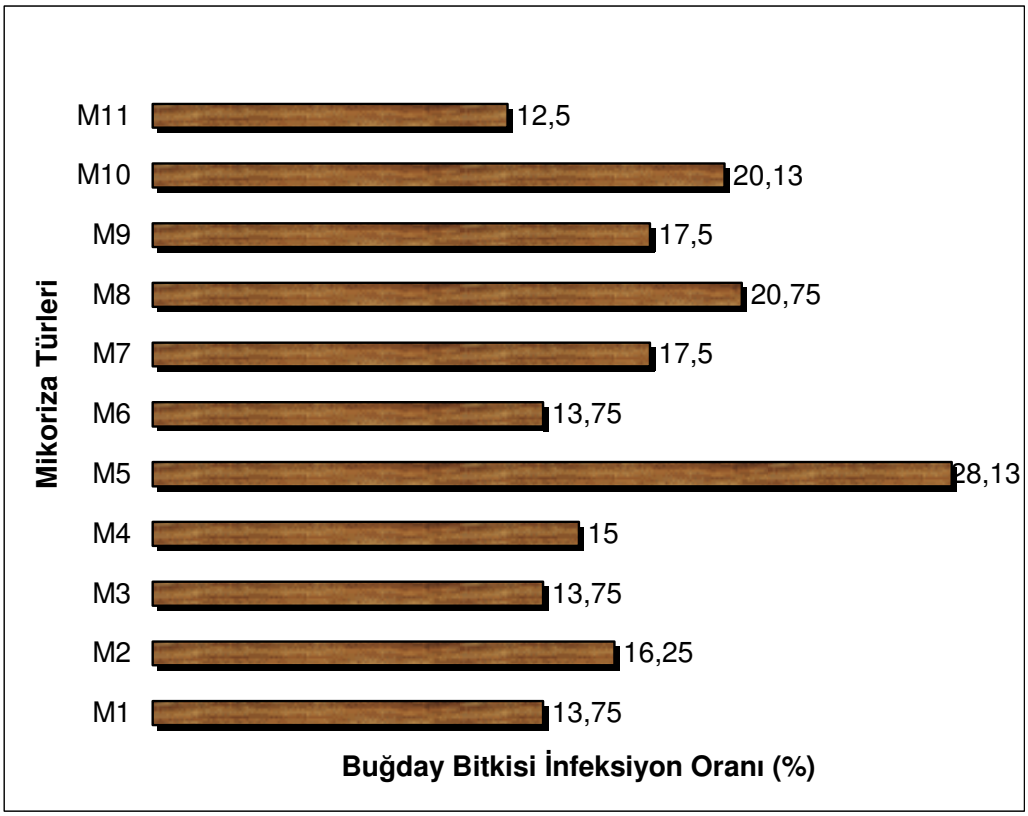
Şekil 4. 22. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin buğday bitkisi bin dane ağırlığı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu, **M7:** G. Caledonium, **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita



Şekil 4. 23. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin buğday bitkisi dane verimi üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu, **M7:** G. Caledonium, **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita



Şekil 4. 24. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin buğday bitkisi infeksiyon oranı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu, **M7:** G. Caledonium, **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita

Çizelge 4. 9. Buğday Bitkisi Boyu, Bindane Ağırlığı ve Dane Verimine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Boy		Bindane ağırlığı		Dane verimi	
		KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	96.8000	1.0E+05 *	101.329	1.2E+05 *	0.120842	174.14 *
Hata	33	0.0010	---	0.001	---	0.000694	---

*p<0.05

Çizelge 4. 10. Farklı Mikoriza Spor Türü Aşılamasının Buğdayda Boy, Bin Dane Ağırlığı, Dane Verimi ve % Mikorizal Kök İnfeksiyonu Üzerine Etkisi ile İlgili Duncan Analiz Sonuçları

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p<0.05$) önemlidir.

Mikoriza Çeşidi	Boy (cm)	Bindane Ağırlığı (g)	Dane verimi (g/bitki)	İnfeksiyon (%)
G. Fasciculatum	29.49 k	28.91 k	0.13 h	13.75
G. Macrocarpum	42.09 c	40.83 c	0.42 cd	16.25
G. Intraradice	39.39 f	35.89 h	0.38 e	13.75
G. Etunicatum	37.59 g	38.11 f	0.41 cde	15.00
Yerli Doğal	48.00 a	47.70 a	0.82 a	28.13
Yabancı Karışık	33.81 j	35.20 ı	0.25 g	13.75
G. Caledonium	36.59 ı	31.35 j	0.34 f	17.50
Yerli Karışık	40.49 e	39.11 e	0.33 f	20.75
G. Mossea	43.21 b	39.41 d	0.38 de	17.50
G. Clarum	40.59 d	37.23 g	0.53 b	20.13
Gig. Margarita	37.10 h	41.06 b	0.43 c	12.50
LSD	0.04535	0.04535	0.03778	23.43

4. 2. 1. 2. Aşılama materyallerinin buğday bitkisinin yaprağındaki makro ve mikro besin elementi alımına etkileri

Buğday bitkisi ve 11 farklı mikoriza spor türü kullanılarak kurulan deneme sonucunda, mikorizaların buğday bitkisinin besin elementi alımı üzerine olan etkinlikleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olup olmadığını belirlemek amacı ile yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4. 11. ve 4. 12.'de, uygulamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığını belirlemek için yapılan Duncan Test sonuçları ve ortalama değerleri ise Çizelge 4. 13.'de verilmiştir. İlgili çizelgeden de anlaşılacağı üzere, farklı aşılama materyalleri kullanılan buğday bitkisi yapraklarındaki belirlenen azot miktarları da kendi arasında farklılıklar göstermiş olup, % 0.40-0.90 arasında değişmiştir. Öte yandan aşılanan mikoriza spor türleri içerisinde buğday bitkisi yaprağının azot kapsamı en fazla *G. intraradice* mikoriza spor türü aşılamasında artmış olup, en düşük miktar yerli doğal spor uygulamasından elde edilmiştir. Bitkinin fosfor kapsamı ise, % 0.21-0.38 arasında değişmektedir. Bitkinin fosfor alımını artırmada en etkili mikoriza aşılaması 15 büyük toprak grubundan izole edilen sporların karışımından harmanlanan (yerli karışık) spor uygulamasından elde edilmiştir (% 0.38). Öte yandan en az fosfor kapsamı % 0.21 ile *G. mossea* mikoriza spor uygulamasından elde edilmiştir. Aynı şekilde buğday bitkisinin yaprağında saptanan K, Ca, Mg ve Na gibi diğer makro elementlerde aşılama materyallerine göre değişiklik göstermektedir ve en yüksek K, Ca, Mg ve Na kapsamı sırasıyla yerli karışık % 2.43, *Gig. Margarita* % 0.72, *G. mossea* % 0.19 ve *G. macrocarpum* % 0.09 olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, yaprağın mikro element kapsamı da önemli derecede etkilenmiş olup, genellikle bitki yaprağındaki konsantrasyonları yeterli düzeydedir. En yüksek demir kapsamı 165.65 ppm ile yerli karışık spor türlerinden elde edilmiştir. Bitkide en yüksek Cu kapsamı 11.62 ppm ile *G. caledonium* aşılamasından elde edilirken, Mn ve Zn kapsamları sırasıyla 36.27 ppm (*Gig. Margarita*) ve 46.40 ppm (*G. mossea*) olarak belirlenmiştir.

Mikoriza aşılaması yapılan bitkilerde ortaya çıkan yüksek verim değerinin infekte olan bitkilerde yüksek çıkmış olması infekte olan bitkilerin diğer bitkilere göre daha fazla fotosentez yaparak, daha fazla inorganik besin elementi adsorbe etmiş olmasına bağlanabilir. Bir çok araştırıcı da yapmış oldukları çalışmalarında benzer sonuçlar elde

etmişlerdir (Allen ve ark. 1981; Cooper 1984; Chulan ve Martin 1992; Aggangan ve Dela Cruz 1991 ve Zajicek ve ark. 1987).

Çizelge 4. 11. Buğday Bitkisi Yapraklarındaki Makro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	0.096497	109.24 *	910451	690.88 *	31253935	6570.13 *	5935918	1.1E+06 *	400741	7.7E+04 *	203708	3.5E+04 *
Hata	33	0.000883	---	1318	---	4757	---	6	---	5	---	6	---

* P<0.05

Çizelge 4. 12. Buğday Bitkisi Yapraklarındaki Mikro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Fe		Cu		Mn		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	4897.65	1062.92 *	19.2829	4987.94 *	192.75	54.51 *	787.73	290.39 *
Hata	22	4.61	---	0.0039	---	3.54	---	2.71	---

* P<0.05

Çizelge 4. 13. Farklı Mikoriza Türü Aşılamasının Buğday Yapraklarındaki Makro ve Mikro Besin Element Kapsamları Üzerine Etkileri ile İlgili Duncan Analiz Sonuçları

Mikoriza Çeşidi	Makro Elementler (%)						Mikro Elementler (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
G. Fasciculatum	0.64 d	0.25 d	1.35 j	0.45 ı	0.12 h	0.04 c	106.32 b	8.31 c	25.77 bc	8.40 f
G. Macrocarpum	0.49 e	0.25 d	1.98 f	0.48 h	0.18 b	0.09 a	62.45 f	5.02 f	17.40 ef	5.46 fg
G. Intraradice	0.90 a	0.30 b	2.05 e	0.29 k	0.09 j	0.03 e	37.36 ı	6.68 e	8.28 g	34.30 c
G. Etunicatum	0.62 d	0.22 g	1.78 h	0.52 f	0.14 e	0.02 ı	26.62 k	3.31 g	28.39 b	3.43 g
Yerli Doğal	0.40 f	0.22 g	2.07 d	0.54 e	0.16 d	0.04 d	33.49 j	6.65 e	16.62 f	6.53 f
Yabancı Karışık	0.79 b	0.26 c	2.18 b	0.37 j	0.10 ı	0.03 f	50.44 h	6.63 e	9.87 g	30.44 d
G. Caledonium	0.84 b	0.24 f	2.05 e	0.48 g	0.14 f	0.01 h	85.90 d	11.62 a	23.63 cd	11.51 e
Yerli Karışık	0.70 c	0.38 a	2.43 a	0.63 b	0.13 g	0.07 b	165.65 a	8.23 d	19.88 ef	39.47 b
G. Mossea	0.82 b	0.21 h	2.12 c	0.59 d	0.19 a	0.03 g	68.40 e	5.03 f	20.55 de	46.40 a
G. Clarum	0.82 b	0.24 e	1.84 g	0.60 c	0.13 g	0.02 j	56.71 g	6.64 e	23.44 cd	6.56 f
Gig. Margarita	0.70 c	0.24 e	1.77 ı	0.72 a	0.18 c	0.02 j	97.28 c	8.33 b	36.27 a	33.58 c
LSD	0.04261	52.06	98.91	3.514	3.207	3.513	3.636	0.08956	3.186	2.788

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p<0.05$) önemlidir.

4. 2. 1. 3. Buğday bitkisi danesinin makro ve mikro besin elementi kapsamı

Araştırmada kullanılan buğday bitkisine 11 farklı mikoriza spor türünün uygulanmasıyla hasattan sonra danede yapılan kimyasal analiz sonucunda elde edilen değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4. 14. ve 4. 15.' de, elde edilen değerlere farklı mikoriza türlerinin etkilerine ait Duncan Analiz test sonuçları ise Çizelge 4. 16.'da verilmiştir.

Araştırmada farklı türde mikoriza sporu aşılamaları buğday danesinin makro ve mikro besin element kapsamı üzerine etkileri de farklı olmuştur. Bu farklılık $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Mikoriza uygulamalarından danenin N kapsamı üzerine en fazla (% 3.82) etkide bulunan mikoriza türü *G. intararadice* olurken, en az etkiyi % 0.47 ile yabancı karışık mikoriza spor türünden elde edilmiştir (Çizelge 4. 16.). Öte yandan aşılanan mikoriza sporlarından *G. intraradice* (% 3.82 a), *G. mossea* (% 3.79 a) ve *G. clarum* (% 3.79 a) aynı grupta yer almışlar ve danenin azot kapsamı üzerine etkileri de aynı olmuştur (Çizelge 4. 16.).

Araştırmada aşılama materyali olarak kullanılan mikoriza sporlarının buğday bitkisinin danesindeki P konsantrasyonu üzerine etkisi önemli derecede farklı ($p<0.05$) çıkmıştır (Çizelge 4. 16). Başka bir ifade ile danenin P kapsamı % 0.20-0.49 (yerli doğal-yerli karışık) arasında değişmiştir. Bununla beraber, danenin K, Ca,Mg ve Na kapsamı bakımından da uygulamalar arasında önemli farklılıklar görülmektedir (Çizelge 4. 16.). En yüksek K, Ca, Mg ve Na miktarları sırasıyla % 2.61-0.41-0.15 ve 0.15 ile yerli doğal spor karışımından elde edilmiştir.

Bitkinin P, K, Ca, Mg ve Na bakımından beslenmesinde, başka bir ifade ile danedeki makro besin element miktarını artırmada P için yerli karışık spor türü etkili olurken, diğerleri (K, Ca, Mg ve Na) için yerli doğal mikoriza spor türü daha etkili olmuştur.

Diğer taraftan Fe, Cu ve Zn'nun danedeki kapsamını artırmada *G. fasciculatum* en etkili olurken, Mn'da yabancı karışık spor türleri daha etkili olmuştur. Danenin mikro element kapsamının artırılmasında uygulanan mikoriza spor türleri arasında önemli ($p<0.05$) farklılık tespit edilmiştir (Çizelge 4. 16.).

VA mikorizanın besin elementlerini alımındaki etkinliği daha çok mikorizanın spor türlerine bağlıdır. Hatta aynı mikoriza mantarının alt türleri

arasında aynı besin elementinin aynı bitki tarafından alınması farklı olarak etkilenmektedir (Bethlenfalvay ve ark. 1989 ve Marschner 1995). Bu durumda kök infeksiyon yüzdesinin de besin elementi alımında tek başına zayıf bir parametre olduğunu göstermektedir. Hif kalınlığı, toplam hif uzunluğu ve birim hif başına alınan besin elementi gibi parametreler çok daha önemli faktörlerdir.

Mikorizalı ve mikorizasız bitkilerin aynı besin kaynağından yararlandıkları düşünülürse, mikoriza hiflerinin P ve diğer bir çok besin elementlerinin alımında ne kadar önemli bir katkısı olduğu ortaya çıkar (Bolan ve ark. 1984 ve Cooper 1984).

VA mikoriza sporlarının bitkiye başta P olmak üzere, diğer birçok besin elementlerini sağlaması kontrollü koşullar ve tarla denemeleriyle ispatlanmıştır (Bolan 1991; Kothari ve ark. 1991; Li ve ark. 1991; Hooker ve Atkinson 1996 ve Ortaş ve ark. 1996). Mikoriza yalnız P'un değil, aynı zamanda N, K, Ca, Zn, Cu, Mn ve Fe'nin bitkilerce alımında etkili olmaktadır (Tinker 1980; Bagyaraj 1984; Ames ve ark. 1983; Smith ve ark. 1985; Stribley 1987; Gnekow ve Marschner 1989; Bolan 1991; Sieverding 1991 ve Marschner 1995).

Mikorizal infeksiyonun bir diğer önemli etkisi de, infekte ettiği bitkinin tohumlarının dolgun olmasını, fosfor ve diğer besin elementlerince zengin olmasını sağlamasıdır (Allsopp ve Stock 1992). Tohum kalitesi ve zenginliği ise bir sonraki dönemde bitkilerin sağlıklı ve daha güvence altına alınmış olmasına yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4. 14. Buğday Bitkisi Danesindeki Makro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	5.74795	3667.13 *	3237902	2.4E+05 *	159929878	1.7E+07 *	4447675	9.3E+05 *	101705	2.1E+04 *	555119	3.5E+05 *
Hata	33	0.00157	---	14	---	10	---	5	---	5	---	2	---

* P<0.05

Çizelge 4. 15. Buğday Bitkisi Danesindeki Mikro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Fe		Cu		Mn		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	1418.16	474.23 *	16.6607	6981.61 *	257.55	86.92 *	542.17	196.33 *
Hata	22	2.99	---	0.0024	---	2.96	---	2.76	

* P<0.05

Çizelge 4. 16. Farklı Mikoriza Türü Aşılamasının Buğday Danelerindeki Makro ve Mikro Besin Element Kapsamları Üzerine Etkileri ile İlgili Duncan Analiz Sonuçları

Mikoriza Çeşidi	Makro Elementler (%)						Mikro Elementler (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
G. Fasciculatum	0.88 f	0.43 e	0.46 ı	0.07 b	0.15 a	0.04 b	93.52 a	11.69 a	30.32 c	52.41 a
G. Macrocarpum	2.79 e	0.31 j	0.42 k	0.05 j	0.11 h	0.01 ı	16.55 h	6.69 b	13.48 f	8.62 e
G. Intraradice	3.82 a	0.41 f	0.50 h	0.06 h	0.11 h	0.02 h	42.66 b	5.02 c	38.34 a	36.40 b
G. Etunicatum	3.57 c	0.47 b	0.55 e	0.06 e	0.12 e	0.03 g	24.43 g	6.69 b	28.46 c	18.53 d
Yerli Doğal	3.56 c	0.20 k	2.61 a	0.41 a	0.15 a	0.15 a	40.44 bc	5.03 c	29.35 c	25.32 c
Yabancı Karışık	0.47 g	0.36 g	0.58 c	0.07 c	0.12 f	0.03 f	36.43 de	3.32 d	40.46 a	36.71 b
G. Caledonium	3.73 b	0.46 d	0.56 d	0.06 f	0.13 d	0.03 d	32.65 f	6.69 b	23.34 d	25.40 c
Yerli Karışık	2.89 d	0.49 a	0.59 b	0.07 c	0.14 b	0.04 b	39.30 cd	6.69 b	31.45 c	25.50 c
G. Mossea	3.79 a	0.35 h	0.54 f	0.06 g	0.11g	0.03 e	34.59 ef	6.66 b	34.59 b	23.42 c
G. Clarum	3.79 a	0.47 c	0.53 g	0.07 d	0.13 c	0.04 c	12.68 ı	6.70 b	12.71 f	8.62 e
Gig. Margarita	3.59 c	0.32 ı	0.45 j	0.05 ı	0.11 ı	0.02 h	19.42 h	6.67 b	19.61 e	10.56 e
LSD	0.05682	52.06	4.535	3.207	3.207	2.028	2.928	0.07026	2.913	2.813

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p<0.05$) önemlidir.

4. 2. 1. 4. Buğday sapının makro ve mikro besin elementi kapsamı

Sera koşullarında saksı denemesi olarak yürütülen çalışma sonucunda, hasattan sonra buğday sapında yapılan analizlerde deneme materyalinin makro ve mikro element kapsamı saptanmıştır. Çizelge 4. 17 ve 4. 18'in incelenmesinden de görülebileceği gibi uygulanan farklı mikoriza spor türlerinin buğday bitkisi sapındaki makro ve mikro besin element değerleri üzerindeki etkisi önemli ($p<0.05$) çıkmış olup, bu etkiye ait Duncan Testi sonuçları ve ortalama değerleri Çizelge 4. 19.'da verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, aşılama materyallerinin (mikoriza sporları) test bitkisinin önemli ölçüde N ve K kaldırdığı belirlenirken, P, Ca, Mg ve Na alımında etkili olmadıkları belirlenmiştir (Çizelge 4. 19). Bu durum, adı geçen besin elementlerinin mikoriza hiflerince daha az taşındığının bir göstergesi olmasına bağlanabilir.

Çizelge 4. 19.'da bitki sapındaki N miktarı % 0.59-1.59 arasında değişirken P kapsamı genellikle düşük olup, kritik değer olan % 0.20''nin altında olduğu belirlenmiştir. Bu da, bitki sapındaki P ve diğer makro-mikro elementlerin kök ve daneye taşınmış olabileceğini göstermektedir. Ayrıca yeşil aksamdaki besin element içeriğinin diğer aksamlardan daha düşük olması adı geçen besin elementlerinin noksanlık durumundaki bazı adaptasyon mekanizmalarını harekete geçirmiş olmasına bağlanabilir.

Bitki sapındaki K konsantrasyonu genellikle yeterli konumda olup, % 0.22-3.01 arasında değişmiştir. Etkinlik bakımından mikoriza sporları karşılaştırıldığı zaman en etkili mikorizanın *G. intraradice* olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, Ca, Mg ve Na'un bitki sapındaki miktarları genellikle kritik konsantrasyonun altında belirlenmiştir (Çizelge 4. 19.).

Aşılama materyalleri olarak kullanılan mikoriza sporlarının buğday sapının Fe, Zn, Cu ve Mn kapsamları üzerine etkileri farklı ve önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Başka bir ifade ile, mikoriza uygulamaları kendi aralarında karşılaştırıldığı zaman en yüksek etki Fe'de *G. clarum*, Cu'da yabancı karışık, Mn'da *G. etunicatum* ve Zn'da ise *Gig. margarita* spor türleri daha etkili olmuştur. En az Fe, Cu, Zn ve Mn kapsamları ise sırasıyla 19.45 ppm ile *G. fasciculatum*, 0.90 ppm ile yerli doğal,

17.81 ppm ile *G. macrocarpum* ve 8.49 ppm ile yine *G. fasciculatum* spor türlerinden elde edilmiştir.

Çizelge 4. 17. Buğday Bitkisi Sapındaki Makro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		N		P		K		Ca		Mg		Na	
Varyans Kaynakları	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	0.40042	381.91 *	275456	1.2E+05 *	210222870	1.8E+08 *	1049594	1.8E+05 *	140457	2.2E+04*	8498986	1.2E+06 *
Hata	33	0.00105	---	2	---	1	---	6	---	6	---	7	---

* P<0.05

Çizelge 4. 18. Buğday Bitkisi Sapındaki Mikro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Fe		Cu		Mn		Zn	
Varyans Kaynakları	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	10	234.86	78.84 *	17.8787	1.4E+04 *	273.87	92.32 *	639.56	240.37 *
Hata	22	2.98	---	0.0013	---	2.97		2.66	---

* P<0.05

Çizelge 4. 19. Farklı Mikoriza Türü Aşılamasının Buğday Sapındaki Makro ve Mikro Besin Element Kapsamları Üzerine Etkileri ile İlgili Duncan Analiz Sonuçları

Mikoriza Çeşidi	Makro Elementler (%)						Mikro Elementler (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
G. Fasciculatum	1.10 c	0.18 a	1.73 j	0.41 c	0.13 d	0.38 d	19.45 d	6.61 b	31.63 bc	8.49 g
G. Macrocarpum	0.59 h	0.15 e	2.59 b	0.31 ı	0.13 c	0.45 a	28.54 c	3.34 d	17.81 f	45.90 b
G. Intraradice	1.49 b	0.13 h	3.01 a	0.27 k	0.09 k	0.43 b	20.65 d	3.31 d	21.51 e	28.41 e
G. Etunicatum	0.81 f	0.11 j	2.19 h	0.37 d	0.13 e	0.11 j	32.57 b	5.00 c	45.47 a	37.67 d
Yerli Doğal	1.05 e	0.15 g	2.46 e	0.29 j	0.10 ı	0.13 h	22.40 d	0.90 f	18.66 ef	22.64 f
Yabancı Karışık	1.59 a	0.18 b	2.19 ı	0.34 f	0.09 j	0.11 k	40.39 a	8.30 a	29.52 cd	36.31 d
G. Caledonium	0.69 g	0.11 k	2.50 d	0.32 g	0.11 h	0.21 f	20.39 d	3.34 d	26.63 dj	11.26 g
G. Yerli Karışık	0.78 f	0.16 c	2.51 c	0.41 b	0.12 g	0.35 e	20.56 d	5.01 c	19.38 ef	24.60 f
G. Mossea	0.80 f	0.15 f	2.26 g	0.31 h	0.14 b	0.42 c	29.57 c	3.32 d	32.69 b	10.51 g
G. Clarum	1.06 de	0.11 ı	0.22 k	0.34 e	0.13 f	0.11 ı	41.66 a	1.66 e	34.25 b	41.58 c
Gig. Margarita	1.09 cd	0.16 d	2.36 f	0.43 a	0.14 a	0.16 g	40.41 a	3.30 d	43.40 a	49.58 a
LSD	0.04647	2.028	1.434	3.513	3.513	3.794	2.923	0.05171	2.918	2.762

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p<0.05$) önemlidir.

4. 2. 1. 5. Buğday bitkisinde araştırılan tüm parametrelerin artış ve azalışlarında etkili olan spor türleri

Tez çalışmasının serada yürütülen kısmında buğday bitkisine 11 farklı mikoriza türü aşılanarak yapılan deneme sonunda hasat edilen bitkilerde araştırılan çeşitli parametrelerdeki (boy uzunluğu, bin dane ağırlığı, dane verimi, kök infeksiyon oranı, yaprak-dane ve sapta makro ve mikro besin element kapsamları) en yüksek ve en düşük değerlerde hangi spor türü uygulamasının etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 20 ve 4. 21 ve Şekil 4. 25).

Mikoriza sporlarının yapısı, bitkilerdeki infeksiyon şekilleri ile kök içindeki morfolojik ve fizyolojik yapıları itibari ile taksonomik yönden büyük farklılıklar göstermektedirler. Ortaya çıkan bu farklılıklar da, bitkilerin beslenmeleri yönünden farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Bagyaraj 1991 ve Sieverding 1991). Nitekim, Bethlenfalvay ve ark. (1989) ile Marschner (1995)'de VA mikorizanın besin elementleri alımındaki etkinliğini daha çok mikoriza türlerine bağlamış olup, aynı tür mikoriza mantarının alt türleri arasında bile besin elementlerinin aynı bitki tarafından alımının farklı düzeylerde olabileceğini rapor etmişlerdir.

Ölçülen parametrelerden buğday bitkisi boy, bin dane ağırlığı, dane verimi ve mikorizal infeksiyon oranlarında en yüksek değerin elde edildiği mikoriza spor türü yerli doğal olurken, bahsi geçen parametrelerde en düşük değerlerin elde edildiği spor türü ise *G. fasciculatum* olmuştur. Diğer taraftan, genel itibari ile bitki yaprağındaki en yüksek makro ve mikro besin element değerlerinin elde edildiği spor türü yerli karışık olmuş, onu *Gig. margarita* ve *G. mossea* sporları izlemiştir (yerli karışık>*Gig. margarita*=*G. mosssea*). Bunun yanı sıra, bitki yaprağında en düşük makro ve mikro besin element değerlerinin elde edildiği spor türleri ise *G. intraradice* ve *G. etunicatum (G. intraradice*=*G. intraradice)* olarak belirlenmiştir. Makro ve mikro besin elementlerinin buğday bitkisi danesindeki en yüksek değerlerinin elde edildiği sporlar *G. fasciculatum* ve yerli doğal (*G. fasciculatum*=yerli doğal) mikoriza spor türleri olmuştur. En düşük değerlerin elde edildiği rakamlardaki spor türleri ise *G. macrocarpum*, *G. clarum*, *Gig. margarita* ve

yabancı karışık (*G. macrocarpum*>*G. clarum*>*Gig. margarita*=yabancı karışık) olmuştur. Yine makro ve mikro besin elementlerinin buğday sapında elde edilen en düşük ve en yüksek değerlerdeki adı geçen spor türleri incelenecek olursa, en yüksek değerlerde *Gig. margarita* ve yabancı karışık (*Gig. margarita*>yabancı karışık) sporlarının olduğu, en düşük değerler üzerinde ise *G. clarum*, *G. intraradice*, *G. etunicatum*, yabancı karışık, *G. macrocarpum* ve *G. fasciculatum* (*G. clarum*>*G. intraradice*=*G. etunicatum*=yabancı karışık=*G. macrocarpum*=*G. fasciculatum*) mikoriza spor türleri etkili olmuştur (Çizelge 4. 21. ve Şekil 4. 25).

Çizelge 4. 20. Buğday Bitkisi Boy, Bin Dane Ağırlığı, Dane Verimi ve Mikorizal Kök İnfeksiyon Ölçümlerinde Elde Edilen En Yüksek ve En Düşük Değerler Üzerinde Etkili Olan Mikoriza Spor Türleri.

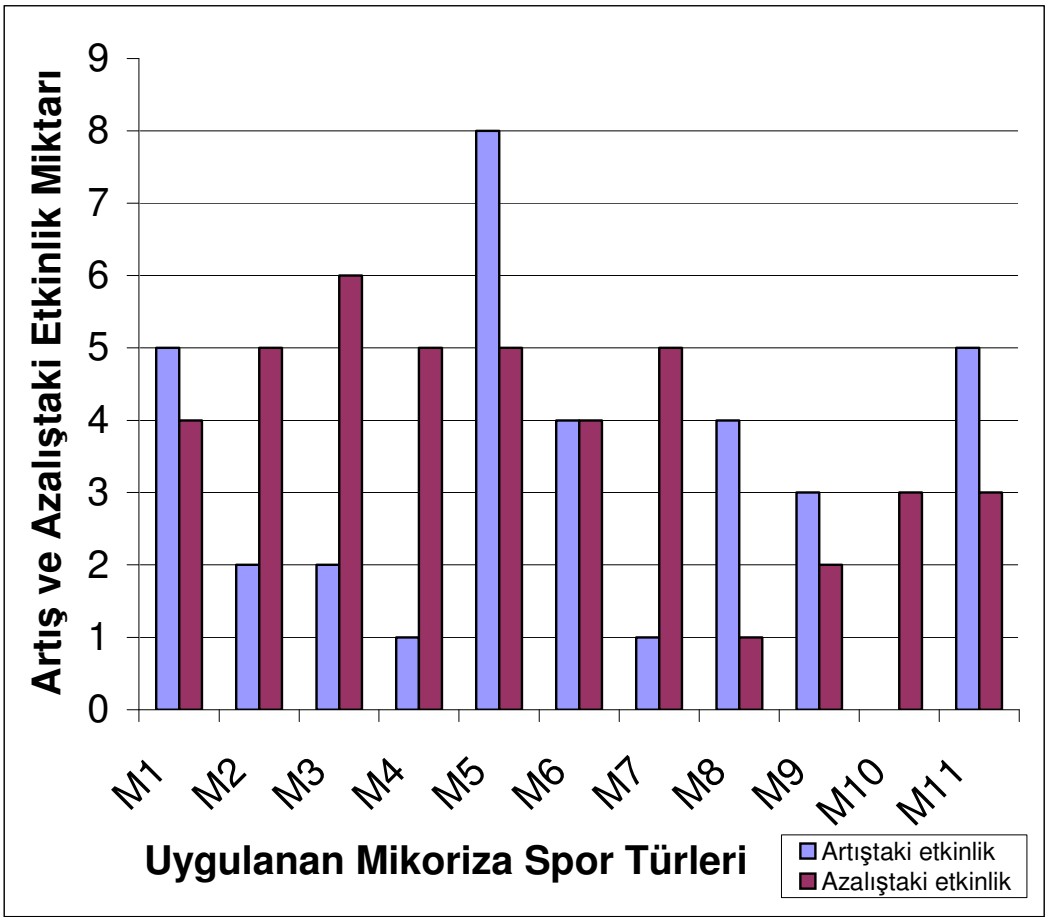
Ölçülen Parametreler	Max Değer	Spor türü	Min. Değer	Spor Türü
Boy (cm)	48.00	**5**	29.49	**1**
Bin dane ağırlığı (g)	47.70	**5**	28.91	**1**
Dane verimi (g/bitki)	0.82	**5**	0.13	**1**
İnfeksiyon (%)	28.13	**5**	12.50	**11**

Çizelge 4. 21. Buğday Bitkisi Yaprak, Dane ve Saplarında Ölçülen Parametrelerde Elde Edilen En Yüksek ve En Düşük Değerler Üzerinde Etkili Olan Mikoriza Spor Türleri.

Ölçülen Parametreler	Yaprak				Dane				Sap			
	Max Değer	Spor Türü	Min. Değer	Spor Türü	Max Değer	Spor Türü	Min Değer	Spor Türü	Max Değer	Spor Türü	Min Değer	Spor Türü
N (%)	0.90	**3**	0.40	**5**	3.82	**3**	0.47	**6**	1.59	**6**	0.59	**2**
P (%)	0.38	**8**	0.21	**9**	0.49	**8**	0.20	**5**	0.18	**1+6**	0.11	**4+7+10**
K (%)	2.43	**8**	1.35	**1**	2.61	**5**	0.42	**2**	3.01	**3**	0.22	**10**
Ca (%)	0.72	**11**	0.29	**3**	0.41	**5**	0.05	**2+11**	0.43	**11**	0.27	**3**
Mg (%)	0.19	**9**	0.09	**3**	0.15	**1+5**	0.11	**2+3+9+11**	0.14	**9+11**	0.09	**3+6**
Na (%)	0.09	**2**	0.01	**7**	0.15	**5**	0.01	**2**	0.45	**2**	0.11	**4+6+10**
Fe (ppm)	165.65	**8**	26.62	**4**	93.52	**1**	12.68	**10**	41.66	**10**	19.45	**1**
Cu (ppm)	11.62	**7**	3.31	**4**	11.69	**1**	3.32	**6**	8.30	**6**	0.90	**5**
Mn (ppm)	36.27	**11**	8.28	**3**	40.46	**6**	12.71	**10**	45.47	**4**	17.81	**2**
Zn (ppm)	46.40	**9**	3.43	**4**	52.41	**1**	8.62	**2+10**	49.58	**11**	8.49	**1**

1: G. fasciculatum, **2:** G. macrocarpum, **3:** G. intraradice, **4:** G. etunicatum, **5:** Yerli Doğal, **6:** Yabancı Karışık, **7:** G. caledonium

8: Yerli Karışık, **9:** G. mossea, **10:** G. clarum, **11:** Gig. margarita



Şekil 4. 25. Buğday bitkisinin bakılan tüm parametrelerinde en yüksek ve en düşük değerlerin elde edilmesinde etkili olan mikoriza spor türlerinin etkinlik dereceleri.

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Kokteyl Mikoriza Sporu, **M7:** G. Caledonium, **M8:** Yerli Kokteyl Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita

4. 2. 2. Farklı türdeki mikoriza spor aşılamasının mısır bitkisinin gelişmesi üzerine etkileri

Sera koşullarında 2. test bitkisi olarak mısır bitkisi (OSSK 602) kullanılarak yapılan araştırma sonucunda , bitkinin üst aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıkları ile infeksiyon oranları belirlenmiştir. Ayrıca, hasattan sonra bitkinin kök ve kök üstü aksamında makro ve mikro besin element kapsamı belirlenmiştir. Aşılama materyali olarak kullanılan 11 farklı mikoriza spor türünün aktivitesini belirlemek içinde, belirli periyotlarda bitki köklerinden örnekler alınarak bitkinin % mikorizal infeksiyon oranları belirlenmiştir.

Uygulanan farklı mikoriza türlerinin mısır kök ve yapraklarındaki makro ve mikro besin element içerikleri, kök ve kök üstü aksamlarının yaş ve kuru ağırlık kapsamları ile % infeksiyon oranı üzerine etkileri farklı çıkmış olup bu etkilerin önem seviyeleri de bir birlerinden farklı olmuştur.

4. 2. 2. 1. Farklı türdeki mikoriza spor aşılamasının mısır bitkisinin üst-kök aksamının yaş ve kuru ağırlık kapsamları ile % mikorizal kök infeksiyonu üzerine etkisi

Mısır bitkisine uygulanan 11 farklı mikoriza türünün bitkiye ait kök ve kök üstü aksamının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri farklı olmuş ve uygulamalar arasında ortaya çıkan bu farklılık ta istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) seviyede bulunmuştur (Çizelge 4. 22. , 4. 23 ve Şekil 4. 26., 4. 27., 4. 28. ve 4. 29).

Deneme bitkisinin üst aksam yaş ağırlığı üzerine aşılaması yapılan mikoriza sporlarının etkileri karşılaştırıldığında en yüksek yaş ağırlık 17.95 gramla *G. etunicatum* uygulamasında elde edilirken, en düşük yaş ağırlık ise 0.50 gramla *G. fasciculatum* aşılamasıyla elde edilmiştir. Benzer şekilde üst aksam kuru ağırlığındaki da en yüksek değerde (3 22 g) yine *G. etunicatum*, en düşük değerde (0.10 g) ise *G. fasciculatum* mikoriza spor türü etkili olmuştur (Çizelge 4. 23). Başka

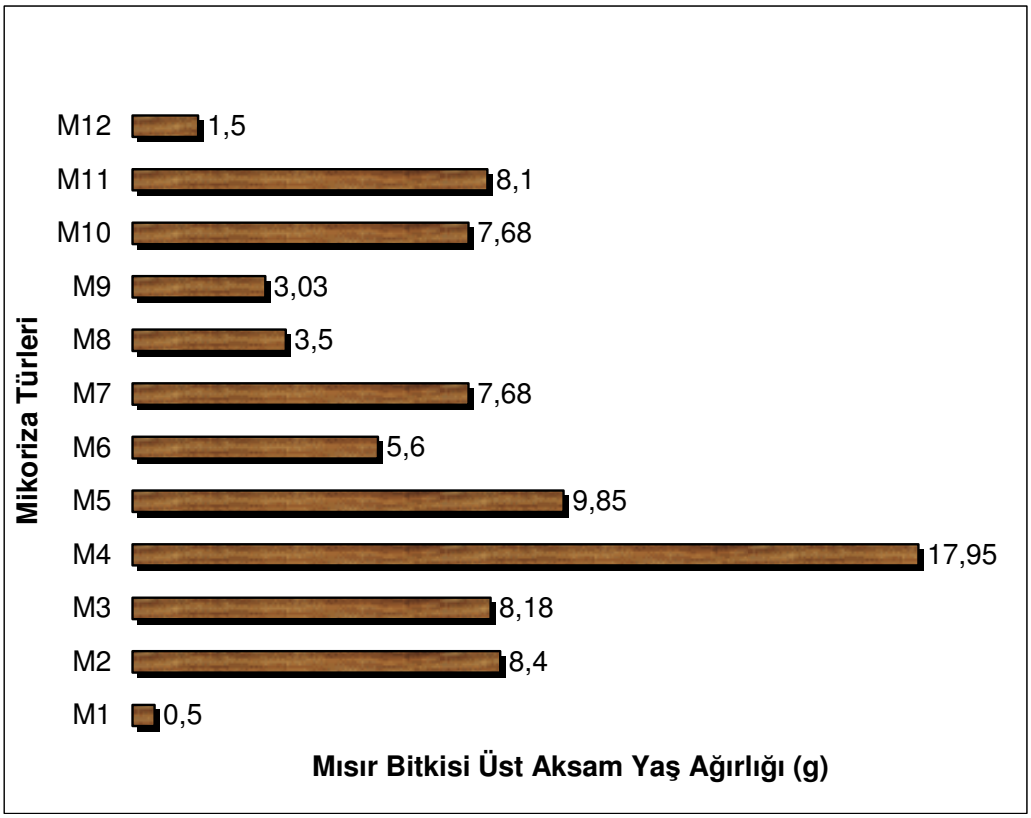
bir ifade ile, üst aksam yaş ağırlığının artırılmasında en fazla etkiyi *G. etunicatum* sporları göstermiştir.

Diğer taraftan, deneme sonucunda test bitkisi kök aksamının yaş ve kuru ağırlıkları ile mikoriza sporlarının etkinlikleri belirlenmiştir. Çizelge 4. 23.'de görüldüğü gibi, mısır bitkisi kök yaş ağırlığı 3.63-0.10 g ve kök kuru ağırlığı ise 0.03-1.76 g arasında değişmiştir. Kök aksamı ağırlık kapsamlarında (yaş ve kuru) en yüksek değerler yine kök üstü aksamda olduğu gibi *G. etunicatum*, en düşük değerler ise *G. fasciculatum* sporlarının aşılandığı saksılardan elde edilmiştir. Farklı spor uygulamalarından genellikle *G. fasciculatum* spor uygulaması hariç diğer sporların hepsi kontrol uygulamasına göre mısır üst ve kök aksamındaki yaş-kuru ağırlık kapsamı üzerinde önemli ($p<0.05$) artışlar sağlamışlardır (Çizelge 4. 23). Benzer şekilde, Ortaş ve ark. 1999 ve Akpınar (2004) mısır bitkisine farklı mikoriza spor türü aşılaması yaparak çalıştıkları araştırmalarında *G. etunicatum* mikoriza spor türünün en yüksek spor sayısı artışını sağlayarak, aşılama yapıldığı bitkide de (mısır) en yüksek kök ve kök üstü ağırlığını elde ettiklerini kaydetmişlerdir.

Mikorizal kök infeksiyonunu artırmada ise *Gig. margarita* spor türü hariç, diğerleri mikoriza sporu aşılanmayan (kontrol) örneklere göre önemli artışlar sağlamışlardır ve mısır bitkisinin kök infeksiyon değeri % 9.50 (*Gig. margarita*) ile % 45.75 (*G. caledonium*) arasında değişmiştir (Çizelge 4. 23. ve Şekil 4. 30).

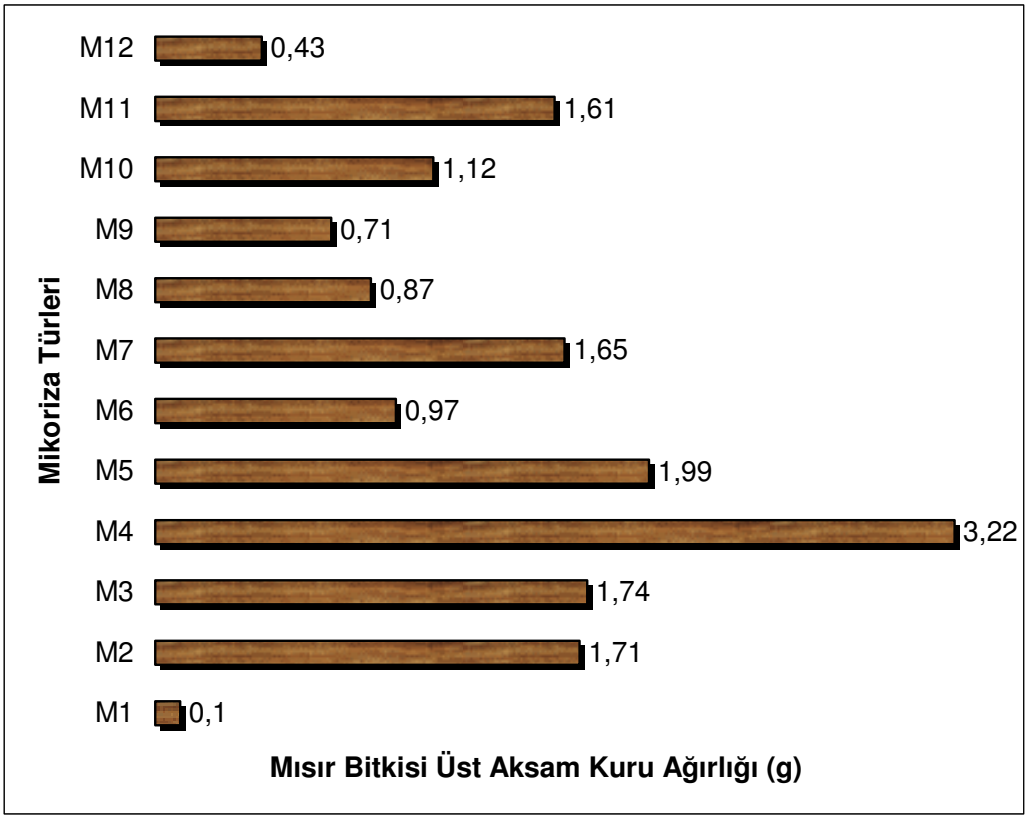
Nitekim, çeşitli araştırmacılar tarafından içerisinde mısır bitkisinin de olduğu pek çok farklı bitki çeşidinin kullanılarak mikoriza spor aşılamasına yönelik olarak yapılan çalışmalarda, mikoriza sporları ile aşılamanın bitkilerdeki kök ve kök üstü aksamlarında ağırlık artışına neden olduğu kaydedilmiştir (Azcon ve ark. 1976; Gür 1976; Bagyaraj ve Sreeramulu 1982; Manjunath ve Habte 1988; Faber ve ark. 1990 ve Lambert ve Weidensual 1990).

Bu durum, hem mikorizalı köklerin daha fazla besin elementi alması, hem de dolayısıyla bitkisel dokularda besin elementi konsantrasyonunu artırarak kök biomas üretimini önemli bir şekilde yükselttiğine bağlanabilir (Smith ve ark. 1979).



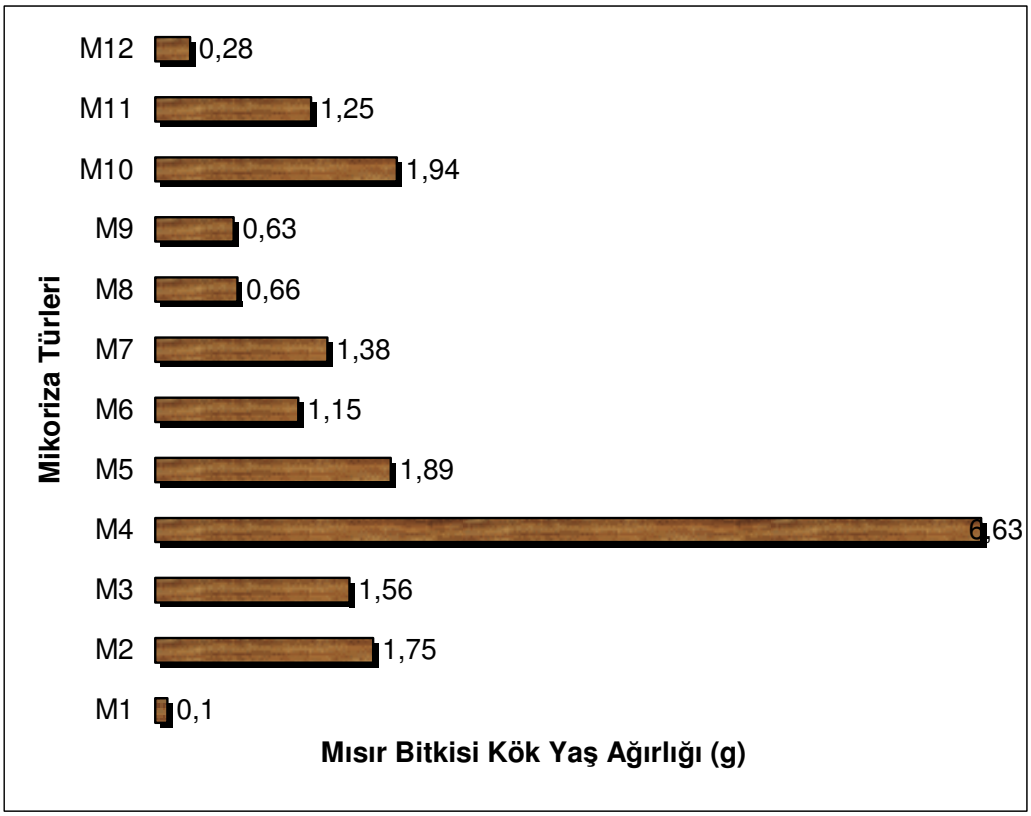
Şekil 4. 26. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin mısır bitkisi üst aksamının yaş ağırlığı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu **M7:** G. Caledonium **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita, **M12:** Kontrol



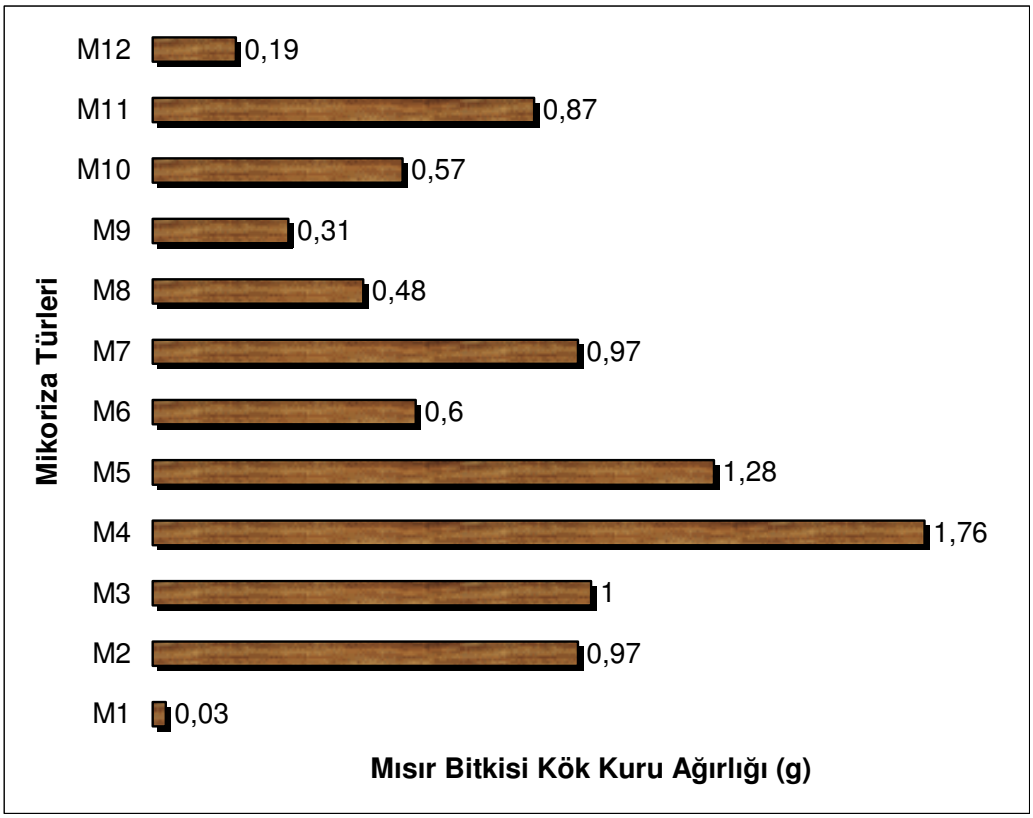
Şekil 4. 27. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin mısır bitkisi üst aksamının kuru ağırlığı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu **M7:** G. Caledonium **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita, **M12:** Kontrol



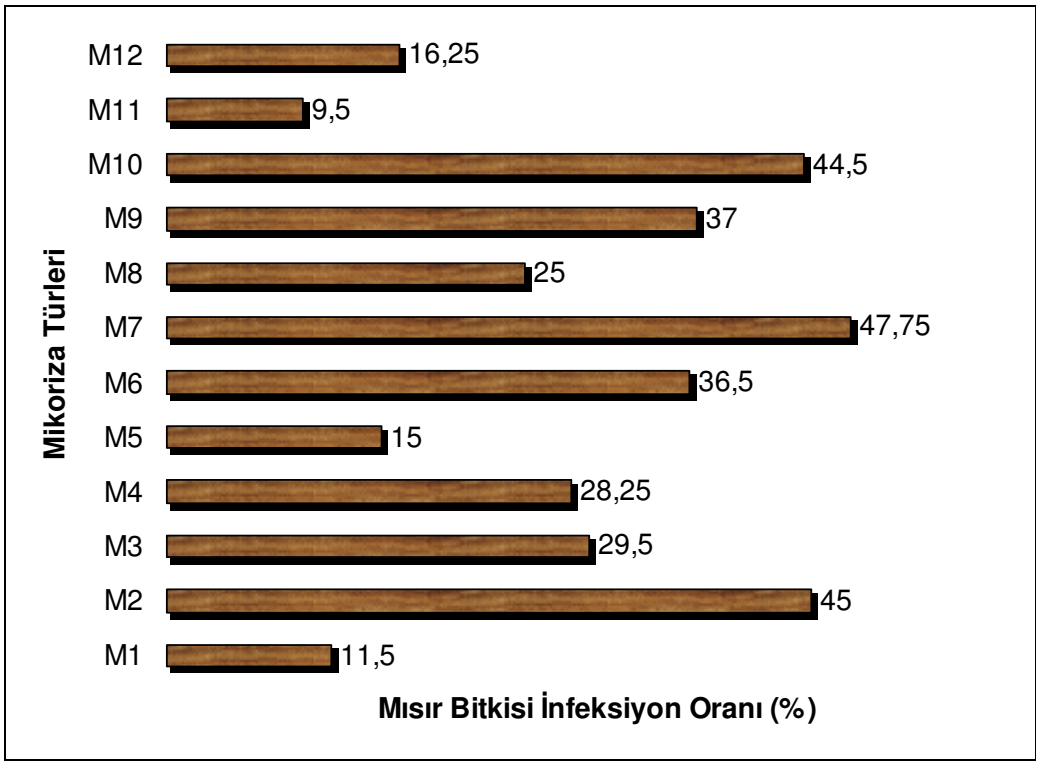
Şekil 4. 28. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin mısır bitkisi kök aksamının yaş ağırlığı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu **M7:** G. Caledonium **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita, **M12:** Kontrol



Şekil 4. 29. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin mısır bitkisi kök aksamının kuru ağırlığı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu **M7:** G. Caledonium **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita, **M12:** Kontrol



Şekil 4. 30. Uygulanan farklı mikoriza türlerinin mısır bitkisi infeksiyon oranı üzerine etkisi

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu **M7:** G. Caledonium **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita, **M12:** Kontrol

Çizelge 4. 22. Mısır Bitkisi Kök ve Kök Üstü Aksamlarının Yaş ve Kuru Ağırlıklarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Kök yaş ağırlık		Kök kuru ağırlık		Kök üstü yaş ağırlık		Kök üstü kuru ağırlık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	11	3.564	4.45 *	0.962	5.79 *	85.6	4.14 *	2.750	4.58 *
Hata	36	0.802	---	0.166	---	20.7	---	0.600	---

* P<0.05

Çizelge 4. 23. Farklı Mikoriza Türü Aşılamasının Mısır Üst ve Kök Aksamında Yaş-Kuru Ağırlık ve % Mikorizal İnfeksiyon Üzerine Etkilerine Ait Duncan Analiz Sonuçları

Mikoriza Çeşidi	Üst Aksam Yaş Ağırlık (g)	Üst Aksam Kuru Ağırlık (g)	Kök Yaş Ağırlık (g)	Kök Kuru Ağırlık (g)	İnfeksiyon (%)
Fasciculatum	0.50 d	0.10 d	0.10 d	0.03 e	11,50
Macrocarpum	8.40 bc	1.71 bc	1.75 bc	0.97 bcd	45.00
Intraradice	8.18 bc	1.74 b	1.56 bcd	1.00 bc	29.50
Etunicatum	17.95 a	3.22 a	3.63 a	1.76 a	28.25
Yerli Doğal	9.85 b	1.99 b	1.89 b	1.28 ab	15.00
Yabancı Karışık	5.61 bcd	0.97 bcd	1.15 bcd	0.60 cde	36.50
Caledonium	7.68 bcd	1.65 bc	1.38 bcd	0.97 bcd	47.75
Yerli Karışık	3.50 bcd	0.87 bcd	0.66 bcd	0.48 cde	25.00
Mossea	3.03 bcd	0.71 bcd	0.63 bcd	0.31 de	37.00
Clarum	7.68 bcd	1.12 bcd	1.94 b	0.57 cde	44.50
Margarita	8.10 bc	1.61 bc	1.25 bcd	0.87 bcd	9.50
Kontrol	1.50 cd	0.43 cd	0.28 cd	0.19 e	16.25
LSD	6.525	1.111	1.284	0.5843	40.69

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak (p<0.05) önemlidir.

4. 2. 2. 2. Farklı türdeki mikoriza spor aşılamasının mısır bitkisinin yaprağındaki makro ve mikro besin elementi alımı üzerine etkileri

Sera koşullarında, 11 farklı mikoriza türü ve OSSK 602 çeşidi mısır kullanılarak yapılan deneme sonucunda mısır bitkisinin yapraklarında makro ve mikro besin element kapsamları belirlenmiştir.

Yaprakların makro ve mikro element konsantrasyonları Çizelge 4. 26.'te verilmiştir. Öte yandan, yapılan varyans analiz sonuçları da Çizelge 4. 24 ve 4. 25.'te verilmiştir. Söz konusu çizelgelerden anlaşılacağı üzere mısır bitkisinin mikorizal uygulamalara verdiği tepkiler değişken olmuştur. Başka bir ifade ile, bitkinin makro ve mikro element alımında mikorizal uygulamalar arasındaki fark önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Çizelge 4. 26.'da, yaprakta belirlenen N, P, K, Ca, Mg ve Fe, Cu, Zn, Mn kapsamları genellikle Lindsay ve Norwell (1969), Follet (1969), Wolf (1971), FAO (1990) ve Souci ve ark. (1990)'nın bildiridği sınır değerlerinin üzerindedir. Öte yandan, yaprağın azot konsantrasyonu % 0.70-2.93 arasında değişmekte olup, en yüksek değere 2.93 ile *G. macrocarpum* uygulanan saksılarda ulaşılmıştır. Aşılama materyallerinden *G. fasciculatum, G. intraradice, G. etunicatum*, yerli karışık, *G. mossea ve Gig. Margarita* sporları uygulanan saksılardan elde edilen azot değerleri kontrol grubundan düşük olmuştur. Buradan da bu sporların etkinliklerinin daha düşük olduğu söylenebilir. Adı geçen sporların etkinliklerinin düşük olması, aşılanan VAM sporlarının mısır bitkisi için çeşitli nedenlerden dolayı inaktif olabileceğinin yanı sıra, besin elementlerinin bitki kökleri tarafından alımının sınırlanmış olmasına da bağlanabilir.

Test bitkisinin yaprağında belirlenen P miktarı kontrol dahil bütün uygulamalarda, kritik konsantrasyonun (% 0.20) üstünde saptanmıştır. Kullanılan mikorizalar arasında kontrol saksılarına göre (% 0.28) *G. fasciculatum ve G. clarum* mikoriza sporları en yüksek değere ulaşmıştır (% 0.53-0.38). Diğer taraftan *Gig. Margarita* uygulamasında en düşük P elde edilmiştir.

Bitki yapraklarının K kapsamı ele alındığında en yüksek K değeri % 9.03 ile *G. fasciculatum* spor uygulanan saksılardan elde edilirken diğer mikoriza türlerinin

uygulandığı saksılardan elde edilen bitki yaprağının K kapsamı kontrol (% 6.70) saksılarından elde edilenlerden daha küçük çıkmıştır.

Diğer taraftan, yaprağın Ca ve Mg kapsamını artırmada yerli karışık, *G. mossea, G. clarum* ve *Gig. margarita*, kontrol uygulamasına göre daha etkili olmuşlardır. Mısır yaprağının Na kapsamı ise kontrol uygulamasında (% 1.12) en yüksek çıkarken, mikoriza uygulamalarında kontrol uygulamasından daha az olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni de, deneme toprağı olarak kullanılan toprağın Tuzlu-Alkali toprak grubuna dahil olmasındandır. Nitekim, tuzlu toprakların ıslahı ile ilgili yapılan bir çok çalışmada yetiştirilen (mikoriza kullanılarak) bitkilerin Na kapsamları genellikle tuzsuz olan uygulamalardan daha yüksek çıkmaktadır (Uysal 2007.).

Mısır bitkisinin Fe, Cu, Mn ve Zn kapsamları aşılanan mikoriza sporlarına göre farklılık göstermiştir ve bu farklılıkta önemli ($p<0.05$) olarak belirlenmiştir. Yaprağın Fe kapsamını artırmada *G. mossea* (92.42 ppm), Cu kapsamını artırmada *G. caledonium* (5.78 ppm), Mn içeriğini artırmada ise aşılanan hiçbir mikoriza sporu kontrole göre daha etkili olamamıştır. Öte yandan mısır bitkisinin yaprağındaki Zn kapsamı ise 10.51 ppm-27.64 ppm arasında değişmektedir. Kontrol saksılarına göre, yerli doğal, yabancı karışık, yerli karışık ve *G. mossea* türü sporların uygulandığı saksılarda yetiştirilen mısır yaprağının Zn kapsamı daha düşük çıkmıştır. Zn kapsamı yönünden en fazla etki *G. caledonium* sporlarının uygulandığı saksılardan elde edilmiştir (Çizelge 4. 26).

Denemede kullanılan toprağın yeterli seviyede P ihtiva etmesinden dolayı aşılanan mikoriza sporları yeterli oranda aktif olamamış olabilecekleri nedeni ile mısır bitkisi yapraklarındaki gerek makro, gerekse mikro besin elementlerinin bir çoğu kontrole göre daha düşük seviyede kalmış olabilir. Nitekim, Cooper (1975)'da fosforun bitki gelişimini sınırlamadığı koşullarda mikorizal infeksiyonun ilk aşamasında bitki gelişiminin yavaşlayabileceğini bildirmiştir.

Çizelge 4. 24. Mısır Bitkisi Yapraklarındaki Makro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	11	1.650	3.73 *	3396738	7.39 *	138503824	4.22 *	18748483	2.70 *	624311	2.74 *	122326008	1.61 *
Hata	36	0.443	---	459640	---	32816375	---	6939230	---	227724	---	75819526	--

* P<0.05

Çizelge 4. 25. Mısır Bitkisi Yapraklarındaki Mikro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Fe		Cu		Mn		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	11	887.30	316.92 *	1.797	2.28 *	219.42	67.69 *	253.9	5.49 *
Hata	24	2.80	---	0.787	---	3.24	---	46.2	---

* P<0.05

Çizelge 4. 26. Farklı Mikoriza Türü Aşılamasının Mısır Yapraklarındaki Makro ve Mikro Besin Element Kapsamları Üzerine Etkileri ile İlgili Duncan Analiz Sonuçları

Mikoriza Çeşidi	Makro Elementler (%)						Mikro Elementler (ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
G. Fasciculatum	0.70 c	0.53 a	9.03 a	0.83 cd	0.40 ab	1.33 ab	41.50 h	5.21 ab	22.56 h	22.60 bc
G. Macrocarpum	2.93 a	0.32 bc	6.97 b	0.99 bcd	0.39 abc	0.52 b	43.34 h	4.53 a-d	34.42 ef	23.54 b
G. Intraradice	2.36 ab	0.32 bc	6.84 b	1.05 bcd	0.39 abc	0.76 ab	67.58 d	5.18 ab	43.57 c	19.59 cd
G. Etunicatum	2.48 ab	0.24 cd	7.02 b	0.89 bcd	0.35 bc	0.19 b	48.49 g	4.25 bcd	39.49 d	23.35 b
Yerli Doğal	2.65 a	0.18 d	7.40 b	0.76 d	0.32 c	0.13 b	42.44 h	3.62 cd	41.38 cd	11.58 fg
YabancıKarışık	2.63 a	0.25 cd	7.32 b	0.93 bcd	0.39 abc	1.27 ab	70.64 c	4.30 bcd	31.56 fg	13.66 fg
G. Caledonium	2.70 a	0.33 bc	7.48 b	0.92 bcd	0.42 ab	0.61 ab	62.56 e	5.78 a	35.45 e	27.64 a
Yerli Karışık	2.10 ab	0.27 bcd	7.49 b	1.22 abc	0.42 ab	1.44 ab	51.44 f	4.09 bcd	33.02 ef	14.52 ef
G. Mossea	1.43 bc	0.25 cd	7.38 b	1.53 a	0.45 a	1.99 a	92.42 a	4.42 a-d	29.38 g	10.51 g
G. Clarum	2.83 a	0.38 b	7.28 b	1.30 ab	0.44 a	1.17 ab	82.54 b	5.03 abc	48.40 b	17.55 de
Gig. Margarita	2.23 ab	0.20 d	7.27 b	0.95 bcd	0.37 abc	0.57 ab	62.58 e	3.50 d	33.59 ef	23.59 b
Kontrol	2.58 a	0.28 bcd	6.70 b	1.01 bcd	0.35 bc	1.12 ab	80.90 b	4.68 a-d	53.55 a	14.55 ef
LSD	0.9545	972.3	8215	3778	684.3	12490	2.820	1.272	3.033	3.038

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p<0.05$) önemlidir

4. 2. 2. 3. Farklı türdeki mikoriza spor aşılamasının mısır bitkisi köklerindeki makro ve mikro besin elementi alımı üzerine etkileri

Sera koşullarında, 11 farklı mikoriza türünün aşılandığı saksılarda yetiştirilen mısır bitkisi (OSSK 602) besin element kapsamları üzerine mikoriza spor türlerinin etkilerine ait varyans analizi Çizelge 4. 27. ve 4. 28.'de gösterilmiş olup, analiz edilen köklerdeki makro ve mikro besin element miktarları ise Çizelge 4. 29.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 29' un incelenmesinden de görüleceği üzere, köklerin azot kapsamı *G. mossea* aşılaması hariç diğer mikoriza sporlarının aşılandığı saksılardan elde edilen değerler kontrol saksılarından elde edilen değerlerden yüksektir. Başka bir ifade ile, mısır bitkisinin köklerinin kaldırdığı azot miktarı üzerine aşılama materyali olarak kullanılan mikoriza sporları etkili olmuştur. Diğer taraftan en yüksek azot konsantrasyonu % 2.26 ile *G. macrocarpum* spor uygulamalarından elde edilirken, en düşük azot miktarı % 0.40 ile *G. mossea* spor uygulamalarından elde edilmiştir.

Diğer taraftan, bitki kökünün P konsantrasyonu kontrol grubuna göre artırmada en etkili mikoriza sporu *G. fasciculatum* olmuştur. Bitki kökünün P konsantrasyonu % 0.28-0.82 arasında değiştiği görülmüştür. Bu da gösteriyor ki, kökün P konsantrasyonu % 0.20'lik kritik konsantrasyonun üzerinde belirlenmiştir. Bitkinin K kapsamı da mikoriza spor uygulamaları arasında farklılık arz etmektedir. Bu farklılık $p<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Bu durum da K'un köklerden taşındığını göstermektedir.

Ca, Mg ve Na kapsamı üzerine mikoriza sporlarının etkisi farklı olmuştur. köklerin Ca alımında *G. fasciculatum* ve yerli karışık spor uygulamaları kontrol uygulamalarına göre yetersiz olmuştur. Köklerin Mg kapsamında ise, bütün mikoriza sporları kontrol uygulamasına göre daha etkili olmuşlardır. Öte yandan, yaprağın Na kapsamında olduğu gibi, köklerde de kontrol ve diğer mikoriza uygulamalarında daha yüksek olmuştur. Öte yandan bitkinin Cu, Mn ve Zn kapsamları uygulanan mikoriza spor aşılamalarıyla farklılık göstermiş olup, genellikle aşılanan mikoriza sporları köklerin Cu, ve Zn kapsamını artırmıştır. En yüksek Mn kapsamı ise kontrol uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4. 29).

Mikoriza spor aşılaması ile ilgili denemenin sera çalışmasında, spor aşılamalarının gerek farklı türdeki sporların kendi içerisinde veya gerekse kontrole göre kıyaslanması sonucu, mısır bitkisinin gerek kök üstü, gerekse kök aksamlarında ölçülen besin elementi içeriklerinin artış ve azalışların bir arada olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum deneme öncesi toprakların sterilize olması nedeni ile bitki kök bölgesinde yaşayan diğer faydalı mikroorganizmaların da yok edilmiş olmasından dolayı ve sterilizasyon işleminin ardından 1 hafta gibi kısa bir süre içerisinde tohum ekimi ve spor aşılaması yapılmasından dolayı henüz mikoriza sporlarının toprağa uyum sağlayamamış olabileceği ve istenilen aktivitede çalışamamasından dolayı da bitkilerde bazı besin elementi kapsamlarının kontrole göre daha düşük olabileceğine bağlanabilir (Ergün 1998).

Çizelge 4. 27. Mısır Bitkisi Köklerindeki Makro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	11	1.973	5.58 *	10059503	7.52 *	49756807	1.01	66350967	2.07	2960222	7.08 *	122519620	10.71 *
Hata	36	0.354	---	1337629	---	49170854	---	32066729	---	417991	---	11442654	---

* P<0.05

Çizelge 4. 28. Mısır Bitkisi Köklerindeki Mikro Besin Elementlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	Fe		Cu		Mn		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Mikoriza Spor Aşılamaları	11	3955813	2.97 *	16.32	4.51 *	1130.31	334.84 *	125.2	3.73 *
Hata	36	1334011	---	3.62	---	3.38	---	33.6	---

* P<0.05

Çizelge 4. 29. Farklı Mikoriza Türü Aşılamasının Mısır Köklerindeki Makro ve Mikro Besin Element Kapsamları Üzerine Etkileri ile İlgili Duncan Analiz Sonuçları

Mikoriza Çeşidi	Makro Elementler (%)						Mikro Elementler (ppm)		
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Mn	Zn
G. Fasciculatum	0.73 cd	0.82 a	0.25 ab	0.28 c	0.71 a	2.84 a	5.83 d	21.44 k	36.89 a
G. Macrocarpum	2.26 a	0.34 c	0.26 ab	0.38 ab	0.46 bcd	1.04 bc	11.19 abc	67.47 de	23.66 cd
G. Intraradice	1.88 ab	0.38 c	0.24 ab	0.41 a	0.47 bcd	1.00 bc	10.93 abc	76.41 b	25.87 bcd
G. Etunicatum	2.15 ab	0.29 c	0.25 ab	0.39 ab	0.42 cd	0.67 c	9.54 bc	63.40 f	22.79 cd
Yerli Doğal	2.23 ab	0.28 c	0.28 a	0.35 abc	0.43 bcd	0.89 bc	10.48 abc	64.71 ef	19.21 d
YabancıKarışık	1.24 bcd	0.28 c	0.23 ab	0.36 abc	0.40 cd	1.03 bc	11.00 abc	55.56 g	21.28 cd
G. Caledonium	2.18 ab	0.40 c	0.28 a	0.41 a	0.47 bcd	0.94 bc	13.37 a	50.64 h	29.32 abc
Yerli Karışık	1.41 abc	0.39 c	0.27 ab	0.30 bc	0.51 bc	1.39 b	12.45 ab	25.61 j	28.16 a-d
G. Mossea	0.40 d	0.32 c	0.15 b	0.36 abc	0.44 bcd	1.30 b	10.08 bc	41.52 ı	21.37 cd
G. Clarum	1.57 abc	0.59 b	0.21 ab	0.40 a	0.53 b	1.00 bc	12.03 ab	71.45 c	34.25 ab
Gig. Margarita	2.08 ab	0.30 c	0.23 ab	0.39 ab	0.45 bcd	0.97 bc	8.51 cd	70.34 cd	20.09 cd
Kontrol	0.45 d	0.33 c	0.20 ab	0.34 abc	0.39 d	1.12 bc	8.78 c	82.35 a	27.28 bcd
LSD	0.8532	16.59	10060	81.21	927.2	48.51	2.729	3.098	8.313

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p<0.05$) önemlidir.

4. 2. 2. 4. Mısır bitkisinde araştırılan tüm parametrelerin artış ve azalışlarında etkili olan spor türleri

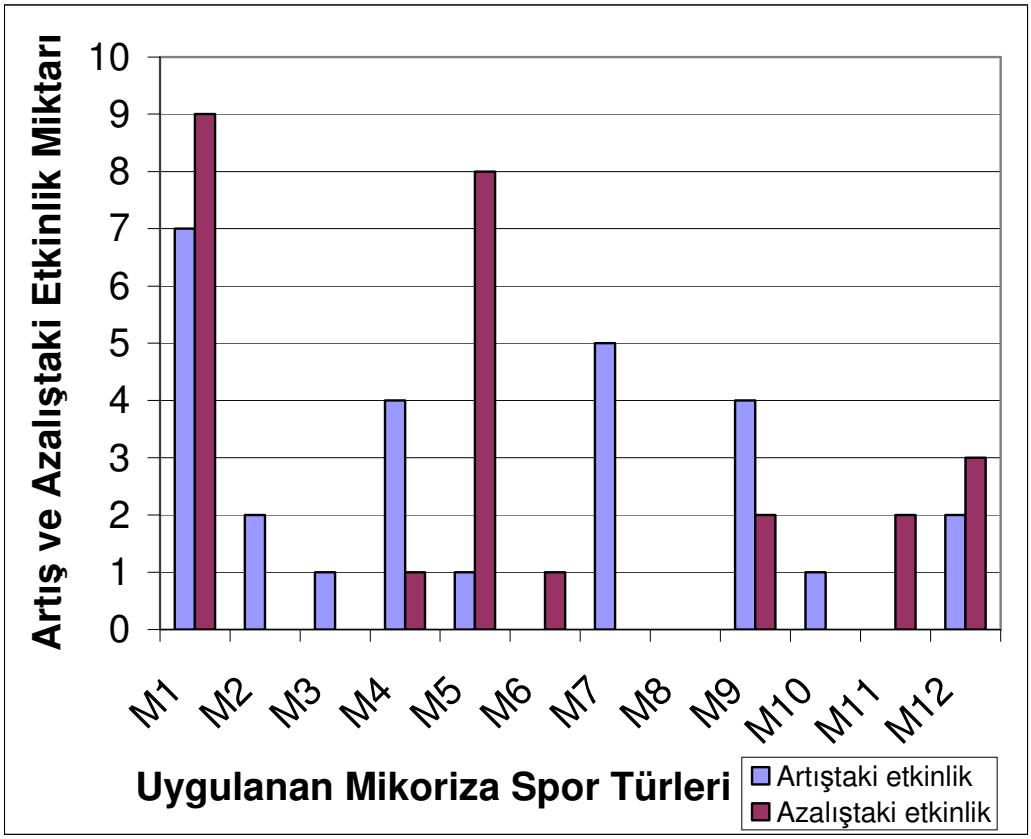
Tez çalışmasının serada yürütülen kısmında mısır bitkisine 11 farklı mikoriza türü aşılanarak yapılan deneme sonunda hasat edilen bitkilerde araştırılan çeşitli parametrelerdeki (üst-kök aksamı yaş ve kuru ağırlıkları, kök infeksiyon oranı, yaprak ve kökte makro ve mikro besin element kapsamları) en yüksek ve en düşük değerlerde hangi spor türü uygulamasının etkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 30. ve 4. 31. ve Şekil 4. 31).

Ölçülen parametrelerden mısır bitkisi üst-kök aksamı yaş ve kuru ağırlıklarında en yüksek değerin elde edildiği mikoriza spor türü *G. etunicatum* olurken, bahsi geçen parametrelerde en düşük değerlerin elde edildiği spor türü ise *G. fasciculatum* olmuştur. Mısır bitkisi köklerindeki mikorizal infeksiyon oranlarında ise en yüksek değer *G. caledonium*'da, en düşük ise *G. margarita*'da elde edilmiştir. Diğer taraftan, genel itibari ile bitki yaprağındaki en yüksek makro ve mikro besin element değerlerinin elde edildiği spor türü *G. mossea* olmuş, onu *G. fasciculatum* ve *G. caledonium* sporları izlemiştir (*G. mossea*>*G. fasciculatum*= *G. caledonium*). Bunun yanı sıra, bitki yaprağında en düşük makro ve mikro besin element değerlerinin elde edildiği spor türleri ise yerli doğal ve *G. fasciculatum* (yerli doğal>*G. fasciculatum*) olarak belirlenmiştir. Makro ve mikro besin elementlerinin mısır bitkisi kökünde elde edilen en yüksek değerdeki spor türü yine *G. fasciculatum* olurken onu *G. caledonium* takip etmiştir (*G. fasciculatum*>*G. caledonium*). Aynı parametre üzerinde en düşük değerlerin elde edildiği rakamlardaki spor türü *G. fasciculatum* olmuş, yerli doğal ve *G. mossea* mikoriza spor uygulamaları ise onu takip eden değerler olarak belirlenmiştir (*G. fasciculatum*> yerli doğal =*G. mossea*) olmuştur.

Çizelge 4. 29 ve 4. 30.'dan da görüleceği gibi, mısır bitkisine ait gerek verim unsurları, gerekse makro ve mikro besin element içeriklerinde elde edilmiş olan en yüksek ve en düşük değerlerde farklı spor türlerinin etkileri görülmektedir.

Genel itibari ile, mısır bitkisindeki kök üstü ve kökteki yaş-kuru ağırlıklarında en yüksek değer *G. etunicatum*'da elde edilmiş olup, bu sonuç Akpınar (2004) tarafından da mısır bitkisi için en etkili spor türü olarak belirlenmiştir.

Ancak, yapılan bir çok çalışmada bir spor türünün herhangi bir bitkide, çeşitli parametreler üzerinde en aktif olduğu bildirilirken, aynı spor türünün farklı diğer çalışmalarda ise en az aktif olduğu bildirilebilmekte olup, ortaya çıkan bu durum aynı spor türlerinin bitkiler açısından spesifik olabileceği kanısını uyandırmaktadır. Nitekim, Bagyaraj ve Manjunath (1980), Hetrick ve Bloom (1986), Ortaş 1986, Sreenivasa ve Bagyaraj (1988) ve Simpson ve Daft (1990), gerek farklı bitkilerle aynı sporlar, gerekse aynı bitkilerle farklı sporlar kullanarak yaptıkları çalışmalarında farklı tespitler elde etmişlerdir.



Şekil 4. 31. Mısır bitkisinin bakılan tüm parametrelerinde en yüksek ve en düşük değerlerin elde edilmesinde etkili olan mikoriza spor türlerinin etkinlik dereceleri.

M1: G. Fasciculatum, **M2:** G. Macrocarpum, **M3:** G. Intraradice, **M4:** G. Etunicatum, **M5:** Yerli Doğal Mikoriza Sporu, **M6:** Yabancı Karışık Mikoriza Sporu, **M7:** G. Caledonium, **M8:** Yerli Karışık Mikoriza Sporu, **M9:** G. Mossea, **M10:** G. Clarum, **M11:** Gig. Margarita **K:** Kontrol

Çizelge 4. 30. Mısır Bitkisi Kök Üstü - Kök Aksamlarının Yaş ve Kuru Ağırlıkları ve Mikorizal Kök İnfeksiyon Ölçümlerinde Elde Edilen En Yüksek ve En Düşük Değerler Üzerinde Etkili Olan Mikoriza Spor Türleri.

Ölçülen Parametreler (g)	Max Değer	Spor türü	Min. Değer	Spor Türü
Üst aksam yaş ağırlık	17.95	**4**	0.50	**1**
Üst aksam kuru ağırlık	3.22	**4**	0.10	**1**
Kök yaş ağırlık	3.63	**4**	0.10	**1**
Kök kuru ağırlık	1.76	**4**	0.03	**1**
İnfeksiyon (%)	47.75	**7**	9.50	**11**

Çizelge 4. 31. Mısır Bitkisi Yaprak ve Kökünde Ölçülen Parametrelerde Elde Edilen En Yüksek ve En Düşük Değerler Üzerinde Etkili Olan Mikoriza Spor Türleri.

Ölçülen Parametreler	Yaprak				Kök			
	Max Değer	Spor türü	Min. Değer	Spor Türü	Max Değer	Spor Türü	Min Değer	Spor Türü
N (%)	2.93	**2**	0.70	**1**	2.26	**2**	0.40	**9**
P (%)	0.53	**1**	0.18	**5**	0.82	**1**	0.28	**5+6**
K (%)	9.03	**1**	6.70	**12**	0.28	**5+7**	0.15	**9**
Ca (%)	1.53	**9**	0.76	**5**	0.41	**3+7**	0.28	**1**
Mg (%)	0.45	**9**	0.32	**5**	0.71	**1**	0.39	**12**
Na (%)	1.99	**9**	0.13	**5**	2.84	**1**	0.67	**4**
Fe (ppm)	92.42	**9**	41.50	**1**	-	**-**	-	**-**
Cu (ppm)	5.78	**7**	3.50	**11**	13.37	**7**	5.83	**1**
Mn (ppm)	53.55	**12**	22.56	**1**	82.35	**12**	21.44	**1**
Zn (ppm)	27.64	**7**	10.51	**9**	36.89	**1**	19.21	**5**

1: G. fasciculatum, **2:** G. macrocarpum, **3:** G. intraradice, **4:** G. etunicatum, **5:** Yerli Doğal, **6:** Yabancı Karışık, **7:** G. caledonium, **8:** Yerli Karışık, **9:** G. mossea, **10:** G. clarum, **11:** Gig. margarita, **12:** Kontrol

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Arazi, laboratuar ve sera çalışmaları ile çok yönlü olarak yürütülen bu çalışmada ülkemizin önemli tarımsal potansiyeline sahip Konya Ovası'nda yer alan yaygın büyük toprak gruplarında mikorizal potansiyel (spor sayısı/10 g toprak) durumu ortaya konmuş ve toprakların mikorizal potansiyel bakımından farklılıklar gösterdikleri, özellikle çayır ve meralık alanlardan örneklenen hidromorfik allüviyal toprak grubunda genelde mikorizal potansiyelin yüksek olduğu ancak, mikorizal potansiyelin her koşulda (toprak, bitki farklılığı) bitkilerde mikorizal infeksiyon derecesi için tam bir gösterge olmadığı da ortaya konmuştur.

Yapılan arazi çalışmasında, Konya yöresine ait büyük toprak gruplarında yoğun gübreleme yapılan alanlar dışında spor sayısının genelde iyi durumda olduğu ve sporların 50-100 µ çapları arasında daha fazla dağılım gösterdiği söylenebilir. Nitekim, her hangi bir tarımsal uygulamanın yapılmadığı çayır-meralık alandan alınan hidromorfik allüviyal topraklarda en yüksek spor sayısı elde edilmiştir. Ancak, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri tarımsal üretim açısından genelde çok uygun olmadığı için mikorizal etkinlik oranı (% mikorizal kök infeksiyonu) açısından aynı durum geçerli değildir. Yüksek spor sayısı olan topraklardaki infeksiyonun aynı derecede yüksek olmadığı görülmekte olup, bu durum toprakların tarımsal amaçlı yanlış kullanımlar neticesinde biyolojik yapısının da bozulmuş olduğunun bir göstergesi olabilir.

Spor sayımının yalnızca 10'ar gram toprak örneği alınarak 4 tekerrürlü yani toplam 40 g toprakta belirlenen spor sayısı olarak kullanıldığı düşünülürse elde edilen neticenin bütün bir toprak grubunu temsil etmesinden ziyade yalnızca örneklenen alandaki spor sayısı hakkında genel bir fikir edinmemizi sağlamıştır. Ayrıca, toprak örneklerinin alındıkları örnekleme yerleri itibari ile tarım yapılan ve yapılmayan alanlar seçilmiş olduğu için elde edilen spor sayım ve infeksiyon değerleri yalnızca örnek alındığı dönem hakkında bize bilgi vermiştir. Oysa spor sayısı mevsimden mevsime, yapılan tarım şekline, sulama durumuna vb. gibi bir çok faktörün etkisi ile değişiklik gösterebilmektedir.

Bu nedenle, bilinçli bir tarım sisteminde toprak örneklerinin besin element kapsamlarının belirlenmesinin ve buna uygun bir gübreleme planının yapılmasının yanı sıra mikoriza gibi gübre ve su girdisini azaltabilecek mikroorganizmaların sayı ve aktivitelerinin de belirlenerek uygulanacak tarımsal materyal ve metotlar da bu durumların da dikkate alınması önemli bir tarımsal uygulama olacaktır.

Ayrıca tarımsal üretimde gübre, ilaç, su, toprak işleme gibi uygulamaların dışında, gözle görünmeyen ancak toprağın veriminde büyük payı olan mikro seviyedeki canlılardan mikorizaların makro seviyedeki katkıları dikkate alınarak gerçek, bilimsel tarım planlaması ve uygulamalarına başlanması gerekmektedir.

Araştırmanın, yörede yaygın olarak tarımı yapılan buğday ve mısırla yürütüldüğü sera çalışması kısmında ise, fiziksel ve kimyasal özellikleri itibari ile tarım açısından yeterli elverişliliğe sahip olmayan ancak yıllardır üzerinde tarım yapılmasından dolayı da "tuz" ve "sodyum" sorunu görülmeyen, tuzlu-alkali toprak grubu kullanılmış olup; 8'i saf yabancı, 1'i doğal ve yerli 2'si ise yerli ve yabancı kültürlerin karışık olarak verildiği 11 farklı spor aşılaması yapılmıştır. Denemede kullanılan topraktaki makro besin elementleri bitki gelişimi için genelde yeterli seviyede, mikro besin elementleri ise az ve yetersiz düzeyde çıkmasına rağmen bitkilerdeki oranı ise genel itibari ile yeterli durumda çıkmıştır. Toprak tekstürünün "Killi", Kireç içeriğinin "Çok Yüksek" ve organik madde kapsamının ise "Az" olduğu böyle bir toprakta bitki besin elementleri yönünden genel itibari ile noksanlık çekmiyorsa; bu durumda başta mikorizalar olmak üzere tüm toprak mikroorganizmalarının azımsanmayacak değerde etkileri olduğunu söylemek gerekir.

Adı geçen bu toprağın ve aşılanan farklı mikoriza sporlarının yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gelişimlerindeki etkileri irdelendiğinde; öncelikle toprağın yoğun bir ısı ve kimyasal ile sterilize edilerek doğal yapısının tamamen bozulması, tohum ekiminin sterilizasyon işleminin ardından 1 hafta-10 gün gibi bir süre içerisinde yapılması, sera sıcaklık ve neminin bazı dönemlerde çok düşük, bazı dönemlerde ise çok yüksek olması ve bu durumun kontrol edilememesi gibi nedenlerden dolayı bitkilerin gelişmelerinde bazı sıkıntılar yaşanmış olup, buğday bitkisinde kontrol uygulamasında (spor aşılamasız) bitki çimlenmesinin yeterli seviyeye ulaşamamasından dolayı kontrol değerleri kullanılamamış olduğundan rakamların yorumlanması esnasında da bazı sıkıntılar yaşanmıştır.

Ancak, yapılan bitki besin element içeriklerinin analizleri sonucunda, buğday ve mısır bitkilerindeki besin element kapsamları artmış olmakla birlikte özellikle buğdayda mikro element kapsamındaki artış dikkat çekerken, mısırda bu olumlu etki hem mikro hem de makro besin element düzeyinde elde edilmiştir. Ortaya çıkan bu durum, mikorizal aşılamanın mısır bitkisinde buğday bitkisine göre daha yüksek cevap verdiği sonucunu ortaya koymuştur. Yani diğer bir ifade ile; aynı sayıda mikoriza spor aşılaması yapılmasına rağmen, buğday bitkisi infeksiyon oranı mısır bitkisine göre daha düşük olmuş, kısaca sporlar mısır bitkisi ile daha uyumlu çalışmışlardır.

Diğer taraftan, buğday bitkisine ait verim değerlerinde denemede kullanılan topraktan izole edilip, daha sonra yeniden toprağa aşılanan yerli doğal sporlarında, mısırdaki verim değerlerinde ise, *G. etunicatum* spor türü uygulamasında en yüksek değerler elde edilmiştir. Her iki bitki türünde en düşük verim değerleri ise *G. fasciculatum* spor türünde elde dilmiştir. Görülmektedir ki, farklı sporlar farklı bitkilerle uyum gösterebilmekte olup, bu durum yine toprak koşulları tarafından da etkilenmektedir. Aynı şekilde buğday ve mısır bitkilerindeki en yüksek makro ve mikro besin element değerlerinin elde edildiği spor türü genelde *G. fasciculatum* olmuştur. Buğdayda bu artışı *Gig. margarita,* yerli doğal, yerli ve yabancı karışık spor türleri izlerken, mısırda ise *G. caledonium, G. etunicatum* ve *G. mossea* takip etmiştir. Buğdaydaki besin element artışlarında *G. clarum'un*, mısırdaki besin element artışlarında ise yerli ve yabancı karışık ile *Gig. margarita*'nın hemen hemen hiç etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Buğday bitkisinin verim değerlerini (boy, bin dane ağırlığı, dane verimi) artırmada en az etkili olan *G. fasciculatum*'un besin element içeriklerini artırmada en yüksek, mısır bitkisi verim unsurlarını (Kök üstü-kökteki yaş ve kuru ağırlık değerlerini) artırmada en yüksek değerin elde edildiği *G. etunicatum* ise buğdaydaki besin element kapsamlarındaki artışta hemen hemen hiç etki göstermemesi tezat bir durum oluşturmuş olup, bu durum mikorizanın hem bitkiden bitkiye, hem de bitkideki nitelik ve nicelik unsurlarında ayrımlı bir etkide bulunduğunu göstermektedir.

Organik tarımda, kalite ve içerik özelliğine önem verilmesi göz önünde bulundurulduğunda, buğday ve mısır bitkisi yetiştirilmesinde *G. fasciculatum*

mikoriza spor türünün iyi bir bitki beslenmesi açısından tavsiye edilebileceği ortaya çıkmaktadır. Ancak, bunun yanı sıra gerek buğday, gerekse mısırda *G. fasciculatum* mikoriza spor aşılamasının yapıldığı bitkilerde en küçük bitki boyu elde edildiği göz önünde bulundurulacak olursa, bitkilerdeki besin element konsantrasyonlarının yüksek olması bu artışların diğer bir izahı olabilir.

Deneme öncesinde saf mikoriza spor kültürlerinin buğday ve mısır bitkisi tohumlarının altına verilmesinden önce 10 g daki sayılarının belirlenerek, saksı başına 1000 adet spor denk gelmesi için yapılan sayım işleminde 10 gramda 50 adet ile en düşük spor türü *G. fasciculatum* olarak çıkmış olmasına rağmen bu mikoriza türünün infeksiyon kapasitesinin kullanılan diğer kültürlere oranla nispeten daha yüksek olduğu düşünülebilir. Ortaya çıkan bu durum, sporların sayıdan ziyade aktivitelerinin daha önemli olduğu gerçeğini denemede tekrar doğrulamıştır.

Elde edilen bu bulgulardan hareketle;

a) Ortalama standartlara sahip ve P açısından noksan olduğu tespit edilen herhangi bir toprakla, daha fazla spor türü ve bir çok kültür bitkileri ile sera koşullarında kurulan denemelerin saptanan etkili spor türleri ve hatta dozlarının pratiğe aktarılması konularına önem verilmeli,

b) Gübreleme ve sulama sistemlerine ışık tutması ve bu kaynaklara ayrılan girdilerin daha da azaltılması açısından daha fazla alanda doğal mikorizal potansiyellerin belirlenmesi,

c) Her türlü çevresel kirlenmenin yoğun olarak yaşandığı günümüzde değişik fosfor dozları kullanılarak, değişik bitkilerle tarla koşullarında denemeler yapılarak maksimum mikorizal infeksiyon durumundaki uygun fosfor dozunun bulunması sureti ile fosforlu gübre tavsiyelerinin çıkan sonuçlara göre yapılması ve bu şekilde fazla gübre kullanımı ve dolayısıyla toprak kirliliğinin önüne geçilmiş olması,

d) Yoğun olarak tahıl tarımının yapıldığı Konya Ovası topraklarında bitkilerin hasadının ardından toprakta kalan özellikle kök artıklarının yakılmadan sürüm ile toprağa karıştırılması ve köklerdeki sayıca artmış olan mikorizal oluşumların toprağa biyolojik gübre olarak yeniden kazandırılması,

e) Farklı toprak ve bitkilere uyum sağlayan mikoriza sporlarının etkinliklerinin belirlenerek, etkin oldukları bitki kökleri aracılığıyla çoğaltılarak, tarımda uygulamasının sağlanması,

f) Dekarlarca alanda bitki yetiştirip, geçimini yalnızca bu yoldan sağlayan ancak, hemen her yıl emeğinin karşılığını bir sonraki yıla erteleyen üreticilere tarlalarının çok az bir kısmında soğan, üçgül v. b. yoğun ve hızlı kök gelişimine sahip bitkileri yetiştirterek, çoğalması yalnızca bitki kökleri aracılığıyla olan ancak oldukça hızla çoğalan sporların infeksiyon oranının düzenli takip edilerek % 50'yi geçmesi durumunda köklerin kesilerek sürekli toprağa karıştırılması ve belli bir birikimden sonra bu yoğun infekte olmuş bitki köklerinin yetiştiği tarladaki bitkilerin hizmetine sunulmasının sağlanması gerekmektedir. Mikoriza aşılanmış bitkilerin daha iyi geliştiği ve kaliteli tohumlar verip, hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı olduğunu gören üretici artık tarımsal uygulamaları içerisinde mikorizaya da yer verecektir.

Dünyadaki dengenin bozulmadan devam etmesinde doğadaki her canlı türünün ayrı bir önemi ve katkısı olduğu ve bu dengenin bozulmamasının da canlı türlerinin sağlıklı ve dirençli olması ile sürdürülebileceği düşünülürse, boşalan kutularının bile ölüme sebep olduğu her türlü kimyasal gübre, ilaç v. s. den uzaklaşılarak eski ve yalnızca günü kurtarmak adına yapılan uygulamaların bir kenara bırakılıp daha modern ve çevreci tarımsal uygulamaların artırılması, "Mikoriza" başta olmak üzere diğer biyolojik ve organik kökenli gübrelerin tarımdaki kullanımlarının artırılması ve bu sayede sorumlu olduğumuz gelecek nesillerin daha sağlıklı yetişmesinin sağlanması hepimizin bir görevi olmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Abbas, Y., Ducousso, M., Abourouh, M., Azcon, R. and Duponnois, R., 2006. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Teraclinis articulata (Vahl) Masters woodlands in Morocco. *Ann. For. Sci.* 63 (2006) 285-291.

Abbott, L. K. and Robson, A. D., 1982. The role of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. *Aust. J. Res.* 33: 389-408.

Abbott, L. K., Robson, A. D. and De Boer, G., 1984. The effects of phosphorus on the formation of hyphae in soil by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasiculatum. New Phytol.* 97: 437–446.

Abbott, L. K. and Robson, A. D., 1985. Formation of external hyphae in soil by our species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 99: 245-255.

Abbott, L. K. and Robson, A. D., 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **35:** 121-150.

Aggangan, N. S. and Dela-Cruz, R. E., 1991. Growth improvement of two forest tree legumes by VA mycorrhizal inoculations. *The Phillipines Journal of Biotechnology* 2(1): 72-80.

Akpınar, Ç., 2004. Farklı Mikoriza Türleri ve Spor Sayılarının Değişik Kültür Bitkilerinde Mikorizal İnfeksiyon ve Bitki Gelişimine Etkisi konulu Yüksek Lisans Tezi. Ç. Ü. Toprak Ana Bilim Dalı, Adana, 2004.

Allen, M. F., Smith, W. K., Moore Jr. T. S. and Christensen, M., 1981. Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal *Bouteloua gracilis* H.B.K. lag ex Steud. *New Phytologist* 88: 683-693.

Alexander, I., 1989. Mycorrhizas in tropical forests. In: Mineral Nutrients in Tropical Forest and Savannah Ecosystems (J. Protector, ed.), pp.169-188. Blackwell, Oxford.

Allsopp, N. and Stock, W. D., 1992. Mycorrhizas seed size and seedling establishment in alow nutrient environment. In: mycorrhizas in Ecosystem (D. J. Read, D. H. Lewis, A. H. Fitter and I. J. Alexander, eds), pp. 59-64. CAB Int. Wallingford, U.K.

Ames, R. N., Reid, C. P. P., Porter, L. K. and Cambardella, C., 1983. Hyphal uptake and transport of nitrogen from to 15N-labelled sources by *Glomus mosseae*, and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol*. 95: 381-396.

Anderson, R. C., Liberta, A. E. and Dickman, L. A., 1984. Interaction of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia.* Volume: 64, Number: 1, pp. 111-117.

Anderson, E. L., 1988. Tillage and N fertilization effect on maize root growth and root : shoot ratio. *Plant Soil* 108: 245-251.

Anghioni, I. and Barber, S. A. 1980. Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by phosphorus supply. *Agronomy Journal*. 72: 685-688.

Anghioni, I. and Barber, S. A. 1988. Corn root growth and nitrogen uptake as affected by ammonium placement. *Agron. J.* 80: 799-802.

Anonymous, 1974. Konya Ovası Ana Tahliyesi. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayın No: 772, Ankara.

Anonymous, 1978. Konya Kapalı Havzası Toprakları. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, No:228, Ankara.

Anonymous, 1992. Konya İli Arazi Varlığı. Mülga T. C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. İl Rapor No: 42. ANKARA. 1992.

Anonymous, 1993. Konya Ovası Ana Tahliye Kanalı Suyunun Kalitesi ve Sulamada Kullanılma Olanakları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:159, Rapor Serisi: 132, Konya.

Anonymous, 1999. Konya Meteoroloji Müdürlüğü Verileri.

Anonymous, 2005. Tareks A. Ş. Tarım Kredi Kooperatifi kuruluşu yayınları. Mısır Tarımı Tanıtım Broşürü. Ankara, 2005.

Anonymous 2006. http://www.springerlink.com/content/r5225v780v31144n/

Anonymous,2007a.(http://www.bahridagdas.gov.tr/default.asp?PO=Contents&ID=102)

Anonymous, 2007b. (http://www.bahcenet.com.tr).

Arcak, S. ve Haktanır, K., 1997. Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. Yayın No: 1486 Ders Kitabı: 447. ANKARA. 1997.

Arines, J., Porto, M. E. and Vilarino, A., 1992. Effect of manganese on vesicular-arbuscular mycorrhizal development in red clover plants and on soil Mn-oxidizing bacteria. *Mycorrhizae* 1: 127-131.

Azcon, R., Barea, J. M. and Hayman, D. S., 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorhizal fungi and phosphorus solubilizing bacteria. *Soil Biol. Biochem*. 1976;8:135-138.

Baas, R., Vander Werf, A. and Lambers, H., 1989. Root respiration and growth in *Plantago major* as affected by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *Plant Physiol*. 91: 227-232.

Baath, E. and Spokes, J., 1988. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in Allium schoenoprasum. *Can. J. Bot*. 67: 3227-3232.

Bagyaraj, D. J. and Manjunath, A., 1980. Selection of a suitable host for mass production of VA mycorrhizal inoculum. *Plant and Soil* 55: 495-498.

Bagyaraj, D. J. and Manjunath, A., 1981. Influence of Soil Inoculation with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Dissolving Bacterium (*Bacillus circulans*) on Plant Growth and 32 P-Uptake. *Soil. Biol. Biochem.* 13:105-108.

Bagyaraj, D. J. and Sreeramulu, K. R., 1982. Preinoculation with V.A. mycorrhiza improves growth and yield of chili transplanted şn the field and saves phosphatic fertilizer. *Plant and soil* 69: 375-381.

Bagyaraj, D. J., 1984. Biological interaction with VA mycorrhizal fungi, in: Powell C.L., Bagyaraj D. J. (Eds.), VA mycorrhiza, CRC Press, Boca Raton, pp. 131–153.

Bagyaraj, D. J., 1991. "Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae." In: Arora, D.K.; Raı, B.; Mukerji, K.G.; Knudsen, G.R. (Hrsg.): Handbook of applied mycology, Vol. I: Soil and plants. Marcel Dekker , New York ,.3-43.

Baskin, C. C. and Baskin, J. M., 1998. Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, U. S. A.

Baylis, G. T. S., 1967. Experiments on the ecological significance of phycemycetous mycorrhizas. *New Phytol*. 66: 231–243.

Bayne, H. G., Brown, M. S. and Bethlenfalvey, G. J., 1984. Defoliation effects on mycorrhizal colonization, nitrogen fixation and photosynthesis in the *Glycine-Glomus Rhizobium* symbiosis. *Physiol. Plant*. 62: 576-580.

Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri (Çeviri ve Derleme) 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi., No:17, Samsun.

Becard, G., Douds, D. D., and Pfeffer, P. E., 1992. Extensive in vitro growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in presence of CO2 and flavenols. Apll. Env. *Microbiol*. 58: 821-825.

Bernard, B., 2000. NC State University, depertment of Plant Pathology. PP 318. Forest Pathology, July 5. 2000.

Bethlenfalvay, G. J., Franson, R. L., Brown, M. S. and Mihara, K. L., 1989. The *Glycine–Glomus–Bradyrhizobium* symbiosis. IX. Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geographic isolates of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Physiol. Pl.* **76**, pp. 226–232.

Bhoopander, G. and Mukerji, K., 2003. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in Sesbania aegyptiaca and Sesbania grandiflora under field cond1tions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, Volume: 14, Number 5, pp. 170-175.

Bolan, N. S., Robson, A. D. and Barrow, N. J., 1984. Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.* 16: 419-420.

Bolan, N. S., Robson, A. D. and Barrow, N. J., 1987. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the availability of iron phosphates to plants. *Plant Soil* 99: 401-410.

Bolan, N.S., 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant Soil* 134: 189-207.

Bouyoucos, G. J., 1995. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils. *Agronomy Journal*, 4(9): 434.

Bremner, J. M., 1965. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. A. C. A. Black Amer. Soc. of Agron Inc. Pub. Agron. Series No: 9 Madison USA.

Brundrett, M. C., 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. In: Macfayden A, Begon M & Fitter AH (eds) *Advances in Ecological Research*, Vol. 21. Academic Press, London. pp. 171-313.

Brundrett M. C. and Abbott L. K., 1991. Roots of jarrah forest plants. I. Mycorrhizas associations of shrub and herbaceous plants. *Aust. J*. bot. 39: 445-457.

Cabello, M., Irrazabal, G., Bucsinszky, A. M., Saparrat, M. and Schalamuk, S., 2005. Effect of an a arbuscular mycorrhizal fungus, Glomus mossea and rock-phosphate solubilizing fungus, Penicillium thomii, on Mentha piperita growth in a soilless medium. *Journal of Basıc Mıcrobıology*. 45 (3): 182-189.

Carrenho, R., Silva, E. S., Trufem, S. F. B. and Bononi, V. L. R., 2001. Succesive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores and species of arbuscular mycorrhizal fungi. Brazilian Journal of *Microbiology* (2001) 32: 262-270.

Castillo, E. T., 1993. Physiological responses of Narra (*Pterocarpus indicus* wild.) inoculated with VA Mycorrhiza and rhizobium in macolod soils. Ph.D. Thesis. UP Los Banos.

Chaurasia, B., Pandey, A. and Palni, L. M. S., 2005. Distribution, Colonization and Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated With Central Himalayan Rhododendrons. *Forest Ecology And Management*. 207 (3): 315-324.

Chong-Kyun, K. and Darrell, J. W., 1984. Distribution of VA mycorrhiza on halophytes on inland salt playas. *Plant and Soil* 83: 207-214.

Chulan, H. A. and Martin, K., 1992. The vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza and its effects on growth of vegetatively propagated Theobroma cacao L. *Plant and Soil* 144. 227-233.

Clark, R.B., Baligar, V.C. and Zobel, R.W., 2005. Response of Mycorrhizal Switchgrass to Phosphorus Fractions in Acidic Soil. Communıcatıons In Soıl Scıence And Plant Analysıs. 36 (9-10): 1337-1359.

Colpaert J. V., van Assche J. A., 1993. The effects of cadmium on ectomycorrhizal Pinus sylvestris L. *New Phytol* 123: 325–333.

Cooper, K. M., 1975. Growth responses to the formation of endotrophic mycorrhizas in *Solanum, Leptospermum* and New Zealand ferns. *In* Sanders, F. E.; Mosse, B.; Tinker, P. B. (Eds) "Endomycorrhizas". Academic Press, London. Pp. 391-407.

Cooper, K. M., 1984. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: VA Mycorrhiza (Ed. By C. L. Powell and D. J. Bagyaraj), pp. 155-186. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Daft, M. J. and Nicolson, T. H., 1966. Effect of *Endogone mycorrhiza* on plant growth. The *New Phytologist*, Cambridge, v.65, n.3, p.343-350, 1966.

Dannaberg, G., Latus, C., Zimmer, V., Hundeshagen, B., Schneider-Poetsch, Hj. and Bothe, H., 1992. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on phytohormon balance in maize (*Zea mays L.*) *J. Plant Physiol*. 141: 33-39.

Davis, E. A., Young, J. L. and Rose, S. L., 1984. Detection of high-phosphorus tolerant VAM-fungi colonizing hops and peppermint. *Plant Soil* 81: 29-36.

Davies, F. T., Potter, J. R. and Linderman, R. G., 1992. Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper independent of plant size and nutrient content. *J. Plant Physiol*. 139: 289-294.

Dela Cruz, R. E., 1987. Status of Mycorrhizal Research in the Philippines and Its implication to national development, SEARCA Professional Chair Lecture given at SEARCA Auditorium March 11, 1987.

Demiralay, I., 1977. Toprak Fiziksel Koşullarının Kontrolü. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 1, ss: 141-154, Erzurum.

Denhel, H. W. and Backhus, G. F., 1986. The use of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Production. I. Inoculum Production. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 93: 415-424.

Dixon, R. K. and Buschena, C. A., 1988. Response of ectomychorrizal *Pinus banksiana* and *Picea glauca* to heavy metals in soil. *Plant Soil* 105: 265-271.

Dosskey, M. D., Boersma, L. and Linderman, R. G., 1991. Carbon-sink stimulation of photosynthesis in Douglas-fir sedlings by some ectomycorrhizas. *New Phytol*. 117: 327-334.

Douds Jr, D. D., Johnson, C. R. and Koch, K. E., 1988. Carbon cost of the fungal symbiont relative to net leaf P accumulation in a split-root VA mycorrhizal symbiosis. *Plant. Physiol*. 86: 491-496.

Dowding, E. S., 1959. Ecology of Endogone. Trans. Brit, Mycol. Soc. 42: 449-51.

Dowding, E. S., 1995. Endogene in Canadion Rodents. *Mycologia* 47, 51-57.

Duponnois, R. and Garbaye, J., 1991. effect of dual inoculation of Douglas fir with the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* and mycorrhization helper bacteria (MHB) in two bare-root forest nurseries. *Plant Soil* 138:169-176.

Ebbers, B. E., Anderson, R. C. and Liberta, A. E., 1987. Aspects of the mycorrhizal ecology of prairie dropseed, Sporobolus heterolepis (Poaceae). *Am J Bot* 74:564-573.

Elgün, A., Z. Ertugay, ve M. Certel. 1990. *Cereal chemistry* 67, 1–6. Erzurum, Turkey: University of Atatürk Agriculture Faculty.

Ellis, J. R., Larsen, H. J. and Boosalis, M. G., 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular mycorrhizae. *Plant and Soil* 86: 369-378.

Ergün, B., 1998. Tarım Topraklarındaki Doğal Mikoriza Potansiyelinin Bitki Gelişimi ve Besin Elementleri Alımı Üzerine Etkilerinin Araştırılması konulu Yüksek Lisans Tezi. Ç. Ü. Toprak Ana Bilim Dalı, Adana, 1998.

Ertaş, M. R., 1979. Konya Ovası Sulama Şebekesi Sulama Rehberi. Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:6, Konya.

FAO, 1990. Micronutrient assesmant at the country level. P. 1-208. An International Study. (M. Sillanpä. Ed.). FAO Soil Bulletin 63. Published by FAO, Roma, Italy.

Faber, B. A., Zasoski, R. J., Burau, R. G. and Uriu, K., 1990. Zinc uptake by corn as affected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil* 129:121-130.

Fitter, A. H., 1991. Cost and benefits or mycorrhizas:Implications for functioning under natural conditions. *Experientia* 47: 350-355.

Fohse, D. and Jungk, A., 1983. Influence of phosphate and nitrate supply on the root hair formation of rape, spinach and tomato plants. *Plant and Soil* 74, 359-368.

Follet, R. H., 1969. Zn. Fe. Mn and Cu in Colorado Soils. Ph.D. Dissertation. Colo. State Univ.

Fox, T. R., Comerford N. B. and Mc Fee, W. W., 1990. Kinetics of phosphorus release from spodosols: Effects of oxalate and formate. *Soil Sci. Soc. Am.* J. 54:1441-1447.

Furlan, V. and Cardou, M. B., 1989. Effecets of N, P, and K on formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae, growth and mineral content of onion. *Plant and Soil.* Volume:113, No: 2. 167-174.

Gai, J. P. and Liu, R. J., 2003. Effect of soil factors on AMF in the rhizosphere of wild plants. *Chin J Appl Ecol* 14:470–472.

Gai, J. P., Feng, G., Cai, X. B., Christie, P. and Li, X. L., 2006. A preliminary survey of the arbuscular mycorrhizal status of grassland plants in southern Tibet. *Mycorrhıza*. 16(3):191-196.

Geçit, H. H., 1982. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L. em Thell) çeşitlerinde Ekim Sıklıklarına Göre Birim Alan değerleri ile Ana sap ve Çeşitli Kademedeki Kardeşlerin Dane Verimi ve Verim Komponentleri Üzerine Araştırmalar. A. Ü. Zir. Fak. Yayınları, Ankara.

George, E., Haussler, K. U., Vetterlein, D., Gorgus, E. and Marschner, H., 1992. Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. *Can. J. Bot*. 70: 2130-2137.

Gerdeman, J. W. and Nicolson, T. H., 1963. Spores of Mychorriza Endogene Species. Extracted from Soil by Weh Sieving and Decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc*. 46:235-244.

Gerdeman, J. W., 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and plant growth. Annu Rev *Phytopathol.* 6:397–418.

Gildon, A. and Tinker, P. B., 1983. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal infections and heavy metals in plants. II. The effects of infection on uptake of copper. *New Phytologist* 95:263-268.

Giovanneti, M. and Mosse, B., 1980. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytol*., 84: 489-500.

Giri, B. and Mukerji, K.G., 2005. Effect of arbuscular Mycorrhizae Glomus fasciculatum and G-macrocarpum on the Growth and Nutrient Content of Cassia siamea in Semi-Arid Indian Wasteland Soil. *New Forest*. 29 (1): 63-73.

Gnekow, M. A. and Marschner, H., 1989. Influence of the fungicide pentachloronitrobenzene on VA mycorrhizal and total root length and phosphate uptake of oats *(Avena sativa). Plant and Soil* 114, 91-98.

Gohre, V. and Paszkowski, U., 2006. Contribution of the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis to Heavy Metal Phytoremediation. *Planta* 223: 1115-1122.

Gök, M., 1995. GAP Bölgesindeki Bazı Toprakların Mikorizal Potansiyelleri. Ç. Ü. Zir. Fak. Toprak Böl. Toprak ve Çevre Sempozumu, Cilt II:, Yayın No:7, ANKARA.

Gök, M., Ortaş, İ., Çakmak, İ., İbrikçi, H., Gür, K., Torun, B., Onaç, I. ve Ali., 1997. GAP, Çukurova ve Orta Anadolu Topraklarında Mikorizal Potansiyel, Etkinlik Dereceleri ve Bazı Mikoriza İzolatlarının Bitki Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkisi Konulu TÜBİTAK-TOGTAG projesi kesin Raporu. Proje No: TÜBİTAK-TOGTAG / 1277. Kasım 1997. Adana.

Graham, J. H., Leonard, R. T. and Menge, J. A., 1981. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiology* 68, 548-552.

Guehl, J. M. and Garbaye, J., 1990. The effects of ectomycorrhizal status on carbon dioxide assimilation capacity, water-use efficiency and response to transplanting in seedlings of Pseudotsuga menziesii (Mirb) Franco. Annales des Sciences Forestieres. 47(6): 551-563.

Güneş, A., Alpaslan, M. ve Ünal, A., 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme. A. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Ders Kitabı, Yayın No: 1514 Ders Kitabı: 467, ANKARA 2000.

Gür, K., 1974. Studies on Distribution and Activities of Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza (Master of Agriculture Science Thesis). Department of Soil Science, Universitiy of Reading, England.

Gür, K., 1976. Vesiküler-Arbusküler Mikorizanın, Erzurum Kan Silti ve Palandöken Çakıllı Tınında Yetiştirilen Soğan Bitkisinin Gelişmesi ve Fosfor Alımı Üzerine Etkisi (Doktora Tezi). A. Ü. Ziraat Fakültesi. Ziraat Derg. 7(3), 13-23. (Toprak İlmi Dern. 8. Bilimsel Toplantı Tebliğleri, 53-63).

Gür, K., 1992. Vesiküler-Arbusküler Mikorizanın Erzurum Yöresi Topraklarındaki Dağılımı Üzerine Bir Araştırma. S. Ü. Ziraat Fak. Derg. 3(2) 127-142.

Gür, K., Uyanöz, R., Akın, M. ve Özkan, V.A., 1993. Vesiküler-Arbusküler Mikorizanın Konya Yöresi topraklarındaki dağılımı üzerine bir araştırma. 8. Kükem Kongresi Özel Sayısı 16:2.

Hamel, C., Neeser, C., Barrantes-Cartin, U. and Smith, D.L. 1991. Endomycorrhizal fungal species mediate 15N-transfer from soybean to corn in non-fumigated soil. *Plant Soil*, 138: 41–47.

Hayman, D. S. and Stovold, G. E., 1979. Spore population and infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in New South Wales. *Aust J. Bot.* 27:227–233.

Hetrick, B. A. D., and Bloom, J., 1986. The influence of host plant on production and colonization ability of vesiculararbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia* 78, 32-36.

Hetrick, B. A. D., Wilson, G. V. T. and Todd, T. C., 1990. Differential responses C3 and C4 grasses to mycorrhizal symbiosis, phosphorus fertilization and soil microorganisms. *Can. J. Bot.* 68: 461-467.

Howeler, R. H., Sieverding, E. and Saif, S., 1987. Practical aspectsof mycorrhiza technology in some tropical crops and pastures. *Plant Soil* 100: 249-283.

Harley, J. L. and Smith, S. E., 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.

Harley, J. L. and Harley, E. L., 1987. A check-list of mycorrhiza in the British flora. *New Phytologist* (Supplement) 105: 1-102.

Harley, W. T., 1972. Dynamic palatography – a study of linguopalatal contacts during the production of selected constant sounds. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 27-364.

Hayman, D. S., 1975. The occurence of mycorrhiza in crops as effected by soil fertility. In Endomycorrhizas (F. E. Sanders, B. Mosse and P. B. Tinker, eds.), Academic Pres, London, pp. 495-509.

Hızalan, E. ve Ünal, H., 1965. Toprakta Kimyasal Analizler. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, 273, Ankara.

Hooker, J. E. and Atkinson, D., 1996. Arbuscular mycorrhizal fungi-induced alteration to tree-root architecture and longevity. *Zeitung für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159: 229–234.

Huang, R. S., Smith, W. K. and Yost, R. E., 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth, water relation and leaf orientation in Leucaena leucocephala (Lam.) De wit. *New Phytol.* 99: 229-243.

INVAM., 2004. http://www.**invam**.caf.wvu.edu

Iqbal, S. H., Yousaf, M. and Younus, M., 1981. A field survey of mycorrhizal associations in ferns of Pakistan. *New Phytol.* (1981) 87, 69-79.

Jakobsen, I. and Rosendahl, L., 1990. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytol*. 115: 77-83.

Janos, D. P. 1980. Mycorrhizae influence tropical succession. *Biotropica.* Special edition.1980. 56-64.

Jayachandran, K., Schwab, A. P. and Hetrick, B. A. D.,1992. Mineralization of organic phosphorus by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil. Biol. Biochem*. 24: 897-903.

Jensen, A. and Jakobsen, I., 1980. The occurrence of vesiculararbuscular mycorrfiiza in barley and wheat grown in some Danish soils with different fertilizer treatments. *Plant and Soil* 55: 403-414.

Johnson, N. C., P. J., Copeland, R. K., Crookston and F. L., Pfleger., 1992. Mycorrhizae: Possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. *Agron. J*. 84:387–390.

Johnson, N. C. and Wedin, D. A., 1997. Soil Carbon, nutrients, and mycorrhizae during conversion of dry tropical forest to grassland. *Ecological Applications*. 7(1), pp. 171-182.

Jones, M. D., Dural, D. M. and Tinker, P. B., 1990. Phosphorus relationship in production of extramatrical hyphae by two types of ectomycorrhizas at different soil phosphorus levels. *New Phytol*.115: 259-267.

Kacar, B., 1984. Bitki Besleme Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 899 Ankara.

Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. AnkaraÜniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, ss 705, Ankara.

Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M. and Saarela, I., 2001. "Promotion of AM utilization through reduced P fertilization 2.Field studies." *Plant Soil* 231: 65-79.

Kaymaz, S., 1985. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Buğdayların Mikorizaları Üzerine Bir Araştırma. (Doktora Tezi) Danışman: H. Şahinkaya (Fırat Üniversitesi). Elazığ.

Kerry, H. and Sanders, F. E., 1982. Effects of Benomyl on Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection of Red Clover (Trifolium Pratense L.) and Consequences for Phosphorus Inflow. *Journal of Plant Nutrition*, 5(12), 1355-1367.1982.

Khan, A. G., 1973. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals: II. Effects on wheat growth. *J. Appl. Biol*. 49:239-243.

Khasa, P., Furlan, V. and Fortin, J.A., 1992. Response of some tropical plant species to endomycorrhizal fungi under field conditions. *Trop. Agric*. (Trinidad) 69: 279-283.

Kitt, D. G., Daniels, B. A. H. and Wilson, G. W. T., 1988. Relationship of soil fertility to suppresion of the growth response of mycorrhizal big bluestem in non-sterile soil. *New Phytologist* 109, 473-481.

Knight, W. G., Allen, M. F., Jurinak, J. J. and Dudley, L. M., 1989. Elevated carbon dioxide and solution phosphorus in soil with vesicular-arbuscular westwern wheatgrass. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 53: 1075-1082.

Koide, R. T. and Mosse, B., 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* (2004) 14:145–163.

Kormanik, P. P., Bryan, W. C. and Schultz, R. C., 1981. Effects of three vesiculararbuscular mycorrhizal fungi on sweetgum seedlings from nine mother trees. *Forest Sci, 27* No. 2: 327-335.

Kormanik, P. P. and Mcgraw, A. C., 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. In *Methods and principles of mycorrhizal research,* by N.C. Schenck (Ed), University of Florida. pp 37-45.

Koske, R. E. and Gemma, J. N., 1989. A Modified Prodecure for Staing Roots to Detect VAM-Mycological Research 92: 486-505.

Kothari, S. K., Marschner, H. and Römheld, V., 1990. Contribution of mychorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. *Plant Soil* 131: 177-185.

Kothari, S. K., Marschner, H. and Römheld, V., 1990a. Effect of VA-mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and waterrelations in maize. *New Phytol*. 116: 303-311.

Kothari, S. K., Marschner, H. and Römheld, V., 1991. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere microorganisms on manganese concentration in maize (*Zea mays L.*). *New Phytol*. 117:649-655.

Kung'u, J.B., 2004. Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Inoculation on Growth Performance of *Senna Spectabilis*. In: Bationo A (Ed.) Managing Nutrient Cycles To Sustain Soil Fertility in Sub-Saharan Africa. Pp.433-446. Academy Science Publishers, Nairobi, Kenya.

Ladha, J. K., Peoples, M. B., Garrity, D. P., Capuno, V. T. and Dart, P. J., 1993. Estimating dinitrogen fixation of hedgerow vegetation using the nitrogen-15 natural abundance method. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 57: 732-737.

Lambert, D. H. and Weidensaul, T. C., 1991. Element uptake by mycorrhizal soybean from sevage-sludge-treated soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 55:393-397.

Levy, Y. and Syvertsen, J. P., 1983. Effect of drought stress and vesiculararbuscular mycorrhiza on citrus transpiration and hydraulic conductivity of roots, *New Phytologist* 93: 61-66.

Li, X. L., George, E. and Maschner, H., 1991. Phosohorus depletion and pH decrease at the root-soil and hyphae-soil interfaces of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium. *New Phytol*. 119: 397-404.

Lindsay, W. L., and Norvell, W. A., 1969. Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. Soil Sci. Am. Proc., 35:600-602.

Lindsay, W. L and Norwell, W. A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Amer. Jour.* ,42(3):421-28.

Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R. I. and Smith, D. L., 2000. Mycorrhizae formation and nutrient uptake of new corn (zea mays L.) hybrids with extreme canopy and leaf architecture as influenced by soil N and P levels. *Plant and Soil*. Volume 221, Number 2, 157-166.

Lu, S., Braunberger, P. G. and Miller, M. H., 1994. Response of vesicular-arbuscular mycorrhizas of maize to various rates of P addition to different rooting zones. *Plant and Soil*, 158, 119-128.

Malloch, D. W., Pirozynski, K. A. and Raven P. H., 1980. Ecological and Evolutionary Significance of Mycorrhizal Symbioses in Vascular Plants (A Review) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America***,** Vol. 77, No. 4, [Part 2: Biological Sciences] (Apr., 1980), pp. 2113-2118.

Manjunath, A., and Habte, M., 1988. Development of vesiculararbuscular mycorrhizal infection and the uptake of immobile nutrients in *Leucaena leucocephala*. *Plant Soil* 106:97–103.

Marschner H., 1986. Mineral Nutrition in Higher Plants. Academic Press, London, 674 Marschner, H. and Dell, B. (1994) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 159:89-102.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of High Plants. Second Edition. Academic Press London.

Marschner, H., 1998. Role of Root Growth, Arbuscular Mycorrhiza, and Root Exudates for The Efficiency in Nutrient Acquisition. Field Crops Research, 56: 203-207.

Menge, J. A., Steirle, D., Bagyaraj, D. J., Johnson, E. L. V., and Leonard, R. T., 1978. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytologist* 80:575-578.

Miller, R. M. and Jastrow, J. D., 2000. Mycorrhizal Fungi Influence Soil Structure, pp 3-18. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Eds: Y Kapulnick and D D Douds Jr. Kluwer Academic Pres.

Minitab Reference Manual, 1989.

Miranda, J. C. C., Harris, P. J. and Wild, A., 1989. Effects of soil and plant phosphorus concentrations on vesicular-arbuscular mycorrhizae in sorghum plants. *New Phytologist* 112, 405-410.

Mitchell, R. J., Garreth, H. E., Cox, G. S. and Atalay, A., 1990. Boron and ectomycorrhizal influences on mineral nutrition of contanier-grown *Pinus ehinata* Mill. *J. Plant Nutr*. 13: 1555-1574.

Morton, J. B., 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon* 32, 267-324.

Mosse, B. and Bowen, G. D., 1968a. A key to the recognition of some Endogene spore types. *Trans. Brit. Mycol. Soc.,* 51, 469-483.

Mosse, B. and Bowen, G. D., 1968b. The distribution of Endogene spores in some Australian and New Zealand soils and in an experimental field soil at Rothamsted. *Trans. Brit. Mycol. Soc.,* 51, 485-492.

Mosse, B., 1981. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture.* Research Bulletin. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human resorces.

Nicolson, T. H., 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhiza universal plant symbiosis. Science Progress, Oxford 55:561–581.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanebe, F. S. and Dean, L. A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. US. Dept. Of Agric. Cric. 939.

Ortaş, İ., 1994. The Effect of Different Forms and Rates of Nitrogen (NH_4^+ And NO_3^- - N) and Different Rates of Phosphorus Fertilizer on Rhizosphere pH and P Uptake in Mycorrhizal Sorghum Plants. Ph. D. Thesis. University of Reading.

Ortaş, İ., 1995. Mikorizanın (Mycorrhizae) besin elementleri (özellikle fosfor) alımındaki mekanizmaları. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt 2., s. 179-192. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 7. Ankara.

Ortaş, İ., 1996. The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth and phosphorus uptake. Commun. *Soil Sci. Plant Anal*., 27 (18-20) 2935-2946.

Ortaş, İ., Harris, P. J. and Rowell, D. L., 1996. Enhanced Uptake of Phosphorus by Mycorrhizal Sorghum plants as Influenced by Forms of Nitrogen. *Plant and Soil.* 184: 255-264.

Ortaş, İ., 1997. Mikoriza nedir?. TÜBİTAK dergisi. Ankara, Şubat 1997 sayı: 351.

Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S. ve Köse, Ö., 1998. Mikoriza Sporlarının Üretim Tekniği ve Tarımda Kullanım Olanakları. Tr. J. of Agriculture and Forestry. 23 (1999) Ek Sayı 4: 959-968.

Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S. ve Köse, Ö., 1999. Mikoriza Sporlarının Üretilmesi ve Tarımda Kullanım Olanaklarının İrdelenmesi. Doğa Dergisi, Sayı 4: 959-968.

Ortaş, İ., 2000. Mikorizanın Çevre Biliminde Kullanımı ve Önemi. 2000 GAP Çevre Kongresi, 16-18 Ekim 2000, Şanlıurfa.

Ortaş, İ., 2002. Soil biological Degradation. In: Encyclopedia of Soil Science. Marcel Dekker. USA, pp. 264-267.

Ortaş, İ., 2003. Effect of Selected Mycorrhizal Inoculation on Phosphorus Sustainability in Sterile and Nonsterile Soils in the Harran Plain in South Anatolia. *Journal of Plant Nutrition*.26(1): 1-17.

Ortaş, İ., Akpınar, Ç., Demirbaş, A., Kaya, Z. ve Gök, M., 2004. Değişik Harç Ortamlarında ve Değişik Konukçu Bitki Ortamında Mikoriza Sporlarının Üretimine İlişkin Metot Araştırması. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat.

Ortega-Larrocea, P., 2001. Arbuscular pollution impact, orchid mycorrhiza. Ph.D. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Geología. May 17 2001, Mexico.

Osunubi, O., Okon, I. E. and Bamiduro, T. A., 1990. Effect of different fungal inoculation periods on performance of *Gmelina* seedlings under dry conditions. *Forest Ecology and Management* 37(4): 223-232.

Özcan, H. ve Taban, S., 2000. VA-Mycorrhiza'nın Alkalin ve Asit Toprakta Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimi ile Fosfor, Çinko, Demir, Bakır ve Mangan Konsantrasyonları Üzerine Etkisi. *Turk J Agric For* 24 (2000) 629-635.

Pacovsky, R. S., Fuller, G. and Paul, E. A., 1985. Influence of soil on the interactions between endomycorrhizae and Azosprillum in sorghum. *Soil Biol. Biochem*. 17: 525-531.

Parra-Garcia, M. D., Lo Giudice, V. and Ocampo, J. A., 1992. Absence of VA colonization in *Oxalis pes caprae* inoculated with *Glomus mossae*. *Plant. Soil* 145: 298-300.

Perrin, R., 1990. Interactions between mycorrhizae and diseases caused by soilborne fungi. *Soil Use Management* 6: 189-195.

Ponnamperuma, F. N., 1972. Chemistry of submerged soils. Adv. Agron. 24:29-95.

Rathore, V. P. and Singh, H. P., 2004. Quantification and correlation of vesicular-arbuscular mycorrhizal propagules with soil properties of some mollisols of northern India. *Mycorrhiza*. Volume: 5, No: 3. 201-203.

Read, D. J., Leake, J. R. and Langdale, A. R., 1989. The nitrogen nutrition of mycorrhizal fungi and their host plants. p. 181-204. *In* L. Boddy, R. Marchant and D.J. Read (ed.) Nitrogen, phosphorus and sulfur utilization by fungi. Cambridge University Press, New York

Reid, R. K., Parker, W. C., Mitchell, R. J., Garrett, H. E., Henderson, G. S and Cox, G. S., 1988. Vesicular-arbuscular mycorrhizal influences on growth and aluminium tolerance of sugar maple seedlings. In proceedings, 10th North American Forest Biology Workshop, Physiology and genetics of reforestation; vancouver British Columbia, July 10-22.

Richards, L. A., 1954. *Diagnosis and improvements salina and alkali soils*. U.S. Dep. Agr. Handbook 60, Stroudsburg, U.S.A.

Robson, A., Abbott, L. K. and Schweiger, P. F., 1993. Benefits of VA mycorrhizas in agricultural and horticultural production. 9th North American Conference on Mycorrhizae (Abstracts), Guelph, Ontario, Canada.

Rousseau J. V. D., Sylvia, D. M. and Fox A. J., 1994. Contribution of Ectomycorrhiza to The Potential Nutrient-Absorbing Surface of Piıne. *New Phytologist* 128: 639-644.

Same, B. I., Robson, A. D. and Abbott, L. K., 1983. Phosphorus, soluble carbohydrates and endomycorrhizal infection. *Soil. Biol. Biochem*. 15: 593-597.

Sanders, F. E. and Sheikh, N. A., 1983. The Development of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection in Plant Root System. *Plant Soil*, 71:223-246.

Sanders, F. E., 1993. modelling plant growth response to vesicular arbuscular mycorrhizal infection. Adv. *Plant. Pathol*. 9: 135-166.

Sattelmacher, B., Reinhard, S. and Pomilkalko, A., 1991. Differences in Mycorrhizal Colonization of Rye (*Secale cereale* L.) grown in conventional or organic (biological-dynamic) farming systems. *J. Agron. Crop. Sci*. 167:350-355.

Selvam, A; Mahadevan, A. 2002. Effect of ash pond soil and amendments on the growth and arbuscular mycorrhizal colonization of Allium cepa and germination of Arachis hypogaea, Lycopersicon esculentum, and Vigna mungo seeds. SOIL & SEDIMENT CONTAMINATION. 11(5):673-686.

Schwarzott, D., Walker, C., Schüßler, A., 2001. Glomus, the largest genus of the arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales), is non-monophyletic. Molecular Phylogenetics and Evolution 21, 190-197.

Sharif, M. and. Moawad, A. M., 2006. Arbuscular Mycorrhizal Incidence and Infectivity of Crops in North West Frontier Province of Pakistan World Journal of Agricultural Sciences 2 (2): 123-132, 2006.

Sieverding, E., 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation (GTZ), TZ-Verlagsgellschaft Rossdorf, Germany.

Simpson, D. ve Daft, M. J., 1990. Spore Production and Mycorrhizal Development in Various Tropical Crop Hostsifected with Glomus Clarium. *Plant and Soil* 121: 171-178.

Sinegani, A. A., Safari, A. A. and Mahboobi, F. N., 2004. The Effect of Agricultural Practices on the Spatial Variability of Arbuscular Mycorrhiza Spores. Turk J Biol. 29 (2005) 149-153 Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan – IRAN Received: 31.12.2004

Siqueira, J. O., Rocha Jr., W. F., Oliveira, E. and Colozzi-Filho, A., 1990. The relationship vesicular-arbuscular mycorrhiza and lime: Associated effects on the growth and nutrition of brachiaria grass *(Brachiaria decumbens).*

Smith, H. W. and Weldon, M. D., 1941. A Comparasion of Some Methods for The Determination of Soil Organic Matter. *Soil Sci. Soc. Amer., Proc.,* 5:177-182.

Smith, S. E., Nicholas, D. J. D. and Smith, F. A., 1979. Effect of early mycorrhizal infection on nodulating and nitrogen fixation in Trifolium subterraneum L. Aust, *Plant J. Physiol.* 6: 305-316.

Smith, S. E., John, B. L., Smith, F. A. and Nicholas, D. J. D., 1985. Activity of glutaminine synthase and glutimate dehydragenase in Trifolium subterraneum L. And Allium cepa L. Effecet of mycorrhizal infection and phosphorus nutrition. *New Phytologist,* 99, 211-227.

Smith, S. E. and Gianninazzi-Pearson, V., 1988. Physiolgical interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Annu. Rev. *Plant. Physiol. Plant. Biol.* 39: 221-224.

Smith, S. and Read, D. J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press. London.

Soedarjo, M. and Habte, M., 1993. Vesıcular-Arbuscular Mycorrhızal Effectıveness In An Acıd Soıl Amended Wıth Fresh Organıc-Matter Plant And Soıl . 149 (2):197-203 .

Soil Survey Staff, 1951. Soil Survey Manual. Agricultural Research Administration, U.S. Dept. Agriculture, Handbook No:18.

Solomon, E. P., Berg, L. R., Martin, D. W. and Villee, C., 1993. Biology, Saunders College Publishing, USA.

Souci, S.W. Fachmann, W. Kraut, H., 1990. *Food composition and nutrition tables*. Stuttgart.

Sreenivasa, M. N. and Bagyaraj, D. J., 1988. Use of pesticide for mass production of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum. *Plant and Soil,* 119:127-132.

Stribley, D. 1987. Mineral nutrition. In Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants. (Ed). G. R. Safir pp. 59-69. CRC pres. Boco Raton, FL.

Stutz, J. C., Copeman, R., Martin, C. A. and Morton, J. B., 2000. Patterns of species composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in arid regions of southwestern North America and Namibia, Africa. *Canadian Journal of Botany* 78:237-245.

Sylvia, D. M., 1988. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil. Biol. Biochem*. 20: 39-43.

Sylvia, D. M., 1990. Inoculation of native woody plants with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for phosphate mine land reclamation. *Agric. Ecos. Environ*. 31, 253–261.

Tarafdar, J. C. and Marschner, H., 1994. Phosphatase activitiy in the rhizosphere of VA-mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. Soil. Biol. Biochem. 26: 387-395.

Tennat, D., 1975. A test of modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63, 995-1001.

Tian, C. Y., Feng, G., Li, X. L. ve Zhang, F. S., 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. *Appl Soil Ecol* 26:143–148.

Tinker, P. B., 1980. Role of rhizosphere microorganisms in phosphorus uptake by plants. In the Role of Phosphorus in Agriculture (Eds. Khasaweneh, F. E. et. al.) ASA-CSSA-SSSA, Madision, USA.

Tinker, P. B., Jones, M. D. and Durall, D. M., 1992. A functional comparison of ecto- and endomycorrhizas. In : Mycorrhizas in Ecosystems (D. J. Read, D. H. Lewis, A. H. Fitter and I. J. Alexander, eds.), pp. 156-163. CAB Int. Wallingford, UK.

Thompson, J. P. and Wildermuth, G. B., 1989. Colonization of Crop and Pasture Species with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and A Negative Correlation with Root Infection by *Bipolaris sorokiniana*. *Can. J. Bot*: 69:687-693.

Thompson, J. P., 1990. Soil sterilization methods to show VA-mycorrhizae aid P and Zn nutrition of wheat in vertisols. *Soil Biol. Biochem.* 22, 229-240.

Thomson, B. D., Robson, A. D. and Abbott, L. K., 1992. The effect of long-term applications of phosphorus fertilizer on populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi pastures. *Aust. J. Agric. Res*. 43: 1131-1142.

Uysal, T., 2007. Tuz Stresinde Yetiştirilen Mısır (*Zea Mays*) Bitkisinin Gelişimine VAM'ın Etkisi konulu Yüksek Lisans Tezi. S. Ü. Toprak Ana Bilim Dalı, Konya, 2007.

Ülgen, N. ve Yurtseven, N., 1974. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Köyişlleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Toprak Gübre Araştırma Ens, Yayın No:28, Ankara.

Villeneuve, N., Le Tacon, F. and Bouchard, D., 1991. Survival of inoculated *Laccaria bicolor* in competition with native ectomycorrhizal fungi and effects on the growth of outplanted Douglas-fir seedlings. *Plant and Soil* 135:95–107.

Walker, C., 1992. Systematics and Taxonomy of the Arbuscular Endomycorrhizal Fungi *(Glomales).*

Weber, E., Gök, M., Reınhard, S., Marschner, H. ve Martin, P., 1994. Bradyrhizobium Symbiosis Determines Mychorrizal Response in Soybean under P-Limiting Conditions. Proc. 4 th Eur. Symp. on Mychorriza, 11-14 July 1994, Granada-Spanien.

Wilcox, H. E., 1991. Mycorrhizae. In: The Plant Roots, the Hidden Half (Y. Waisel, A. Eshel ve U. Kafkafi, eds.), pp. 731-765. Marcel Dekker, New York.

Wilkins, D. A., 1991. The influence of sheathing (ecto-) mycorrhizas of trees on the uptake and toxicity of metals. *Agric. Ecosyst. Environ*. 35: 245-260.

Wolf, B. 1971. The determination of Boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Science and Plant Analysis*, 2 (5): 363-374.

Wu, T., Kabir, Z. and Koide, R. T., 2005. A possible role for saprotrophic microfungi in the N nutrition of ectomycorrhizal Pinus resinosa *Soil Biology & Biochemistry* 37 (2005) 965–975.

Zajicek, J. M., Hetrick, B. A. D. and Albrecht, M. L., 1987. Influence of drought stress and mycorrhizae on growth of two native forbs. *J. Amer. Soc. Hor. Sci.* 112(3): 454-459.

Zhang, M. Q, Wang, Y. S. ve Xing, L. J., 1998. The ecological distribution of AM fungal communities in the south and east coasts of China. *Mycosystema:* 17:274–277.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Konya ili, Beyşehir ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Seydişehir'de tamamladı. 1993 yılında girdiği Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünü 1997 yılında bitirdi. 1998 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında Prof. Dr. Kemal GÜR danışmanlığında yüksek lisansa başladı ve 2000 yılında "Bazı Herbisitlerin Toprağın Mikrobiyal Nitrifikasyon ve Solunumu Üzerine Etkisi" konulu tez çalışmasıyla tamamlayarak, mezun oldu. Doktora öğrenimine ise 2001 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında başladı.